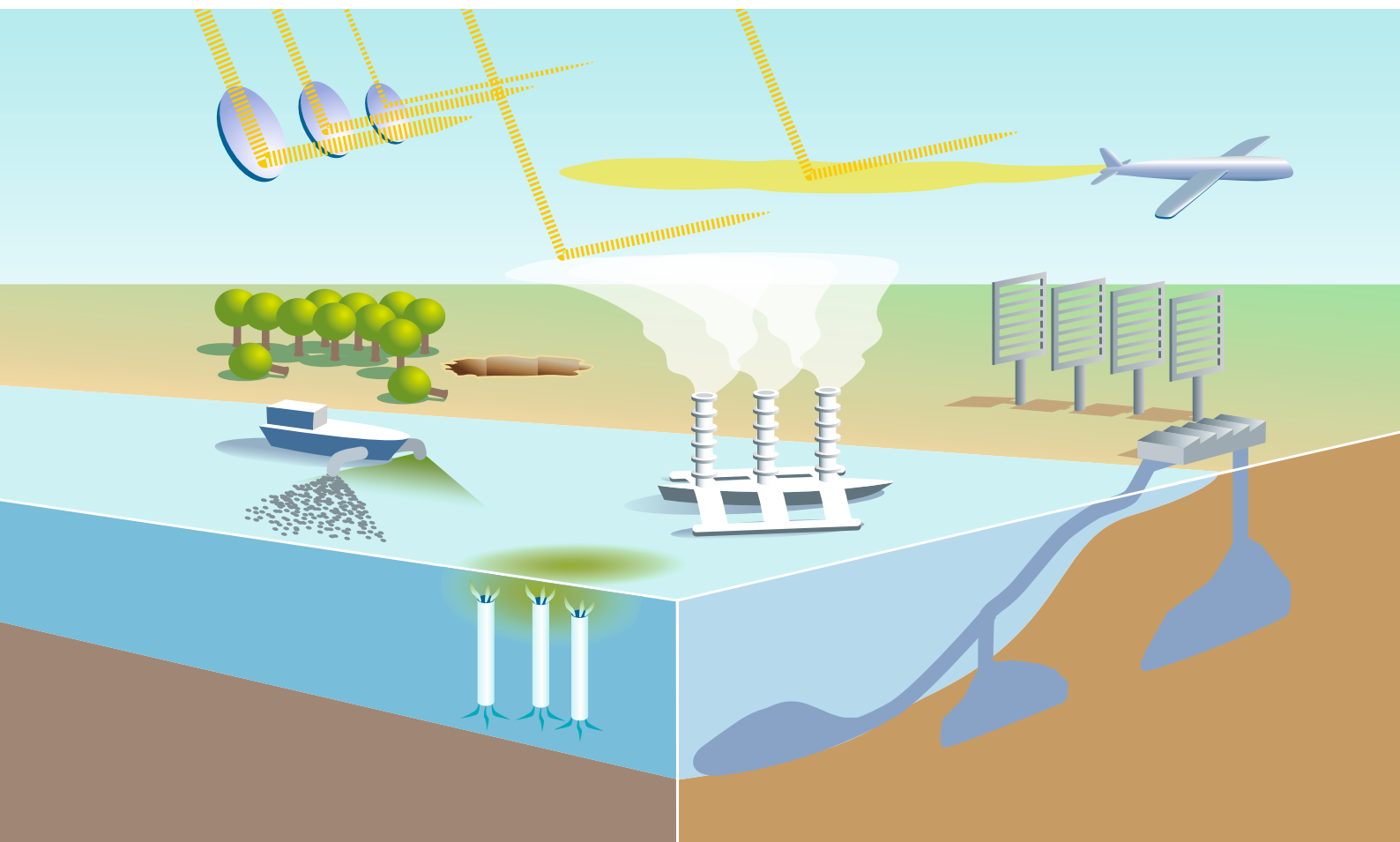


Michael Zürn, Stefan Schäfer

Climate Engineering Internationale Beziehungen und politische Regulierung



BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

**Climate Engineering:
Internationale Beziehungen und politische Regulierung**

Michael Zürn, Stefan Schäfer

Kontakt:

Prof. Dr. Michael Zürn
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
Reichpietschufer 50
10785 Berlin
Tel. +49 30 254 91 340
Fax +49 30 254 91 342
zuern@wzb.eu

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1. Einleitung	6
2. Internationale Kooperationsanforderungen für die Entwicklung und den Einsatz von CE-Technologien	11
2.1 Zur ökonomischen Effizienz und Umsetzbarkeit von Climate Engineering	11
2.2 Zur völkerrechtlichen Lage	19
2.3 Zwischenergebnis	21
3. Die sozialen und politischen Nebenfolgen einer uni- oder minilateralen CE-Politik	22
3.1 Zu den Folgen einer unilateralen CE-Politik	22
3.2 Spezifische Folgen einzelner CE-Maßnahmen	27
3.3 Zwischenergebnis	29
4. Vorschlag für ein institutionelles Design zum Umgang mit CE-Technologien	30
4.1 Vorschläge aus der Literatur	31
4.2 Zur internationalen Regulierung von Climate Engineering	33
5. Literatur	41

Zusammenfassung

Die Teilstudie liefert eine politikwissenschaftliche Analyse der internationalen politischen Rahmenbedingungen der Erforschung und eines Einsatzes von Climate Engineering (CE). Es werden dabei drei Fragenbündel behandelt, die im Folgenden kurz gemeinsam mit den jeweiligen Ergebnissen aufgeführt werden.

1. Trifft die Verheißung der Bereitstellung einer uni- oder minilateralen Lösung des Problems einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur tatsächlich zu? Welche der diskutierten CE-Maßnahmen können in Abwesenheit von internationaler Kooperation von einem Staat (unilateral) oder einer kleinen Gruppe von Staaten (minilateral) erforscht, finanziert und implementiert werden? Könnten solche Maßnahmen mit dem Völkerrecht in Einklang gebracht werden?

Im ersten Schritt wird aus politikökonomischer Perspektive gefragt, welche der CE-Maßnahmen unilateral umsetzbar sind. Hierzu müssen drei Bedingungen erfüllt sein. Zum einen muss eine Maßnahme von einem einzelnen Staat oder einer kleinen Gruppe von Staaten zentral, d.h. auf dem Territorium eines einzelnen Staates bzw. auf einer begrenzten Anzahl staatlicher Territorien oder in staatsfreien Räumen implementiert werden können. Genügt eine Maßnahme diesem Kriterium nicht, so erfordert ihre Umsetzung allein aus Gründen der Implementation multilaterale Kooperation, da sie auf den souveränen Territorien mehrerer Staaten erfolgen muss. Des Weiteren müssen die Kosten für die Umsetzung der Maßnahme von einem einzelnen Staat oder von einer kleinen Gruppe von Staaten getragen werden können und dabei so effektiv sein, dass sie dazu in der Lage ist, die globale Durchschnittstemperatur zu stabilisieren. Ist eine Maßnahme in diesem Sinne kostengünstig und hochgradig klimawirksam, so kann sie als effizient bezeichnet werden. Zum dritten darf die Maßnahme nicht geltendes Völkerrecht verletzen. In der Untersuchung zeigt sich, dass nur das Einbringen von Partikeln in die Stratosphäre und die marine Wolkenmodifikation allen drei Kriterien genügen.

2. Selbst wenn eine uni- bzw. minilaterale Anwendung einiger CE-Maßnahmen möglich erscheint, bleibt vor dem Hintergrund der politischen und sozialen Folgen eines CE-Einsatzes die Frage nach der Wünschbarkeit einer solchen Strategie bestehen. Können CE-Maßnahmen in Abwesenheit von internationalen Regelungen dauerhaft effektiv sein? Welche

Auswirkungen auf den UNFCCC-Prozess lassen sich erwarten? Könnte ein unilateraler Einsatz von CE unerwünschte soziale und politische Nebenfolgen haben?

Die Analyse des zweiten Fragenbündels ergibt, dass CE einem unauflösbaren Paradox ausgesetzt ist. Genau bei denjenigen Maßnahmen, die einen uni- oder minilateralen Einsatz erlauben, lässt sich eine besonders vehemente Politisierung und weitreichender sozialer und politischer Widerstand mit negativen Folgen für den UNFCCC-Prozess erwarten. Während sich bereits erste transnationale Nichtregierungsorganisationen (NGOs) dem Thema annehmen und soziale Konfliktlinien somit erkennbar werden, sind allerdings die zwischenstaatlichen Interessenlagen, welche in einer politischen Konfrontation zum Tragen kommen könnten, zu diesem Zeitpunkt noch nicht manifest.

3. Wie kann vor dem Hintergrund der ökonomischen Effizienz von Climateengineering einerseits und seiner problematischen sozial und politischen Folgen im Falle eines unilateralen Einsatzes eine angemessene internationale institutionelle Gestaltung zur effektiven und legitimen Governance des Einsatzes und der Erforschung von CE-Maßnahmen aussehen? Und wie kann eine Schnittstelle mit dem UNFCCC-Prozess hergestellt werden, so dass die Gefahren eines „moral hazard“,¹ einer „slippery slope“ und das Terminationsproblem vermieden werden?

Im letzten Teil wird in Abgrenzung zu den in der Literatur bisher vorgetragenen Vorschlägen ein konkreter Verregelungsvorschlag für CE im Rahmen des UNFCCC-Prozesses ausgearbeitet. Dieser trägt den in Teil 2 identifizierten Problemlagen Rechnung. Im Vordergrund steht hier also die Identifizierung einer mit hoher Legitimität ausgestatteten Verregelungsarchitektur, die gleichzeitig drei Ziele in den Blick nimmt. Zum einen soll verhindert werden, dass sich die Aussicht auf einen möglichen CE Einsatz negativ auf die Anstrengungen zur Emissionsreduktion auswirkt („moral hazard“). Des Weiteren soll der Gefahr vorgebeugt werden, dass bereits die Erforschung von CE-Maßnahmen Druck in

¹ Der Begriff „moral hazard“ wurde im Zusammenhang mit CE von David Keith (2000) eingeführt. Mittlerweile wird diskutiert, ob dieser ursprünglich aus der Versicherungswissenschaft stammende Begriff hier wirklich anwendbar ist. Moral hazard entsteht dann, wenn ein Akteur nach Abschließen einer Versicherung sein Verhalten ändert und nun eher bereit ist, Risiken einzugehen. Im Zusammenhang mit CE soll der Begriff auf den Umstand hinweisen, dass Mitigationsanstrengungen durch die Aussicht auf einen zukünftigen CE-Einsatz geschwächt werden könnten. Bereits die weitere Erforschung von CE könnte demnach zu verringerten Anstrengungen bei der Emissionsreduktion führen.

Richtung deren Einsatz erzeugen könnte („slippery slope“). Drittens gilt es der Gefahr einer rapiden Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur vorzubeugen, welche mit einem vorzeitigen Abbruch einer CE-Maßnahme einhergehen könnte (Terminationsproblem). Ein solcher vorzeitiger Abbruch sollte nach Möglichkeit vermieden werden, es gilt jedoch auch für den möglichen Fall eines solchen Abbruchs die hiermit einhergehenden Risiken zu minimieren. Diese Ziele können nur durch eine multilaterale Verregelung erreicht werden, die in den UNFCCC-Prozess eingebettet ist.

1. Einleitung²

In dieser Studie soll eine politikwissenschaftliche Analyse der internationalen politischen Rahmenbedingungen eines Einsatzes von Climate Engineering (CE) erfolgen. Die Studie ist Teil einer umfassenden Sondierungsstudie, in der aus verschiedenen disziplinären Blickwinkeln die Chancen und Gefahren der Erforschung und des Einsatzes von CE analysiert werden. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Climate Engineering verweisen auf die Möglichkeiten und Grenzen einer umfassenden technologischen Bearbeitung des Problems eines Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur. In ökonomischer Hinsicht zeigt sich, dass zumindest einige dieser Technologien unter dem Aspekt der Kosteneffektivität enorm attraktive und vergleichsweise leicht durchführbare Ansätze zur Abwehr potentiell katastrophaler klimatischer Veränderungen bereitstellen. Die Analyse der völkerrechtlichen Vorgaben erbringt, dass kaum konkrete Beschränkungen für den Einsatz von CE bestehen. Gleichwohl verweist die ethisch informierte Analyse des Diskurses zu CE auf zahlreiche und wohlbegründete Einwände gegen eine vorschnelle Nutzung dieser Technologien. Bestärkt werden diese Einwände durch die erheblichen gesellschaftlichen Akzeptanzprobleme, die die risikosoziologische Untersuchung aufzeigt. Vor diesem Hintergrund versuchen wir eine begrenzte Thematik zu bearbeiten: *Welche Formen der internationalen Kooperation sind bei der Erforschung und ggf. der Implementation von CE-Maßnahmen notwendig und wünschenswert?* Wir analysieren also nicht die Vor- und Nachteile technologischer Lösungen gegenüber grundlegenden Verhaltensänderungen oder die Vor- und Nachteile von SRM gegenüber CDR.³ Es geht in dieser Studie um die internationalen Bedingungen und Voraussetzungen einer Erforschung und ggf. Umsetzung von CE-Maßnahmen.

² Wir danken Peter Haas, Alan Robock, David Victor und Oran Young für eine kritische Kommentierung unserer Thesen. Zudem haben wir von den Kommentaren der Kolleginnen und Kollegen, die im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung zu der Erstellung des Gesamtgutachtens „Sondierungsstudie Geoengineering“ beigetragen haben, sowie von der Diskussion einer früheren Version dieses Einzelgutachtens im Rahmen des Kolloquiums der Abteilung Transnationale Konflikte und Internationale Institutionen am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung profitieren können.

³ Für Kommentare zu diesen Themen, siehe z.B. den Abschlussbericht der Asilomar-Konferenz vom November 2010 (Asilomar Scientific Organizing Committee 2010).

Die vollständig denationalisierte Problemstruktur klimatischer Veränderungen macht eine solche Analyse notwendig. Grundsätzlich gilt nämlich, dass diejenigen gesellschaftlichen und politischen Probleme, die sich aus grenzüberschreitenden Aktivitäten ergeben, effektiv nur durch internationale Kooperation bzw. internationale Institutionen angegangen werden können. Selbst wenn die Regierung der Bundesrepublik Deutschland in der Lage wäre, die CO₂-Emissionen auf deutschem Territorium auf Null zu fahren, würden der Klimawandel und dessen Folgeprobleme auch in Deutschland beinahe unvermindert fortschreiten. Genauso wie bei diesen unbeabsichtigten Prozessen verhält es sich bei gezielten Eingriffen in das globale Klima: diese würden sich nicht bloß in einem, sondern in einer Vielzahl von Ländern bemerkbar machen. Im Falle menschlich verursachter klimatischer Veränderungen handelt es sich also um einen geradezu idealtypischen Fall eines globalen Problems.

Wer nun die Lösung des Problems steigender Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre folgerichtig gleichfalls auf der globalen Ebene sucht, stößt freilich auf eine Vielzahl von Schwierigkeiten. Die schnelle und effektive Realisierung von Emissionsreduktionen zur Bekämpfung des Klimawandels scheitert insbesondere an dem Konsensprinzip internationaler Politik. Alle Verhandlungsteilnehmer müssen einer Regelung zustimmen, denn auf der Ebene der Vertragsverhandlungen gibt es im Allgemeinen keine Mehrheitsentscheidungen. Erst wenn alle bereit sind, einen Beitrag zur Bereitstellung des Kollektivgutes zu erbringen bzw. alle anderen akzeptieren, dass einzelne Staaten keinen Beitrag leisten, kommt es zu einer Vereinbarung. Die Einigung auf ein wirksames internationales Klimaregime wird zudem durch erhebliche Verteilungsprobleme erschwert. Wie werden die Kosten reduzierter CO₂-Emissionen verteilt? Und selbst wenn eine Einigung zustande gekommen ist, bleibt die Frage, wie die einmal beschlossenen Normen und Regeln in Abwesenheit einer zentralen Erzwingungsinstanz auch durchgesetzt werden können. Verstärkt wird diese Problematik noch durch die prekäre Legitimation internationaler Institutionen.

Angesichts dieser strukturellen und bisher mehr oder weniger unüberwindbaren Schwierigkeiten bei der Schaffung eines effektiven internationalen Klimaregimes, erscheint CE auf den ersten Blick geradezu als eine Verheißung. Der Nobelpreisträger Tom Schelling (1996: 305) hat das auf den Punkt gebracht: Für ihn stellt die Möglichkeit eines CE-Einsatzes die politische Logik der Verhandlungen zu einem internationalen Klimaregime auf den Kopf

(Schelling 1996: 305). Statt globaler Zustimmung reiche das entschiedene Handeln eines einzelnen Staates bzw. einer kleinen Koalition von Staaten, wobei die Kosten für den Einsatz geteilt werden könnten. Schelling (1996: 306) schließt daraus: „Primarily the issue is who pays for it? And this is an old-fashioned issue; we have dealt with it before.“ Allerdings bringt die globale Problemstruktur von CE auch Schwierigkeiten mit sich – resultierende ungleiche Effekte der Maßnahmen und unvorgesehene Nebenfolgen sind ein Aspekt hiervon, die Gefahr einer weitreichenden Verringerung der Anstrengungen zur Emissionsreduktion und die damit einhergehende zunehmende Versauerung der Ozeane ein weiterer. Die Royal Society schreibt daher in ihrem Report zum Thema, dass „[t]echnical, legal, ethical, economic and other concerns need to be balanced carefully in a policy and governance framework which is international in scope and remains flexible in light of fresh evidence.“ (Royal Society 2009: 37) Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen dieses Kapitels drei Fragenbündel bearbeitet.

Stellt CE tatsächlich eine uni- oder minilaterale Lösung für das Problem einer erhöhten globalen Durchschnittstemperatur zur Verfügung? Welche der diskutierten CE-Maßnahmen können in Abwesenheit von internationaler Kooperation von einem Staat (oder einer kleinen Gruppe von Staaten) erforscht, finanziert und implementiert werden? Und: Könnten solche Maßnahmen mit dem Völkerrecht in Einklang gebracht werden? Zur Beantwortung dieser Fragen kann auf die in der bestehenden Literatur erarbeiteten Einschätzungen der Naturwissenschaften, der Ökonomie und des Völkerrechts zurückgegriffen werden. Es geht im Kern darum, diese gleichsam externen Daten in ein politikökonomisches Modell internationaler Kooperation einzuspeisen. Es zeigt sich, dass einige der CE-Maßnahmen – aber bei weitem nicht alle – in der Tat unter formalen technischen, finanziellen und rechtlichen Gesichtspunkten uni- bzw. minilateral anwendbar sind.

Selbst wenn eine uni- bzw. minilaterale Anwendung einiger CE-Maßnahmen prinzipiell möglich erscheint, bleibt vor dem Hintergrund möglicher (nicht-intendierter) Folgen eines CE-Einsatzes die Frage nach der politischen und sozialen Wünschbarkeit einer solchen Strategie bestehen. Können CE-Maßnahmen in Abwesenheit von internationalen Regelungen dauerhaft effektiv sein? Welche Auswirkungen auf den UNFCCC-Prozess lassen sich erwarten? Lassen sich negative Effekte bereits durch die Erforschung von CE erwarten? Könnte ein unilateraler Einsatz von CE angesichts ungleicher

regionaler Effekte zu globalen Spannungen führen? In diesem zweiten Teil findet eine Erweiterung der Perspektive und der Methodik statt, insofern nun auch soziologische und politische Logiken jenseits der Annahme rationaler staatlicher Akteure zum Einsatz kommen. Es zeigt sich, dass eine uni- bzw. minilaterale Anwendung von CE eine Reihe problematischer Folgewirkungen hervorrufen könnte, die es ratsam erscheinen lassen, die Erforschung und den Einsatz von CE in einen multilateralen Verhandlungsprozess einzubinden. Nur so können kontraproduktive soziale und politische Spannungen vermieden werden.

Vor dem Hintergrund der ökonomischen Attraktivität einzelner CE-Maßnahmen einerseits und der mit Erforschung und Einsatz von CE-Maßnahmen potentiell einhergehenden politischen und sozialen Schwierigkeiten andererseits schließt sich die Frage an, wie eine angemessene internationale institutionelle Gestaltung der Erforschung und des Einsatzes von CE-Maßnahmen aussehen kann. Dabei geht es im Kern darum, die Entwicklung und Nutzung von CE-Technologien so zu gestalten, dass eine ausreichende Legitimität erzeugt wird und die negativen Effekte auf die Bemühungen zur Emissionsreduktion begrenzt bleiben. Wie kann also eine Schnittstelle mit dem UNFCCC-Prozess hergestellt werden, so dass die Bemühungen zur Emissionsreduktion nicht zusätzlich leiden? Dies beinhaltet sowohl eine Auseinandersetzung mit bereits vorhandenen internationalen Gremien, Institutionen, Akteuren und Regelungen, auf die bei der Meinungsbildung zu und der Verregelung von CE zurückgegriffen werden könnte, als auch Überlegungen zu möglichen institutionellen Innovationen in diesem Bereich.

Die vor dem Hintergrund dieser Analyse vorgeschlagene institutionelle Lösung beruht auf Prämissen bzw. Kriterien, die offengelegt werden müssen. Wir gehen erstens davon aus, dass CE nicht als Substitut für die notwendigen Anpassungsleistungen im globalen Produktions- und Konsumverhalten eingesetzt werden darf. Deswegen ist zu fragen, wie die Effekte der jeweiligen Optionen auf den UNFCCC-Prozess einzuschätzen sind bzw. ob sie diesen unterminieren. Eng verwandt mit diesem häufig auch als „moral hazard“ bezeichneten Argument ist die Befürchtung, dass bereits die Erforschung von CE-Maßnahmen Druck in Richtung eines Einsatzes dieser Maßnahmen erzeugen könnte („slippery slope“ Argument). Als zweites Kriterium wird daher untersucht, welche institutionellen Vorrichtungen dazu in der Lage sind, eine solche Entwicklung zu unterbinden. Da die vorzeitige Terminierung eines

laufenden CE-Einsatzes potentiell katastrophale Folgen haben kann, besteht das dritte Kriterium darin, den vorschnellen Abbruch einer laufenden CE-Maßnahme möglichst zu vermeiden bzw. die mit einem solchen Abbruch einhergehenden Risiken zu minimieren (Terminationsproblem).

2. Internationale Kooperationsanforderungen für die Entwicklung und den Einsatz von CE-Technologien

Die zentrale These Schellings über die Kostengünstigkeit von CE-Maßnahmen und die damit verbundene Möglichkeit einer unilateralen Lösung des Klimaproblems beruht letztlich auf der Annahme einer enormen Effizienz solcher Maßnahmen unter ökonomischen Gesichtspunkten. Der Titel eines Beitrags von Scott Barrett, „The Incredible Economics of Geoengineering“, bringt diese Sichtweise plastisch zum Ausdruck. In diesem Beitrag heißt es programmatisch: „In contrast to emission reductions, this approach (geoengineering) is inexpensive and can be undertaken by a single country, unilaterally.“ (Barrett 2008: 45). Vor diesem Hintergrund stellt sich also die Frage, *ob CE-Maßnahmen sich entweder unilateral oder durch eine Koalition von einigen wenigen ressourcenstarken Staaten finanzieren und implementieren lassen und ob dadurch völkerrechtliche Normen verletzt würden.*

Hinter der großen These einer unilateralen Lösbarkeit des Problems einer erhöhten globalen Durchschnittstemperatur durch Climate Engineering („Schelling-Kriterium“) stehen also drei Teilthesen. Zum einen müssen die Kosten solcher Maßnahmen so gering und ihre Effektivität so hoch sein, dass sie von einem einzelnen Staat bzw. zumindest von einer kleinen Staatengruppe („coalition of the willing“ oder Minilateralismus) bewerkstelligt werden können, ohne dass die Frage der Verteilung der Kosten zum unüberwindbaren Hindernis wird. Des Weiteren müssen Maßnahmen, um als uni- oder minilateral umsetzbar zu gelten, zentral, d.h. auf dem Territorium eines einzelnen Staates, auf einer begrenzten Anzahl staatlicher Territorien, oder in staatsfreien Räumen eingesetzt werden können. Drittens geht die These davon aus, dass das Völkerrecht formal einer solchen Lösung nicht im Wege steht.

2.1 Zur ökonomischen Effizienz und Umsetzbarkeit von Climate Engineering

In diesem Abschnitt werden die oben identifizierten Teilthesen zur unilateralen Finanzier- und Umsetzbarkeit der einzelnen CE-Maßnahmen untersucht. Wir überprüfen hier also die Richtigkeit folgender Aussage: *CE-Maßnahmen sind bei zentraler Einsetzbarkeit so günstig und wirksam, dass sie entweder unilateral oder von einer kleinen Gruppe von Staaten leicht umzusetzen sind.* Unilateral soll heißen, dass ein einzelner großer Staat wie die USA,

Russland oder China die Erforschung und den Einsatz einer effektiven CE-Maßnahme alleine bewerkstelligen kann. Minilateral soll heißen, dass eine kleine Gruppe forschungs- und wirtschaftsstarker Staaten wie etwa USA, Großbritannien und Deutschland in Kooperation miteinander, aber ohne Abstimmung mit der internationalen Staatengemeinschaft die Erforschung und den Einsatz einer effektiven CE-Maßnahme bewerkstelligen kann.

Zur Klärung dieser Fragen kann zunächst auf die ökonomische und naturwissenschaftliche Literatur zurück gegriffen werden.⁴ Dabei geht es zunächst darum, die Maßnahmen zu identifizieren, die so kostengünstig sind, dass sie potentiell auch von einem Staat oder einer kleinen Gruppe von Staaten finanziert werden können.⁵ Bei der Frage nach der Finanzierbarkeit einer Maßnahme geht es uns dabei nur um jene Kosten, die für die unilaterale Implementation und Durchführung (einmalig anfallende Implementations- und Materialkosten) anfallen, nicht um eventuell auftretende externe Kosten an anderen Orten (gesamtwirtschaftliche Kosten im globalen Maßstab). Hochgradig effizient sind Maßnahmen dann, wenn sie nicht nur in diesem Sinne finanzierbar, sondern zudem dazu in der Lage sind, die globale Durchschnittstemperatur zu stabilisieren.⁶ Zudem müssen Maßnahmen einer zentralen Implementation zugänglich sein, um als unilateral umsetzbar zu gelten. Sie müssen also eine für die Stabilisierung der globalen Durchschnittstemperatur hinreichend starke Klimawirksamkeit auch dann entfalten, wenn sie bloß auf dem Territorium eines einzelnen Staates (oder den Territorien einer kleinen Gruppe von Staaten) oder in staatsfreien Räumen eingesetzt werden. Verlangt eine Maßnahme zur Entfaltung einer entsprechenden Klimawirksamkeit nach einer dezentralen Implementation, also einer Umsetzung an vielen verschiedenen Orten, so bedarf ihr Einsatz notwendigerweise einer multilateralen

⁴ Insofern übernehmen wir an dieser Stelle die Unsicherheit der entsprechenden Einschätzungen. Zwar wurde in Beiträgen aus der Naturwissenschaft gezeigt, dass es theoretisch Technologien gibt, die eine großskalige Manipulation der Energiebilanz zu lassen, und in Beiträgen aus der Ökonomie, dass die Kosten dafür teilweise deutlich unter den Kosten herkömmlicher Emissionsvermeidungen zu liegen scheinen. Diese Zwischenergebnisse sind aber noch mit erheblicher Unsicherheit behaftet.

⁵ Formal gesprochen müsste gesichert sein, dass die Kosten der CE-Maßnahme kleiner sind als die Kosten, die bei ungebremster Klimaerwärmung *für den betreffenden Staat* anfallen. Da die im Falle einer fortschreitenden Klimaerwärmung entstehenden Kosten extrem schwer zu beziffern sind und entscheidend von dem gewählten Zeitrahmen abhängen, wählen wir hier ein anderes Kriterium: die Finanzierbarkeit im Rahmen des Budgets eines sehr großen Staates. Zur Orientierung: Der Haushalt der USA umfasste 2010 ca. 3,6 Billionen US Dollar. Alleine für die Ausgaben der Geheimdienste wurden 80 Milliarden US Dollar veranschlagt. Der Haushalt der Bundesrepublik Deutschland betrug im Jahre 2010 319 Milliarden Euro.

⁶ Idealerweise sollte dies auch in einem relativ kurzen Zeitraum erfolgen können. Für die Bestimmung der Wirksamkeit konzentrieren wir uns aber ähnlich wie Klepper und Rickels (2011) darauf, ob eine Maßnahme alleine das Ziel der Klimastabilisierung erreichen kann.

Herangehensweise, da die Territorien mehrerer souveräner Staaten genutzt werden müssen.⁷ Mit Hilfe dieser Operationalisierung zeigt sich in deutlicher Modifikation der Schellingschen Kernthese, dass sich bei weitem nicht alle Bereiche des CE durch eine „incredible efficiency“ auszeichnen. Das Portfolio unterschiedlicher CE-Maßnahmen ist in dieser Hinsicht differenziert zu betrachten.

Als hochwirksame Maßnahmen im Bereich der Manipulation der Strahlungsbilanz (SRM) gelten die Einbringung von Spiegeln im Weltall, die Einbringung von Schwefelpartikeln in der Stratosphäre und die marine Wolkenmodifikation (Lenton/Vaughan 2009). Im Bereich der Reduktion von Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre (CDR) wurden bisher keine hochwirksamen Maßnahmen identifiziert. Zwar ist die großflächige Ozeandüngung eine Zeit lang von einigen Beiträgen in der Literatur als effektiv angesehen worden, inzwischen gilt sie aber bestenfalls als eine Maßnahme mit mittlerer Wirksamkeit (ibid.). Des Weiteren existiert ein Vorschlag zur Modifikation von Zirruswolken, welcher nicht in die Kategorien SRM und CDR eingeordnet werden kann (Mitchell and Finnegan 2009). Dieser Maßnahme wird ebenfalls eine potentiell hohe Wirksamkeit zugesprochen, sie ist jedoch bisher nicht ausreichend erforscht um eine Einordnung hinsichtlich ihrer Effektivität vorzunehmen. Auch die Finanzierbarkeit dieser Maßnahme sowie die für den zweiten Teil dieser Studie relevanten unerwünschten Nebenfolgen, die bei einem Einsatz möglicherweise auftreten könnten, sind noch nicht untersucht worden. Da derzeit keine klaren Aussagen bezüglich dieser für die politikwissenschaftliche Untersuchung fundamentalen Faktoren existieren, werden wir im Folgenden nicht weiter auf diese Maßnahme eingehen.

⁷ Mit den Kriterien der Wirksamkeit und der uni- bzw. minilateralen Umsetzbarkeit operationalisieren wir für unsere Zwecke das Kriterium, das in der naturwissenschaftlichen Literatur als Skalierbarkeit („scalability“) diskutiert wird. Wenn das Ziel eines CE-Einsatzes eine signifikante Manipulation der globalen Durchschnittstemperatur sein soll, um so klimatische Veränderungen mit potentiell katastrophalen Folgen zu verhindern, dann müssen demnach Maßnahmen auch gemäß der Wahrscheinlichkeit beurteilt werden, mit der sie in absehbarer Zukunft überhaupt in einem so großen Maßstab durchgeführt werden können, damit sie als „game changer“, wie es Caldeira und Keith (2010: 60) bezeichnen, fungieren können. So können bestimmte Maßnahmen zwar in kleinem Maßstab auf dem Territorium eines einzelnen Staates durchgeführt werden. Um eine Reduktion der globalen Durchschnittstemperatur herbeizuführen müssten sie jedoch in einem so großen Maßstab durchgeführt werden, dass hierfür eine Vielzahl staatlicher Territorien in Anspruch genommen werden müsste. Während gemäß dieser Literatur derzeit keine CDR-Maßnahme beim Einsatz auf einem Territorium einen signifikanten Eingriff in den globalen Temperaturhaushalt ermöglicht, sind die Befunde bei SRM-Maßnahmen unterschiedlich: Manipulationen der Stratosphäre oder mariner Stratocumuluswolken können relativ problemlos auf einen Maßstab skaliert werden, der eine gezielte Manipulation der globalen Durchschnittstemperatur erlaubt, jedoch scheint dies bei einer Manipulation der Oberflächenreflektivität durch Erhöhung der Rückstrahlung von Hausdächern oder durch Modifikation von Wüsten nicht möglich zu sein.

Hinsichtlich der Kosten des Einbringens von Spiegeln im Weltall äußerte sich beispielsweise Alan Robock sehr kritisch. Die von Angel (2006) mit „a few trillion dollars“ (dt. einige Billionen Dollar) bezifferten Kosten scheinen ihm deutlich zu niedrig gegriffen, zumal bei großen Regierungsprojekten in der Regel die im Vorfeld geschätzten Kosten im Endeffekt bei weitem übertroffen werden (Robock 2008; zu diesem Punkt auch Royal Society 2009: 45). Diese Methode sei somit ungeeignet, da die Kosten für einen unilateralen Einsatz prohibitiv hoch sind. Klepper und Rickels (2011) folgern daher auch generell, dass weltallbasierte Optionen zur Reduktion der Solareinstrahlung zwar nicht endgültig abgeschrieben werden müssen, es aber in naher Zukunft nicht zu erwarten ist, dass ökonomisch tragbare Konzepte in diesem Bereich entwickelt werden.

In seiner Untersuchung der Kosten des Einbringens von Schwefelpartikeln in die Stratosphäre kommt Robock (2009) hingegen zu dem Schluss, dass diese bei Verwendung von Flugzeugen für die Materialeinbringung bei „several billion Dollars“ (dt. mehrere Milliarden Dollar) liegen. Er folgert: „[s]everal billion dollars per year is a lot of money, but compared to the international gross national product, this amount would not be a limiting factor in the decision of whether to proceed with geoengineering“ (Robock 2009: 7).⁸ Klepper und Rickels (2011) veranschlagen bei Einsatz eines speziell für diesen Zweck entwickelten Flugsystems Gesamtkosten von 40,0 – 71,8 Milliarden USD pro Jahr.⁹ Zusätzlich kann bei fortschreitender technologischer Entwicklung eine Senkung der Kosten erwartet werden. Insgesamt scheint also die von David Keith getroffene Aussage, SRM durch Manipulation der Stratosphäre sei „cheap, fast and imperfect“ (Keith 2010a: 2), zuzutreffen. Zudem unterbreitet Keith (2010b) den Vorschlag, statt Schwefelpartikeln künstlich hergestellte Nanopartikel zu verwenden. Einer der Vorteile dieser Methode ist, mit weniger Material denselben Effekt zu erzielen – dies könnte möglicherweise zu einer weiteren Senkung der Kosten beitragen. Die direkten Kosten für das Einbringen von Partikeln in die Stratosphäre können daher unilateral oder durch eine Koalition von einigen wenigen ressourcenstarken Staaten finanziert werden

⁸ Robock untersucht dabei explizit bloß die Kosten, die bei Einbringung des Materials in die Stratosphäre entstehen würden; er äußert sich gleichzeitig kritisch gegenüber der Durchführbarkeit einer solchen Intervention, da das Problem der zunehmenden Partikelgröße bisher nicht gelöst wurde (vgl. auch Rasch et al. 2008). Große Partikel reflektieren Licht schlechter als kleine, wobei einzelne Partikel dazu neigen sich zu größeren Partikeln zu akkumulieren.

⁹ In einer Auftragsstudie zu den Kosten der Einbringung von Partikeln in die Stratosphäre wird gleichfalls gezeigt, dass die Einbringung durch für diesen Zweck entwickelte Flugzeuge günstig ist: „Airplane geoengineering operations are comparable to the yearly operations of a small airline, and are dwarfed by the operations of a large airline like FedEx or Southwest“ (McClellan et al. 2010).

(vgl. auch Ricke et al. 2008: 4, welche die Kosten für eine stratosphärische Albedomodifikation sogar auf bloß „a few hundred million dollars per year“ und damit als „well within the budget of almost all nations“ schätzen).

Ähnliches lässt sich mit Blick auf die marine Wolkenmodifikation sagen.¹⁰ Die Einbringung der hierfür notwendigen Kondensationskerne durch Schiffe beruht im Wesentlichen auf einem Vorschlag von Stephen Salter und seinen Kollegen (2008), die hierfür eine Flotte unbemannter, ferngesteuerter Rotorschiffe¹¹ vorsehen, die kontinuierlich aus Meerwasser gewonnene Salzpartikel in die gewünschte Höhe transportieren. Die Kosten hierfür werden von Salter et al. (2008) als sehr gering eingeschätzt, wobei Klepper und Rickels (2011) auf fehlende Kostenfaktoren in Salters Rechnung hinweisen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das Budget eines ressourcenstarken Staates, selbst bei einer Erhöhung der Kosten um das Doppelte oder das Dreifache, nicht überstiegen werden wird. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist dabei sehr hoch. Lenton und Vaughan (2009) berechnen, dass es durchaus möglich ist, unter Einsatz dieser Methode die aus einer Verdopplung der atmosphärischen CO₂-Konzentration resultierende Erwärmung zu kompensieren.¹²

Die großflächige Ozeandüngung mit Eisenpartikeln ist die einzige CDR-Maßnahme, die bisher als potentiell hochwirksam diskutiert wurde. Dabei ist es im Rahmen regional und zeitlich begrenzter Feldversuche gelungen, eine deutliche Zunahme des Phytoplanktonwachstums bei Düngung mit Eisensulfat nachzuweisen. Ob durch den erhöhten Phytoplanktonwuchs jedoch auch eine Erhöhung der langfristigen Bindung von Kohlenstoff erzielt werden kann, was das Ziel der Ozeandüngung ist, konnte im Feldversuch bisher noch nicht verifiziert werden. Das Ausmaß der Wirksamkeit dieser Maßnahme ist daher noch

¹⁰ Diese sieht vor, die in der niederen Atmosphäre über den Ozeanen vorkommenden Stratocumuluswolken gezielt aufzuhellen, um so ihre Reflektivität zu erhöhen (Latham 1990, 2002; Bower et al. 2006; Salter et al. 2008). Dabei wird gleichzeitig die Lebensdauer dieser Wolken verlängert, was möglicherweise die Effektivität der Maßnahme zusätzlich steigert. Um die gewünschte Aufhellung zu erreichen, sollen gezielt Kondensationskerne (z.B. Salzpartikel) in diejenigen Regionen der Atmosphäre eingebracht werden, in denen Stratocumulus-Wolken entstehen. Zur Einbringung der Kondensationskerne wird von der Royal Society (2009) die Nutzung von Flugzeugen oder Schiffen diskutiert. Es existiert bisher jedoch keine Studie, die sich mit der Einbringung durch Flugzeuge beschäftigt.

¹¹ Ein Rotorschiff nutzt statt eines Segels oder eines Motors einen so genannten Flettner-Rotor, der Vortrieb durch einen der Windströmung ausgesetzten, rotierenden Zylinder erzeugt.

¹² Es gilt jedoch auch bei der Betrachtung dieser Maßnahme, ebenso wie bei den Überlegungen zur Stratosphärenmodifikation durch Einbringen von Schwefelpartikeln zu beachten, dass bisher keine Feldversuche stattgefunden haben und die tatsächliche Wirksamkeit unter *in situ*-Bedingungen somit noch nachzuweisen ist.

unsicher. Lenton und Vaughan (2009: 5593) halten die Maßnahme für ungeeignet, um eine kurzfristige Reduktion der globalen Durchschnittstemperatur zu erzielen. Unsicherheit besteht ebenfalls in Bezug auf die Kosten einer großflächigen Düngung des Ozeans mit Eisenpartikeln (vgl. Klepper und Rickels 2011). Vor diesem Hintergrund erscheint die Effizienz dieser Maßnahme nicht ausreichend, um einen uni- oder minilateralen Einsatz zu ermöglichen.

Weitere im Rahmen dieser Studie zu betrachtende Maßnahmen sind die physikalisch-chemische CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre (Air Capture), die Beschleunigung der natürlichen Verwitterung, die Erhöhung der CO₂-Bindung in Pflanzen durch großskalige Aufforstung und die Modifikation der Rückstrahlungskraft von Hausdächern und Wüstengebieten. Diese Maßnahmen sind vom Gesichtspunkt ihrer Kosten-Nutzen-Effektivität her alle sehr unterschiedlich. Die Modifikation von Wüsten kann zwar potentiell eine vergleichsweise hohe Effektivität vorweisen, ist dabei jedoch äußerst kostenintensiv. Die Royal Society (2009) schätzt die Kosten auf 1 Billion USD für eine Veränderung der Strahlungsbilanz um 1 W/m². Zudem müssten, um eine Stabilisierung der globalen Durchschnittstemperatur zu erreichen, alle Wüstenflächen der Erde mit reflektierendem Material bedeckt werden (ca. 10% der Erdoberfläche). Hingegen können Air Capture und eine gezielte Beschleunigung der natürlichen Verwitterung ihre vergleichsweise geringe kurzfristige Effektivität durch einen ebenfalls geringen Kostenaufwand zum Teil ausgleichen. Des Weiteren besteht bei diesen Maßnahmen die Möglichkeit, den Einsatz entsprechender Technologien in ein globales Emissionshandelsschema einzubinden. Aufforstungsprojekte zur Erhöhung der CO₂-Aufnahme in Pflanzen werden generell als eine sehr wirksame Maßnahme angesehen, die zudem nicht besonders kostenintensiv ist (Royal Society 2009). Ein Aufforstungsprojekt in der Größenordnung der von Ornstein et al. (2009) vorgeschlagenen Aufforstung der Sahara und des australischen Hinterlandes wäre dabei laut Klepper und Rickels (2011) jedoch prohibitiv teuer. Die Modifikation von Hausdächern mit dem Ziel, deren Rückstrahlungskraft zu erhöhen, ist im Verhältnis zur Effektivität dieser Maßnahme ebenfalls extrem kostenintensiv (vgl. *ibid.*, welche die Kosten auf 2 Billionen USD für eine veränderte Strahlungsbilanz von 1 W/m² schätzen). Während diese Maßnahme für eine gezielte Veränderung der globalen Durchschnittstemperatur also ungeeignet zu sein scheint, kann eine Modifikation von Hausdächern jedoch erheblich zur Reduzierung urbaner

„Hitzeinseln“ beitragen (Oleson et al. 2010). Entscheidend bei all diesen Maßnahmen ist jedoch, dass sie völlig unabhängig von ihrer Kosteneffizienz eine dezentrale Implementation benötigen und sich somit angesichts des Prinzips territorialer Souveränität einer unilateralen Lösung verschließen. Im Kern handelt es sich hierbei um Maßnahmen, die erst bei einer größerflächigen Implementation einen signifikanten Effekt erzeugen können und somit zwingend einer multilateralen Herangehensweise bedürfen.

Um die Schellingsche Ausgangsthese zu bewerten, lässt sich zusammenfassend die folgende politökonomische Typologie von CE-Maßnahmen nutzen (Typologie 1). Als unilateral realisierbar können dabei diejenigen Maßnahmen gelten, die als hoch effizient und zentral implementierbar identifiziert wurden. Es zeigt sich, dass das „Schelling-Kriterium“ *de facto* nur von der Einbringung von Partikeln in die Stratosphäre und der marinen Wolkenmodifikation erfüllt wird. Nur diese Maßnahmen beinhalten die prinzipielle Möglichkeit einer unilateralen Lösung des Problems einer steigenden globalen Durchschnittstemperatur.

Typologie 1: Die unilaterale Realisierbarkeit verschiedener CE-Maßnahmen¹³

	Hohe Effizienz	Geringe Effizienz
Zentrale Implementation möglich	Feld 1 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Stratosphärische Aerosole ◆ Marine Wolkenmodifikation 	Feld 2 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Ozeandüngung ◆ Weltraumreflektoren ◆ Beschleunigung der natürlichen Verwitterung an Land oder im Ozean
Dezentrale Implementation erforderlich	Feld 3 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Air Capture 	Feld 4 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Großskalige Aufforstung ◆ Erhöhung der Rückstrahlung von Hausdächern ◆ Modifikation von Wüsten

Aus kooperationstheoretischer Sicht spricht allerdings manches dafür, dass bei den CE-Maßnahmen aus Feld 1 sowohl eine unilaterale als auch eine minilaterale Bereitstellung möglich ist. Jedenfalls scheint die Kooperation im Rahmen eines Minilateralismus leicht zu erreichen zu sein. Sollte sich etwa eine kleine Gruppe von Staaten z.B. dazu entschließen, gemeinsam eine Manipulation der Stratosphäre

¹³ In der hier angeführten Tabelle bezieht sich das Effizienzkriterium auf das Potential einer Maßnahme, innerhalb eines kurzen Zeitraums bei verhältnismäßig geringem Kostenaufwand eine Stabilisierung der globalen Durchschnittstemperatur zu erzielen. Maßnahmen, deren Effizienz hier als „gering“ eingestuft wird, können daher im Rahmen eines Maßnahmenportfolios in Kombination mit signifikanten Emissionsreduktionen immer noch einen Beitrag zur mittel- bis langfristigen Stabilisierung des Klimas leisten, und sollten keinesfalls außer acht gelassen werden. Lenton und Vaughan (2009: 5539) halten beispielsweise fest, dass „[s]trong mitigation, combined with global-scale air capture and storage, afforestation, and biochar production, i.e. enhanced CO₂ sinks, might be able to bring CO₂ back to its pre-industrial level by 2100 [...]“. Zum Vergleich: die klimatischen Effekte eines Einbringens von reflektierenden Partikeln in die Stratosphäre wären innerhalb weniger Tage mess- und spürbar.

durchzuführen, so haben wir es kooperationstheoretisch mit einem Koordinationsspiel mit Verteilungskonflikt zu tun. Bei solchen Interessenkonstellationen bieten sich oft mehrere Kooperationslösungen an, die besondere Verteilungskonflikte über die zu wählende Lösung beinhalten, ohne dass deshalb der Wunsch nach Kooperation selbst in Frage gestellt wird. Da sich alle denkbaren Pareto-optima im Nash-Gleichgewicht befinden, besteht nach einer Einigung kein Grund, von der nun etablierten Verteilung abzuweichen und aus der Einigung auszusteigen. Das Erreichen einer kooperativen Lösung im Rahmen einer solchen Interessenkonstellation ist generell wahrscheinlich. Im konkreten Fall kommt angesichts der hohen Ungewissheit hinzu, dass nur die Mitwirkung in einem solchen Konsortium die Möglichkeit mit sich bringt, auf den konkreten Einsatz der Technologien so Einfluss zu nehmen, dass die Verteilungseffekte nicht den eigenen Interessen zuwiderlaufen. Sollte es also ein solches Konsortium geben, so kann davon ausgegangen werden, dass betroffene Staaten auch Teil desselben sein möchten, um Einfluss auf den konkreten Einsatz der Technologien nehmen zu können. Es ließe sich demnach ein *bandwagoning-Effekt* erwarten.

2.2 Zur völkerrechtlichen Lage

Es bleibt die Frage, inwiefern die uni- oder minilaterale Umsetzung der einzelnen CE-Maßnahmen möglicherweise Verstöße gegen das Völkerrecht beinhalten würden. Das Schelling-Kriterium geht implizit davon aus, dass *keine expliziten, rechtsverbindlichen Verbote auf völkerrechtlicher Ebene vorliegen, so dass eine legale Rechtfertigung der Erforschung und des Einsatzes von CE durch einen einzelnen Staat oder eine kleine Gruppe von Staaten möglich erscheint.*

Diese Aussage kann im Kern bestätigt werden. Zwar haben die Vertragsstaatenkonferenz der Londoner Konvention (inklusive des Londoner Protokolls) sowie kürzlich auch die der Biodiversitätskonvention in Form von Entschlüssen¹⁴ einen rechtlich unverbindlichen Rahmen abgesteckt, der zumindest inhaltlich, wenn auch nicht rechtlich, strenge Vorgaben für die frühzeitige Beurteilung von Forschungsvorhaben zu CE macht. Ebenso wird im Rahmen dieser Resolutionen festgehalten, dass der Einsatz von CE,

¹⁴ Der entsprechende englische Begriff ist „Decision“. Es existiert keine eindeutige Übersetzung ins Deutsche, so dass hier und im Folgenden der Begriff „Entschluss“ verwendet wird um den rechtlich unverbindlichen Charakter des Begriffs herauszustellen.

vor allem im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Privatinteressen, nicht gewünscht ist. Diese Regelungen sind jedoch nicht rechtsverbindlich. Des Weiteren ist zu beachten, dass sich die Londoner Konvention und ihr Protokoll vornehmlich auf CE durch Ozeandüngung beziehen, ohne andere Formen des CE zu erwähnen.

Abgesehen von diesen Verträgen trifft die Aussage von John Virgoe (2009: 109) zu: „No existing treaty deals explicitly with geoengineering“, und weiter: „None of these treaties was drafted with geoengineering in mind, and none of them clearly prohibits or regulates relevant activities“ (ibid: 111). Ähnlich formuliert es Rex Zedalis (2010: 31) in einem neueren Beitrag: “[...] next to nothing is present in any of the agreements that constitutes an iron-clad prohibition on geoengineering.” So hängt also Vieles von der Interpretation allgemeiner völkerrechtlicher Prinzipien wie dem Vorsorgeprinzip oder dem Begriff der abträglichen Wirkung ab.

Dabei existieren gleichwohl Beschränkungen, die einem unilateralen Einsatz von CE auch unabhängig von kontextspezifischen Vertragswerken im Wege stehen könnten. In diesem Zusammenhang diskutieren Proelß und Güssow (2011) den nachbarrechtlichen Grundsatz und die Informationspflicht. Dabei kommen die Autoren zu dem Schluss, dass eine unilaterale Durchsetzung von CE-Maßnahmen eher Gefahr läuft, mit internationalem Recht zu kollidieren, als dies bei einer multilateralen Vorgehensweise der Fall wäre. Die Durchführung von CE-Maßnahmen im Rahmen einer „coalition of the willing“ erscheint vor diesem Hintergrund rechtskonformer als ein unilaterales Vorgehen, wobei ein solches auch nicht ausgeschlossen werden kann.

Im Ergebnis bestätigt sich also: Rechtsverbindliche Verbote des Einsatzes von CE-Maßnahmen existieren im Völkerrecht nicht. Freilich kann aus dieser Sachlage nicht der Umkehrschluss gezogen werden. Das Völkerrecht erlaubt auch in keiner Weise explizit den Einsatz von CE-Technologien. Die völkerrechtliche Lage erscheint mit Blick auf Climate Engineering also unklar, so dass die vorhandene rechtliche Lage politisch flexibel eingesetzt werden kann. Die Royal Society (2009: 45) schlussfolgert daher zu Recht in ihrem Bericht: “While no single international instrument applies, there are a number of existing treaties and customary rules which could be brought to bear, depending on where the activity and its effects occur”. Folglich ist Wiertz und Reichwein (2010: 17) zuzustimmen: “Ob und wieweit

das Völkerrecht Einsatz und Erforschung von Climate Engineering betrifft, hängt von der Interpretation bestehender Verträge ab.”

2.3 Zwischenergebnis

Das Schelling-Kriterium, wonach effektive CE-Maßnahmen sich entweder unilateral oder durch eine Koalition von einigen wenigen ressourcenstarken Staaten finanzieren und implementieren lassen und keine eindeutige Verletzung völkerrechtlicher Normen beinhalten, erweist sich nur zum Teil als erfüllt. Es trifft zwar zu, dass rechtsverbindliche Verbote des Einsatzes von CE-Maßnahmen im Völkerrecht fehlen. Die völkerrechtliche Lage ist allerdings so unbestimmt, dass ihre weitere Entwicklung weitgehend eine Funktion der ergebnisoffenen politischen Auseinandersetzung sein wird. Hinsichtlich der grundsätzlichen Möglichkeit einer uni- oder minilateralen Entwicklung und Umsetzung von CE-Technologien wird das Schelling-Kriterium nur von Aerosolen in der Stratosphäre und von der marinen Wolkenmodifikation erfüllt.

3. Die sozialen und politischen Nebenfolgen einer uni- oder minilateralen CE-Politik

Die These von der uni- oder minilateralen Lösbarkeit des Problems einer steigenden globalen Durchschnittstemperatur durch Climate Engineering beruht auf der rationalistischen Kooperationstheorie der Internationalen Beziehungen (vgl. Schelling 1960; Keohane 1984; Zürn 1992; Koremenos et al. 2001). Die relativ einfache Version, aus der das Schelling-Kriterium abgeleitet wird, beruht auf zwei Prämissen. Zum einen geht sie davon aus, dass Staaten die Schlüsselakteure in der internationalen Politik sind und sie relativ autonom, d.h. ohne Rücksicht auf transnationale Normen und Akteure bzw. veränderte innenpolitische Interessenlagen handeln können. Zum anderen geht sie davon aus, dass die Interessenlagen und Präferenzen von Staaten mit Blick auf eine bestimmte Problemlage relativ stabil sind und nicht durch internationale Verhandlungsprozesse beeinflusst werden. Mit einem solchen Ansatz können zwar die bestehenden intergouvernementalen Interessenkonstellationen präzise herausgearbeitet werden; er birgt aber die Gefahr, die dynamische Komponente politischer Interaktionsprozesse und die Rolle transnationaler Akteure aus dem Auge zu verlieren. Beide Aspekte werden im Folgenden näher beleuchtet.

3.1 Zu den Folgen einer unilateralen CE-Politik

Zur Analyse der sozialen und politischen Folgen einer unilateralen CE-Politik wird auf andere Elemente der Theorie internationaler Institutionen aufgebaut. Dabei rücken transnationale Akteure und Normen, innenpolitische Interessenlagen sowie der Aspekt der Verhandlungs- und Konfliktdynamiken ins Blickfeld. Es lassen sich grob zwei Faktorenbündel unterscheiden.

Zum einen lässt sich erwarten, dass die unilaterale Durchsetzung von Climate Engineering eine umfassende Politisierung der Klimapolitik zur Folge hätte. Entscheidungsprozesse gelten dann als politisiert, wenn sie zu einer starken sozialen Mobilisierung mit einem hohen Grad an Kontestation führen (zur Politisierung internationaler Institutionen vgl. Zürn und Ecker-Ehrhardt 2011). Transnationale

Normunternehmer¹⁵ wie etwa Greenpeace im Bereich der Umweltpolitik könnten dabei unter Rekurs auf international anerkannte Normen ein hohes Maß an politischem Widerstand mobilisieren (Finnemore und Sikkink 1998). Es ist wahrscheinlich, dass sich eine solche Entwicklung vor allem in Europa entfaltet, da hier das Mobilisierungspotential der Bevölkerungen gegen die Einführung neuer Technologien erfahrungsgemäß besonders hoch ist. Dies ist z.B. bei der Einführung genetisch modifizierter Organismen zu beobachten. Gleichzeitig würde der Nord-Süd Gegensatz in der internationalen Klimapolitik verstärkt werden, da sich Climate Engineering leicht als ein Ausdruck einer exkludierenden und rücksichtslosen Politik des hegemonialen Westens deuten ließe. So hat im Rahmen der Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention die internationale Staatengemeinschaft dem Druck einiger transnationaler Nichtregierungsorganisationen (NGOs) bereits teilweise nachgegeben:

„[The Conference of the Parties [...] invites Parties and other Governments [...] to [...] ensure] that no climate-related geo-engineering activities that may affect biodiversity take place, until there is an adequate scientific basis on which to justify such activities and appropriate consideration of the associated risks for the environment and biodiversity and associated social, economic and cultural impacts, with the exception of small scale scientific research studies that would be conducted in a controlled setting [...]“ (UNEP/CBD/COP 10 Decision X/33).

Diese recht vage Formulierung sowie die rechtliche Unverbindlichkeit der Biodiversitätskonvention machen es zwar keinem Staat unmöglich, CE-Maßnahmen einzusetzen. Die Aufnahme des Themas CE in die Konvention zeugt jedoch davon, dass eine erhöhte Aufmerksamkeit politischer Akteure diesbezüglich besteht. Es ist somit wahrscheinlich, dass bei Voranschreiten der Erforschung von CE-Technologien verstärkt politische Konflikte entstehen werden.

¹⁵ Normunternehmer („norm entrepreneurs“) sind Personen, welche „strong notions about appropriate or desirable behavior in their community“ besitzen (Finnemore und Sikkink 1998: 896). Sie tragen maßgeblich zur Normvalidierung bei, indem sie die ihnen wichtigen Belange benennen, interpretieren und dramatisieren (ibid.).

Wachsender sozialer Widerstand gegen CE zeigt sich auch an anderer Stelle. So engagiert sich z.B. die transnationale Nichtregierungsorganisation „ETC Group“ vielfach im CE-Bereich. Die Organisation formuliert eine Vielzahl von Argumenten gegen CE, wobei die globalen Effekte von CE besonders betont werden. So wird z.B. auf die ungleichen globalen Verteilungseffekte hingewiesen, welche ein CE-Einsatz mit sich bringen könnte (ETC Group 2009). Weitere Argumente sind die Möglichkeit eines militärischen Einsatzes von CE-Technologien sowie der Einfluss, den privatwirtschaftliche Interessen auf die Entwicklung und den Einsatz von CE-Technologien ausüben könnten (ETC Group 2010a: 37ff). In der Ablehnung der CE-Technologien wird dabei auch auf das internationale Recht recurriert (z.B. ENMOD Vertrag, siehe ETC Group 2010b).

Eine solche – in Ansätzen bereits zu beobachtende – Politisierung von CE lässt sich theoretisch aufgrund der folgenden Gründe erwarten. Erstens erfüllt CE alle Voraussetzungen, um die sozialen Widerstände zu mobilisieren, die sich generell bei technokratisch durchgesetzten Risikotechnologien in einer Weltrisikogesellschaft ergeben (vgl. Beck 2008). Es lässt sich mithin eine starke Verbindung von sozialen Bewegungen in den Implementationsländern mit einer entsprechenden transnationalen Protestbewegung erwarten. Zweitens würde die bisher unklare Verteilung der Klimaeffekte und der Nebenfolgen eines Einsatzes von CE angesichts der Nichteinbeziehung technologisch weniger leistungsfähiger Staaten politisch in vollem Umfang das Nord-Süd Schisma evozieren und den UNFCCC Prozess als Ziel anti-hegemonialen Widerstandes (Rajagopal 2003) nachhaltig schädigen. Drittens könnten sich beide Formen des Widerstandes, sozial wie politisch, auf allgemeine Prinzipien des Völkerrechts berufen (UNCLOS, Art. 195; Weltraumvertrag, Konsultationsrecht; Antarktisvertrag, peaceful purposes; spezifischere Verbote bei Montreal Ozon-Protokoll, CBD, London Protokoll etc.). Diese allgemeinen Normen böten eine geeignete „politische Opportunitätsstruktur“ (Tarrow 2005; della Porta/Tarrow 2004) für solche Widerstände. Zuletzt gilt es festzuhalten, dass, sollten unerwartete Umweltschäden in Drittstaaten auftreten, dies eventuell exorbitante Folgekosten hervorrufen könnten.¹⁶

Zusätzlich sind im Falle unilateraler CE-Maßnahmen politische Effekte wahrscheinlich, die sich unabhängig von einer umfassenden Politisierung als

¹⁶ Zu einer möglichen Anwendbarkeit der Regeln zur Staatenverantwortlichkeit und zur völkerrechtlichen Haftung vergleiche Proelß und Güssow (2011).

kontraproduktiv erweisen könnten. So ließe sich in den Ländern, die signifikante Ressourcen für CE-Forschung und Maßnahmen einsetzen, schon alleine aus haushaltspolitischen Erwägungen die Kosten von Vermeidungsstrategien innenpolitisch deutlich schwerer durchsetzen. Dabei würde ebenfalls die Bereitschaft zu einer gemeinsamen globalen Anstrengung zur Emissionsreduktion unterminiert werden. Nur über die Prägekraft einer starken internationalen Norm, die durch eine transnational agierende epistemische Gemeinschaft gestützt wird, lassen sich mittelfristig Präferenzänderungen bei den Bremsern im UNFCCC-Prozess erwarten (vgl. Biermann et al. 2010). Dieser Mechanismus würde seine Wirkung verlieren, wenn die Vorreiter einer effektiven Klimapolitik auf Climate Engineering setzen würden.¹⁷

Des Weiteren sind dynamische Prozesse einer Konflikteskalation möglich. Von einem unilateralen Climate Engineering negativ betroffene Drittstaaten könnten im Rahmen des UNFCCC-Prozesses zu einer radikalen Opposition neigen und im Extremfall sogar Gegenmaßnahmen ergreifen – „Counter-CE“ nennt das Lee Lane (2010). Lane identifiziert Länder, die sowohl ein Interesse an einer voranschreitenden Erwärmung haben als auch die Mittel besitzen, um gegen einen CE-Einsatz vorgehen zu können. Um den gewünschten Gegeneffekt zu erzielen, könnten dort zum Beispiel die Partikelfilter von Kohlekraftwerken entfernt werden. Das Auftauen von Permafrostböden und die so gewonnene landwirtschaftliche Nutzfläche bieten möglicherweise einen wirtschaftlichen Anreiz, eine weitere Erwärmung zumindest nicht zu bremsen bzw. bei einem gezielten Eingriff durch ein anderes Land entgegenzusteuern.

Freilich zeichnen sich derartige Konfliktkonstellationen noch nicht ab. Die entsprechenden Vermutungen darüber, welche Staatengruppen sich potentiell gegenüber stehen könnten, bleiben mithin weitgehend spekulativ. Barrett (2009) beispielsweise sieht eine Koalition der Willigen vor allem aus denjenigen Staaten bestehen, deren Landwirtschaften bereits von der in diesem Jahrhundert zu erwartenden Erhöhung der

¹⁷ In der Diskussion zu diesem Umstand wird freilich auch eine Art Gegenthese vertreten. Demnach könnte die Besorgnis über einen potentiellen Einsatz von CE zu verstärkten Anstrengungen im Bereich der herkömmlichen Vermeidungsstrategien führen. Diese Reaktion ist jedoch extrem voraussetzungsvoll und erscheint recht spekulativ. Gegenwärtig lassen sich keine entsprechenden Tendenzen beobachten. Zudem könnte dieser Effekt nur wirken, so lange CE-Maßnahmen nicht ergriffen werden. Die in der Literatur vorherrschende Meinung ist also bisher, dass die Aussicht auf den Einsatz von CE die Bemühungen im Rahmen von Vermeidungsstrategien erheblich schwächen würde. Dieses so genannte „Moral Hazard“ Argument wurde im Zusammenhang mit CE erstmals von Keith (2000) unter dieser Bezeichnung vorgestellt.

globalen Durchschnittstemperatur negativ betroffen sein werden. In dieser Gruppe sind es vor allem Indien, Australien, Brasilien, Iran und Südafrika, die als mächtige und finanzierungsfähige Staaten ein Interesse an dem Einsatz von CE-Maßnahmen entwickeln könnten. Drittstaaten mit geringen Machtressourcen, die ebenfalls bereits recht kurzfristig negativ von einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur betroffen sein werden, würden Anstrengungen in diesem Bereich, soweit es ihnen möglich ist, unterstützen. Dies wären z.B. die Staaten Äquatorialafrikas. Sehr mächtige Staaten, die laut Barrett (2009) möglicherweise zu den Verlierern eines CE-Einsatzes zählen würden, sind China, Japan, Russland, die USA und die Staaten Europas. Diese Staaten könnten versuchen einen CE-Einsatz zu verhindern, indem sie das Ergreifen von Gegenmaßnahmen androhen oder Kompensationszahlungen in Form von Adaptationshilfe anbieten. Diese eher kontraintuitive Analyse beruht auf einer Untersuchung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die regionale Landwirtschaft (Cline 2007), deren Ergebnisse jedoch mit erheblicher Unsicherheit behaftet sind. Die Analyse der regionalen Auswirkungen von globalen Klimaveränderungen ist ein Forschungsfeld, das erst im Entstehen begriffen ist.¹⁸ Eine andere denkbare Konfliktkonstellation könnte darin bestehen, dass westliche Staaten aufgrund von Blockaden im UNFCCC Prozess auf den Einsatz von CE-Maßnahmen setzen und dies von „rising powers“ wie China, Indien, Brasilien und Südafrika bekämpft wird, da sie negative Auswirkungen aufgrund mangelnder Mitwirkungsmöglichkeiten sehen. Aber auch dies ist spekulativ.

Freilich sollte aus den derzeit fehlenden Anzeichen einer Manifestation zwischenstaatlicher Konflikte nicht auf deren (Un)Wahrscheinlichkeit geschlossen werden. Die regionalen Effekte werden beim Einsatz von CE-Maßnahmen unterschiedlich sein und von daher mit erheblicher Wahrscheinlichkeit Konflikte auslösen, die die Basis einer klimapolitischen Kooperation endgültig unterminieren könnten.

Die möglichen und teilweise auch zu erwartenden sozialen und politischen Nebenfolgen eines unilateralen CE-Einsatzes bezeugen das Legitimitätsdefizit, dem sich ein solcher Ansatz zur Stabilisierung der globalen Durchschnittstemperatur ausgesetzt sehen

¹⁸ Zur Bestimmung der regionalen Auswirkungen einer Modifikation der Stratosphäre durch Einbringen von Schwefelpartikeln koordiniert Alan Robock ein Projekt, im Rahmen dessen die Effekte einer solchen Intervention unter gleichen Bedingungen in verschiedenen Computermodellen simuliert werden (Kravitz et al 2011). Dies könnte zukünftig auch für andere CE-Maßnahmen durchgeführt werden, um so die regionalen Effekte verschiedener Maßnahmen zu bestimmen und zu vergleichen.

muss. Grundsätzlich gilt: Die zu erwartenden Nebenfolgen unterlaufen die Effektivität eines unilateralen CE-Einsatzes. Die maßgebliche Quelle des Legitimitätsdefizits eines unilateralen CE-Einsatzes ist dabei die Tatsache, dass nicht nur derjenige Staat, welcher aktiv in das Klima interveniert, von dieser Intervention betroffen sein wird. Es existiert in diesem Fall also ein Mangel an „Input-Kongruenz“ (Zürn 1998: 237) – nicht alle Parteien, die von der Intervention betroffen sein werden, wurden an dem Entscheidungsfindungsprozess, der zu der Intervention führte, beteiligt.

3.2 Spezifische Folgen einzelner CE-Maßnahmen

Grundsätzlich können uni- oder minilaterale CE-Maßnahmen also zu sozialen und politischen Folgen führen, die deren Erfolgchancen untergraben. Zur differenzierten Bewertung dieser These bedarf es einer weiteren Typologie der verschiedenen CE-Maßnahmen. Diese lassen sich in politisch-juristischer Hinsicht nämlich zunächst recht trennscharf danach unterscheiden, ob die Implementation in so genannten staatsfreien Räumen (zum Konzept vgl. Wolfrum 1984) oder innerhalb staatlichen Territoriums stattfindet. Zudem können CE-Maßnahmen danach unterschieden werden, ob die unerwünschten Nebenfolgen wahrscheinlich lokal begrenzt bleiben oder tendenziell globalen Charakter haben.

Typologie 2: Ausmaß der sozialen und politischen Folgen eines CE-Unilateralismus

	Unerwünschte Nebenfolgen bleiben tendenziell lokal begrenzt	Unerwünschte Nebenfolgen sind tendenziell global
Staatsfreie Räume	<p>Feld 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Ozeandüngung ◆ Beschleunigung der natürlichen Verwitterung im Ozean 	<p>Feld 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Weltraumreflektoren ◆ Stratosphärische Aerosole ◆ Marine Wolkenmodifikation
Staatliches Territorium	<p>Feld 3</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Air Capture ◆ Beschleunigung der natürlichen Verwitterung an Land ◆ Erhöhung der Rückstrahlung von Hausdächern 	<p>Feld 4</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Großskalige Aufforstung ◆ Modifikation von Wüsten

Anhand dieser Typologie zeigt sich nun: *Je stärker die Nutzung staatsfreier Räume notwendig ist und je mehr grenzüberschreitende Nebenfolgen einer uni- oder unilateralistisch eingesetzten CE-Maßnahme auftreten, desto mehr lassen sich soziale und politische Probleme erwarten, die den Erfolg der CE-Maßnahme unwahrscheinlich machen.*

Dies betrifft aber durchweg genau die Maßnahmen, die eine ausreichend hohe Effizienz besitzen, um einen unilateralen Einsatz möglich zu machen. Genau die Maßnahmen, die wir oben als potentiell uni- oder unilateral einsetzbar identifiziert haben, erweisen sich demnach auch als diejenigen, die das höchste Politisierungs- und Widerstandspotential beinhalten. Das zeigt sich auch bereits in den Verlautbarungen von CE-Gegnern. Ein Zusammenschluss verschiedener Organisationen ist die „Hands Off Mother Earth“ (HOME) Kampagne, welche sich ausschließlich dem Widerstand gegen CE Technologien widmet.¹⁹

¹⁹ Die HOME-Kampagne listet derzeit auf ihrer Internetseite 107 Organisationen als „allies and endorsers“ (HOME 2011c).

Als Ziel wird dabei genannt „[...] to build a global movement to oppose real world geoengineering experiments [...]“ (Home 2011a). Die auf der Website von HOME angeführten CE-Maßnahmen, gegen die sich der Protest richtet, sind die Produktion und Einlagerung von Holzkohle („Biochar“), die Einbringung von Schwefelpartikeln in die Stratosphäre, die marine Wolkenmodifikation und die Einlagerung von CO₂ im Ozean durch Düngung mit Nährstoffen (HOME 2011 b). Dies sind, mit Ausnahme der Produktion und Einlagerung von Holzkohle, alle Maßnahmen, welche starke grenzüberschreitende Effekte haben und in staatsfreien Räumen implementiert werden müssen.²⁰

Im Umkehrschluss gilt: *CE-Maßnahmen, die vermutlich weniger Politisierung und Widerstand hervorrufen, sind einer uni- oder multilateralen Lösung nicht zugänglich.* Die Modifikation von Hausdächern, die Beschleunigung der natürlichen Verwitterung und air capture bieten vergleichsweise wenig öffentliches Konfliktpotential. Gegen keinen dieser Vorschläge fanden bisher soziale und politische Mobilisierungsprozesse in größerem Umfang statt. Zudem besteht gerade bei diesen CE-Maßnahmen die Möglichkeit, Investitionen in entsprechende Projekte im Rahmen des (Post-)Kyoto-Prozesses auf Reduktionsverpflichtungen anzurechnen.

3.3 Zwischenergebnis

Die Betrachtung der sozialen und politischen Folgen eines unilateralen Einsatzes von CE ergibt, dass Climate Engineering einem unauflösbaren Paradox ausgesetzt ist. Die Verheißung einer schnellen und hochwirksamen technischen Lösung, die so effizient ist, dass sie auch von einem oder einigen wenigen Staaten gleichsam stellvertretend für die Menschheit durchgeführt werden kann, erbringen wohl nur zwei CE-Maßnahmen: die Einbringung von Aerosolen in die Stratosphäre und die marine Wolkenmodifikation. Das sind aber genau die CE-Maßnahmen, die erwartbar eine besonders vehemente Politisierung und politischen Widerstand mit weitreichenden Folgen für den UNFCCC-Prozess erwarten lassen.

²⁰ Auch bei der Begründung des Widerstandes gegen die Produktion und Einlagerung von Holzkohle steht unserer These indirekt entsprechend die große Fläche, welche für den Einsatz dieser Technologie benötigt wird, im Vordergrund: „The biggest danger of biochar for geoengineering, however, is scale. Hundreds of millions of hectares of land likely needs to be turned over to new plantations in order to produce the quantities of biochar many talk about“ (HOME 2011d).

4. Vorschlag für ein institutionelles Design zum Umgang mit CE Technologien

Die weitere Erforschung von CE-Maßnahmen scheint aus einer Reihe von Gründen sinnvoll. Zum einen müssen alleine wegen der durch die notwendige Umstellung auf eine CO₂-neutrale Produktionsweise entstehenden Kosten angesichts weltweit knapper Ressourcen alle Möglichkeiten eruiert werden, die diesen Übergang kostengünstiger gestalten könnten. Des Weiteren sollten angesichts der stagnierenden Anstrengungen zur Emissionsreduktion CE-Maßnahmen für den Fall, dass eine Eindämmung der Klimaerwärmung nicht mehr möglich ist, bereits heute erforscht werden. Zudem sollten CE-Maßnahmen einsatzbereit sein, sollte sich herausstellen, dass der Klimawandel aufgrund der so genannten „tipping points“ sich plötzlich drastisch beschleunigt und schnell wirkende Maßnahmen zwingend notwendig werden (zu tipping points vgl. Lenton et al [2008]). Somit könnten CE-Maßnahmen in „Klimanotfällen“ eingesetzt werden.

Die Erforschung und v.a. Umsetzung von CE-Maßnahmen kann aber nur dann zu den gewünschten Ergebnissen führen, wenn drei Bedingungen erfüllt sind. Zum einen bedürfen Erforschung und Einsatz von CE-Technologien einer ausreichend hohen sozialen und politischen Akzeptanz. Ansonsten könnten die negativen politischen Folgeeffekte dazu führen, dass eine u. U. wichtige technologische Option vorzeitig verbaut und verhindert wird, die beispielsweise bei unvorhergesehenen und beschleunigten klimatischen Veränderungen helfen könnte. Zum anderen sollte die Erforschung und der Einsatz von CE-Technologien nicht zu *moral hazard*, also zu einer nachhaltigen Beschädigung der Bemühungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen, oder zu einem Implementationsautomatismus („slippery slope“) führen. Drittens muss, im Falle eines Scheiterns der eingesetzten CE-Technologie, eine Beendigung des Einsatzes möglich sein, ohne dass dadurch irreparable Klimaschäden produziert werden. Die Option der Beendigung eines Einsatzes muss erhalten bleiben, was wiederum der Fortführung der Anstrengungen zu Emissionsreduktionen bedarf (Terminationsproblem). *Die Erforschung sowie der Einsatz von CE-Technologien bedürfen also einer institutionellen Einbettung, die eine ausreichende internationale und transnationale soziale Akzeptanz ermöglicht, sie mit den vorhandenen internationalen Umweltregelungen so verbindet, dass kontraproduktive Effekte vermieden werden und das Terminationsproblem gelindert wird.*

Unsere Analyse der wahrscheinlichen sozialen und politischen Folgen eines uni- oder minilateralen Einsatzes von Climate Engineering legt vor diesem Hintergrund die Wünschbarkeit einer multilateralen Lösung nahe. Es sind nämlich ohnehin nur wenige CE-Maßnahmen, die uni- bzw. minilateral durchführbar sind und genau diese Maßnahmen bergen das größte Widerstands- und Konfliktpotential.

Eine solche multilaterale Lösung könnte in der Tat die genannten Probleme der Erforschung und des Einsatzes von CE-Technologien lindern. Auch diejenigen Gruppen, die heute einer Erforschung und einem potentiellen Einsatz von CE sehr kritisch gegenüber stehen, betonen die Notwendigkeit einer solchen multilateralen Lösung. So hat der oben bereits angesprochene Entschluss, welchen die Vertragsstaaten der Biodiversitätskonvention im Rahmen ihrer 10. Vertragsstaatenkonferenz verabschiedet haben, in der Gemeinde der CE-Kritiker viel Zustimmung erfahren (vgl. z.B. ETC Group 2010c). Die zentrale Forderung ist dabei eine größere Rolle für multilaterale internationale Organisationen, um eine exklusive Behandlung durch westliche Staaten und große privatwirtschaftliche Konzerne zu verhindern. Deutlich wird dies anhand der Stellungnahmen zu der Behandlung der Thematik im Rahmen der Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention: „On 29 October 2010, the [COP 10] of the [CBD] adopted a decision that amounts to a *de facto* moratorium on geoengineering and, almost as importantly, *affirmed the UN’s leadership in addressing these issues*“ (ETC Group 2010d, Hervorhebung durch die Autoren), und: „[Scientists] have no right to do real-world experiments *without any prior inter-governmental discussion and agreement* [...]“ (ibid, Hervorhebung durch die Autoren).

In der Literatur sind eine Reihe von Vorschlägen zum institutionellen Umgang mit Climate Engineering entwickelt worden. Obgleich keiner dieser Vorschläge explizit in Bezug auf die genannten Bedingungen entwickelt worden ist, bieten die vorliegenden Überlegungen eine gute Grundlage, um einen Vorschlag für eine internationale Regulation zu entwickeln.

4.1 Vorschläge aus der Literatur

In ihrer grundsätzlichen Ausrichtung folgen wir der Analyse von Alan Carlin (2007). Er betrachtet mögliche Umgangsweisen mit CE aus der Perspektive idealer Ziele, die eine Organisation, welche mit der Regulierung von CE betraut ist, verfolgen sollte. Grundsätzlich

benennt Carlin (2007: 57) drei Möglichkeiten für den Umgang mit CE: Unilateral, im Rahmen einer Koalition bzw. eines Bündnisses (z.B. OECD oder NATO Länder) oder im Rahmen der UN. Aufgrund der großen Legitimitätsvorteile spricht sich Carlin für eine multilaterale Lösung im Rahmen der UN aus, beschreibt jedoch keine konkreten Umgangsweisen mit CE im Rahmen dieser Lösung. Er legt damit zwar eine Grundlage für die weitere Auseinandersetzung mit einer Regulierung von CE im Rahmen der UN, steuert selber jedoch keinen konkreten Verregelungsvorschlag bei.

Die meisten der in der Literatur vorgebrachten Verregelungsvorschläge, welche eine konkrete institutionelle Ausgestaltung für ein potentielles CE-Regime unterbreiten, befürworten gleichfalls eine Lösung innerhalb der UN (Barrett 2008, 2009, 2010; Virgoe 2009; House of Commons 2010). Nur Daniel Bodansky (1996: 318f), der die geringe Autorität derjenigen bestehenden Institutionen bemängelt, die eine Relevanz für das Themenfeld CE besitzen, hält eine grundlegend neue internationale Organisation für wünschenswert. Gleichzeitig hält er das Entstehen einer solchen Institution aber für wenig wahrscheinlich und befürchtet, dass stattdessen eine Prohibition von CE unausweichlich ist - selbst wenn sich herausstellen sollte, dass dies nicht gerechtfertigt wäre. In jedem Falle hält auch er eine multilaterale Lösung für zwingend notwendig.

Auch Scott Barrett (2008; 2009; 2010) schlägt eine Regulierung von SRM im Rahmen der UNFCCC vor. Bei seinem Vorschlag fällt jedoch auf, dass er kaum das Problem des „moral hazard“ thematisiert und die Logik der „slippery slope“ voll aktivieren möchte. So ist laut Barrett die Befürchtung, dass die Erforschung von SRM zu verminderten Anstrengungen bei der Emissionsreduktion führen könnte („moral hazard“ Argument), unbegründet. Bisher seien ohnehin kaum Anstrengungen zur Emissionsreduktion unternommen worden. Umgekehrt könnten Befürchtungen bezüglich der mit CE assoziierten Risiken die Anstrengungen zur Emissionsreduktion sogar stärken (Barrett 2009: 23). Zudem sei eine weniger starke Reduktion von Emissionen ohnehin ökonomisch sinnvoll, sollte sich herausstellen, dass SRM ohne große Schwierigkeiten eingesetzt werden kann (Barrett 2010: 3). Ähnlich argumentiert Barrett in Bezug auf die Befürchtung, dass bereits die Erforschung von SRM Druck in Richtung dessen Einsatz erzeugen könnte („slippery slope“ Argument). Hier geht er davon aus, dass eine solche Entwicklung nur dann eintreten würde, wenn die Erforschung von SRM ergibt, dass ein sicherer Einsatz von SRM möglich ist – in diesem Fall

sei ein Einsatz ohnehin wünschenswert. Würde die Erforschung von SRM jedoch ergeben, dass ein Einsatz von SRM schwerwiegende unerwünschte Nebeneffekte habe, so würde auf der Grundlage dieses Wissens SRM nicht eingesetzt werden (Barrett 2010: 6).

John Virgoes (2009) Überlegungen zur internationalen Regulierung von CE-Maßnahmen kommen den von uns im nächsten Abschnitt präsentierten Vorschlägen am nächsten. Virgoe sieht ähnlich wie wir bei einem unilateralen Einsatz die Gefahr starker internationaler Spannungen, die aus der mangelnden Legitimität einer solchen Lösung resultieren. Ein Konsortium von Staaten hingegen stünde einem Zielkonflikt zwischen Handlungsfähigkeit und Legitimität gegenüber und würde langfristig instabil sein.

4.2 Zur internationalen Regulierung von Climate Engineering

Auf der Grundlage unserer Analyse und den im vorangegangenen Abschnitt diskutierten Ansätzen ergeben sich nun die folgenden Überlegungen für eine internationale Regulierung von Climate Engineering. Wir greifen dabei auf die Analyse der Effektivität internationaler Umweltregime (Haas et al. 1993; Miles et al. 2001; Underdal and Young 2004; Breitmeier et al. 2006) und die entsprechende Forschung zum „institutional design“ (Ostrom 1990; Zürn 1992; Goodin 1996; Koremenos et al. 2001) zurück. Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass die Bemühungen zur Schaffung einer globalen Umweltorganisation keinen kurzfristigen Erfolg zeitigen werden. Unser Vorschlag folgt daher der „clustering strategy“ zur Verbesserung der Koordination unterschiedlicher internationaler und transnationaler Umweltinstitutionen, wie sie sich etwa im Bereich der Chemikalienkontrolle abzeichnet (vgl. Simon 2010: 24-26).

Es bedarf der Schaffung einer internationalen CE-Agentur für die Koordination von Forschungen zu und der technischen Evaluierung von Climate Engineering. Diese Agentur soll Teil des UNFCCC-Prozesses sein. Climate Engineering muss Teil eines internationalen Klimaregimes sein, so dass eine negative Einflussnahme der Erforschung von CE auf die Anstrengungen zur Emissionsreduktion verhindert werden kann. Die Agentur soll forschungs koordinierende und beratende Funktionen ausüben. Derartige Umweltevaluationsagenturen haben in den letzten 10-15 Jahren deutlich zugenommen (vgl. Mitchell 2006). Mit deren wachsendem Einfluss nehmen freilich auch die Forderungen nach

Transparenz und Repräsentativität in solchen Gremien zu (ibid.). Aus solchen Forderungen aber auf eine grundsätzliche Untauglichkeit solcher Umweltevaluationsagenturen zu schließen, hieße das Kind mit dem Bade auszuschütten.

Zum einen nehmen die Sekretariate von internationalen Organisationen die Funktion von Umweltagenturen wahr. Forschungen haben ergeben, dass die Sekretariate internationaler Umweltorganisationen einflussreiche Akteure in der Weltpolitik sind, auch wenn ihr Einfluss von Fall zu Fall variiert. Dabei fungieren die Sekretariate als Vermittler bei Verhandlungen („negotiation facilitators“), als Vermittler von Kompetenzen („capacity builders“) und als Vermittler von Wissen („knowledge brokers“) (Biermann/Siebenhüner 2009: 319). Besonders bedeutsam ist die dritte Funktion: Sie sind an der Herstellung, Darstellung und Verbreitung von Wissen beteiligt (ibid: 320).

Zum anderen sind spezielle Institutionen ins Leben gerufen worden, die sich auf die Wissensfunktion spezialisieren. Das IPCC ist ein Beispiel dafür. Ins Leben gerufen von den Sekretariaten des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) und der World Meteorological Organization (WMO), gilt das IPCC als zentrale Autorität im Bereich der Darstellung, Bewertung und Verbreitung des Forschungsstandes zum Klimawandel.

Diesen institutionellen Vorbildern folgend soll die CE-Agentur im Rahmen eines forschungskoordinerenden Auftrags die Finanzierung der CE-Forschung koordinieren sowie den aktuellen Stand der Forschung zusammenfassen und verlässlich und transparent weitergeben. Somit wäre die Agentur an der Herstellung und Darstellung von Wissen beteiligt.

Als direktes Vorbild für die CE-Agentur können das IPCC und die IAEA dienen. Durch das vom IPCC genutzte „peer review“ System kann eine ausreichende Glaubwürdigkeit und Legitimität der von der CE-Agentur selbst erzielten und der von ihr zusammengefassten Forschungsergebnisse gesichert werden. Als Anknüpfungspunkt im Bereich der Forschungsfinanzierung und -koordination könnte zudem die Regulierung der Forschung im Bereich der Kernenergie dienen. So fördert die IAEA einerseits die Forschung im Bereich der Kernenergie, während sie andererseits den Einsatz von Kernenergie und die Einhaltung von Sicherheitsstandards überwachen soll. Ähnlich müsste eine CE-Agentur die Erforschung von CE-Technologien fördern, während sie gleichzeitig sicherstellt, dass diese

Technologien auch nach Ablauf des Moratoriums nicht ohne positiven Implementationsbeschluss eingesetzt werden und bei potentiellen Feldversuchen oder Einsätzen die vereinbarten Vorgaben befolgt werden. Diese Form der Selbstkontrolle ist notwendig, um Vertrauen in die Agentur herzustellen und sollte zusätzlich zu der Kontrollfunktion durch die UNFCCC (siehe unten) vorgenommen werden.

Zudem obliegt der IAEО die Überwachung der Einhaltung des Nuklearwaffensperrvertrags (engl. nuclear non-proliferation treaty, NPT). Dabei ist es kaum möglich, eine trennscharfe Linie zwischen Forschungen zur zivilen Nutzung von Kernenergie und Forschungen zur Herstellung von Atomwaffen zu ziehen. Dieses Problem existiert ähnlich gelagert auch im Falle der CE-Forschung. So würden sich diejenigen Forschungsfelder, welche sich beispielsweise mit dem Verhalten und den Effekten von Aerosolen in der Stratosphäre beschäftigen, einem „dual-use“-Vorwurf ausgesetzt sehen.

Aus den Erfahrungen der IAEО im Umgang mit diesen Herausforderungen könnten bei der Konzeption einer CE-Agentur wichtige Einsichten gewonnen werden, um Vertrauen sowohl in die forschungsfördernde als auch in die kontrollierende Funktion der CE-Agentur herzustellen. Dabei müsste besonders die bestehende Kritik an der IAEО berücksichtigt werden. Diese besagt zum Beispiel, dass die IAEО mit dem Auftrag gegründet wurde, den Einsatz der Kernenergie auch in Ländern zu fördern, welche die nötigen Sicherheitsstandards nicht zufriedenstellend erfüllen. Dies liegt vor allem daran, dass zur Gründungszeit der IAEО die Sicherheitsstandards für den Umgang mit Kernenergie bei weitem nicht so umfangreich und streng waren wie heutzutage. Auch wird der IAEО vorgeworfen, den Einsatz von Kernenergie weltweit aktiv zu protegieren und dabei Sicherheitsstandards zu vernachlässigen. Zudem ist die IAEО keine Sonderorganisation der Vereinten Nationen, sondern eine unabhängige Einrichtung, welche formale Kooperationsverträge mit den Vereinten Nationen abgeschlossen hat. Sie agiere somit nach einer eigenen, technokratischen Agenda und nicht im direkten Auftrag der Staatengemeinschaft. Ein weiterer Vorwurf besteht in den geringen Kompetenzen, mit denen die IAEО ausgestattet ist: sie muss die von ihr durchgeführten Begehungen von Atomanlagen zuvor ankündigen und darf diese auch nur in denjenigen Anlagen durchführen, die von den betroffenen Staaten hierfür freigegeben worden sind. Diese Vorwürfe müssten bei der Regulierung von CE ins Blickfeld genommen werden, so dass aus den Erfahrungen mit der IAEО gelernt werden kann.

Parallel zu der Einrichtung einer solchen Agentur und als Gegenleistung an Opponenten sollte ein zeitlich befristetes Moratorium für die Implementation von CE-Maßnahmen inklusive von Feldversuchen erfolgen. Ausgenommen von diesem Moratorium wären die Maßnahmen, die auf staatlichem Territorium durchgeführt werden können und deren Nebenfolgen lokal begrenzt bleiben. Dies gilt insbesondere für die kleinskalige Aufforstung und das dezentrale „Air Capture“; gemäß unserer Argumentationslogik sollte es aber auch für die Beschleunigung der natürlichen Verwitterung und die Erhöhung der Rückstrahlung von Hausdächern gelten. Das Moratorium sollte zeitlich befristet sein, um keine institutionelle Blockade für den Einsatz von CE-Maßnahmen vorzeitig festzuschreiben.²¹ Allerdings bedarf der Einsatz nach Ablauf des Moratoriums noch immer eines positiven Implementationsbeschlusses der verantwortlichen internationalen Gremien, um nicht umgekehrt einen Einsatz gemäß der „slippery slope“ Logik vorzeitig festzuschreiben.

Die Bundesrepublik Deutschland müsste ihr umweltpolitisches Gewicht in die Waagschale werfen, damit die avisierte internationale Agentur als Platz der Koordination der internationalen CE-Forschung angenommen und akzeptiert wird. Es geht dann darum, eine Koalition von Staaten zu bilden, die bereit ist, entsprechende Forschungen zu finanzieren und durchzuführen, Forschungen anderswo zu unterstützen und die Ergebnisse transparent weiterzugeben. Wenn deutlich würde, dass die Koordination der Forschung an diesem Ort zu einer Aufteilung der Kosten führt, könnte ein solches Unterfangen gelingen (siehe unsere Ausführungen zu den minilateralen Kooperationschancen). Ein Anreiz dafür könnte in der Form bereitgestellt werden, dass die entsprechenden Forschungskosten (zumindest mit einem signifikanten Prozentsatz) auf die Kyoto-Reduktionen angerechnet werden.²² Generell stellt eine solche Form der internationalen Forschungs Koordination institutionelles Neuland dar.

Die Evaluation der Möglichkeiten, Kosten und Gefahren von CE-Maßnahmen sollte zweistufig erfolgen. Die CE-Agentur muss ihre Forschungen zusammenfassen und

²¹ Damit unterscheidet es sich von dem Moratoriumsvorschlag von Krämer (2010), der dies als Teil einer politischen Strategie zur notwendigen Verhinderung sieht.

²² Ein solcher Mechanismus könnte es ermöglichen, die Vorteile einer „bottom-up“ Herangehensweise zu bewerkstelligen (Victor 2008; Virgoe in House of Commons 2010: 27; auch Ricke et al. 2008), ohne in einen Wettbewerb über den Einsatz nicht ausreichend evaluierter Risikotechnologien einzutreten.

praxisrelevant interpretieren. Die CE-Agentur würde damit eine weitere Umweltevaluationsagentur sein (siehe oben). In einem zweiten Schritt soll dann die Bewertung und Einstufung der Forschungsergebnisse durch das IPCC vorgenommen werden. Trotz der aktuellen Kritik am IPCC erscheint eine solche Architektur wünschenswert. Dafür sprechen drei Gründe. Zum einen ist die Breite der beteiligten Akteure aufgrund der erweiterten Konsultationspflichten des IPCC deutlich höher als in der avisierten CE-Agentur, deren Mitglieder ja vor allem forschungsaktive Länder sein sollen (soziale Akzeptanz). Zum zweiten muss die Evaluation der Forschungsergebnisse integriert mit Blick auf klimapolitische Alternativen und mit Blick auf die Gesamtproblematik erfolgen (moral hazard und Terminationsproblem). Das ist Aufgabe des IPCC. Drittens gilt es, das erwartbare institutionelle Interesse einer CE-Agentur, die mit positiven Empfehlungen ihre eigene Bedeutung erhöhen könnte, zu vermeiden (das wäre eine Variante von „slippery slope“).

Auf der Grundlage des Berichts des IPCC entscheiden die Vertragsstaaten der UNFCCC über Normen und Regeln, die festlegen,

- a) welche Feldforschungen zu diesem Zweck erlaubt werden,
- b) welche Techniken für Notfälle („tipping points“) weiterentwickelt und einsatzbereit gemacht werden sollen, und
- c) welche Techniken unter welchen Bedingungen eingesetzt werden.

Aufgrund ihrer großen Mitgliederzahl und anerkannten Zuständigkeit im Bereich der Klimapolitik ist die UNFCCC das hierfür am besten geeignete Organ. Eine Fragmentierung der institutionellen Landschaft im Bereich der Klimapolitik durch institutionelle Neugründungen außerhalb der UNFCCC erscheint als nicht sinnvoll, da die Schaffung von Parallelorganisationen die Koordination zwischen einzelnen Institutionen erheblich erschweren würde. Dies würde auch eine erhöhte Gefahr durch „moral hazard“ bedeuten, da unabhängig voneinander existierende Verregelungsarchitekturen weniger gut in der Lage sein würden, die Erforschung von CE effektiv an fortgesetzte Anstrengungen zur Emissionsreduktion zu binden. Zudem könnte eine Aufnahme der CE-Thematik auch zu einer Belebung des UNFCCC-Prozesses beitragen. Vor dem Hintergrund der Auseinandersetzung mit CE könnte so eine neue Dynamik geschaffen werden, im Rahmen derer auch die notwendigen Anstrengungen zur Emissionsreduktion prominent thematisiert werden könnten.

Kostenbeteiligungen von Staaten müssen entsprechend des Durchschnittspreises von CO₂-Emissionen im Kyoto-Prozess berücksichtigt werden. Dabei gilt es eine Kostenäquivalenz, keine Effektivitätsäquivalenz festzulegen, um eine systematische Bevorzugung von CE-Maßnahmen über CO₂-Emissionsreduktionen zu vermeiden (Vermeidung von moral hazard). Dementsprechend muss ein Preisübersetzungsmechanismus installiert werden, mit dem die u. U. höhere Effektivität von CE-Maßnahmen ausgeglichen wird. Die Kostenbeteiligungen von Staaten bei CE-Maßnahmen sollten also nicht hinsichtlich ihres direkten Klimaeffekts bemessen werden, sondern dadurch, wie viel derselbe Mitteleinsatz im Falle der Reduktion von Treibhausgasen erbracht hätte. Damit könnte eine systematische Bevorzugung von kompensierenden SRM/TRM-Maßnahmen über CO₂-Emissionsreduktionsmaßnahmen bzw. CDR Maßnahmen und die damit verbundene Fokussierung auf SRM-Maßnahmen und Vernachlässigung von Reduktionsmaßnahmen vermieden werden.

Die Umsetzung der dezentralen Air Capture, der Beschleunigung der natürlichen Verwitterung und der Erhöhung der Rückstrahlungskraft von Hausdächern könnten, wie es bei der Aufforstung²³ bereits der Fall ist, gleichfalls auf Kyoto-Reduktionen angerechnet werden.²⁴ Dabei sollte prinzipiell der Klimaeinfluss einer Maßnahme im Vordergrund stehen, so dass das Portfolio von klimawirksamen Maßnahmen, deren Umsetzung auf Kyoto-Reduktionen anrechenbar ist, zukünftig gemäß einer einheitlichen Metrik erweitert werden kann. Bezüglich der Beteiligung privatwirtschaftlicher Akteure an der Umsetzung von CE-Maßnahmen gilt es zu bedenken, dass ohne staatliche Investitionen in eine CE-Maßnahme bzw. gesetzliche Regelungen zum Handel mit Emissionszertifikaten kein Anreiz für Unternehmen besteht, in diesem Bereich tätig zu werden. Die Einbindung privatwirtschaftlicher Akteure in die Umsetzung von CE-Maßnahmen muss daher gezielt stattfinden und im Rahmen der Regulierungsarchitektur verregelt werden.

Im Falle des einseitigen Ausstiegs eines Staates aus einer laufenden, multilateral durchgeführten CE-Maßnahme soll dieser dazu verpflichtet sein, seine Anstrengungen

²³ Nationale Aufforstungsmaßnahmen können im Rahmen des Kyoto-Protokolls auf Emissionsreduktionsverpflichtungen angerechnet werden. Bei zustande kommen eines internationalen Emissionshandelsschemas soll dies auch für in anderen Ländern finanzierte Aufforstungsmaßnahmen gelten.

²⁴ Ähnlich die Royal Society: "A question for all CDR methods is whether they will be eligible for certification under the KP (or its successor instrument) under the clean development mechanism or joint implementation" (Royal Society 2009: 41).

zur **Emissionsreduktion signifikant zu erhöhen**. Das Ziel einer solchen Verpflichtung besteht darin, dass die Klimaerwärmung im Falle einer Termination einer CE-Maßnahme drastisch beschleunigt werden könne. Die Risiken, die mit einer „on/off“-Politik verbunden sind, sollten also denjenigen aufgebürdet werden, die die CE-Maßnahmen betreiben und nicht der Allgemeinheit. Damit soll dem Terminationsproblem entgegengewirkt werden.

Für den Fall eines multilateralen Einsatzes von CE soll eine Höchstgrenze festgelegt werden, die bei der Veränderung der Strahlungsbilanz nicht überschritten werden darf (z.B. 1 W/m²). Dies würde ebenfalls das Terminationsproblem zu einem gewissen Grad entschärfen und zudem das Ausmaß potentiell auftretender unvorhergesehener klimatischer Effekte mindern.

Herangehensweisen, welche nicht auf das Herstellen eines multilateralen Kooperationsprozesses abzielen, sind in diesem Zusammenhang auch kaum als „second best“ Lösungen zu bezeichnen: nur die Verregelung im Rahmen eines globalen Klimaregimes vermag die CE-Thematik so mit den Verpflichtungen zur Emissionsreduktion zu verknüpfen, dass „moral hazard“ und das Terminationsproblem umgangen werden können. Auch das Bestehen eines „slippery slope“ bei der Erforschung von CE bedingt die Notwendigkeit einer multilateralen Verregelung. Erforschung und Einsatz außerhalb eines globalen Klimaregimes wären somit keine „second best“ Lösung, sondern vielmehr ein „worst case“. Eine Minimallösung, welche sich außerhalb der von uns vorgeschlagenen Verregelungsarchitektur bewegt, könnte daher allenfalls eine Verregelung in einer neu zu schaffenden Institution sein, deren Mitgliedschaft offen ist. Somit müssten nicht alle Mitglieder des UNFCCC an der Verregelung von CE teilnehmen. Es wäre jedoch von größter Bedeutung, dass eine Vielzahl südlicher Staaten sich an einer solchen Institution beteiligt. Vorbild könnten hierbei die *Mitgliedschaftsregeln* der IAEO sein. Die IAEA ist keine Sonderorganisation der Vereinten Nationen. Sie besteht aus einer jährlich tagenden Generalversammlung und einem Gouverneursrat, der aus Vertretern von 35 Mitgliedsstaaten besteht. Ein permanent bestehendes Sekretariat ist mit dem Tagesgeschäft betraut.

Als Ergebnis kann also festgehalten werden, dass eine institutionelle Einbettung von CE-Forschung und CE-Maßnahmen wünschenswert ist, welche eine ausreichende internationale und transnationale soziale Akzeptanz ermöglicht und sie mit den vorhandenen Umweltregelungen so verbindet, dass kontraproduktive Effekte vermieden werden. Hierzu

wurde ein Vorschlag erarbeitet, welcher die Schaffung einer CE-Agentur, das Festschreiben eines zeitlich befristeten Moratoriums von CE-Einsätzen, einen zweistufigen Evaluationsprozess der Möglichkeiten, Kosten und Gefahren von CE-Einsätzen, den Beschluss von Normen und Regeln durch die Vertragsstaaten des UNFCCC, Kostenbeteiligungen von Staaten entsprechend des Durchschnittspreises von CO₂-Emissionen im Kyoto-Prozess, das Anrechnen der Umsetzung von Maßnahmen mit wünschenswertem Klimaeinfluss auf Kyoto-Reduktionsverpflichtungen gemäß ihrer Klimawirksamkeit, das Festschreiben der Verpflichtung eines Staates zu signifikanten Emissionsreduktionen, sollte dieser aus einer laufenden, multilateral durchgeführten CE-Maßnahme aussteigen, sowie das Festschreiben einer Höchstgrenze für Veränderungen der Strahlungsbilanz vorsieht. Eine „second best“ Lösung, welche die hohen Anforderungen einer multilateralen Verregelung dieser Art umgeht, kommt einem „worst case“ bereits sehr nahe: es muss befürchtet werden, dass sich in einem solchen Fall „moral hazard“, „slippery slope“ und das Terminationsproblem vollständig manifestieren. Eine Minimallösung wäre daher allenfalls nach dem Vorbild der Mitgliedschaftsregeln der IAEO denkbar. Hier wäre nicht die Teilnahme aller Mitgliedsstaaten des UNFCCC gefordert, wobei diese Lösung vor allem bei Abwesenheit der südlichen Staaten Gefahr laufen würde, einem Legitimitätsmangel ausgesetzt zu sein.

5. Literatur

Angel, Roger (2006) 'Feasibility of cooling the Earth with a cloud of small spacecraft near the inner Lagrange point (L1)', in *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103, 46, pp 17184-17189.

Asilomar Scientific Organizing Committee (2010) *The Asilomar Conference Recommendations on Principles for Research into Climate Engineering Techniques*, Washington DC: Climate Institute.

Barrett, Scott (2008) 'The Incredible Economics of Geoengineering', in *Environmental and Resource Economics* 39, pp 45-54.

----- (2009) *Geoengineering's Role in Climate Change Policy*, Unpublished Working Paper.

Barrett, Scott (2010) *Geoengineering's Governance*, Hearing at the US House of Representatives Committee on Science and Technology on 18 March 2010.

Biermann, Frank, Pattberg, Philipp and Zelli, Fariborz (2010) (eds.): *Global Climate Governance Beyond 2012: Architecture, Agency and Adaptation*, Cambridge: Cambridge University Press.

Biermann, Frank and Siebenhüner, Bernd (2009) (eds.) *Managers of global change: the influence of international environmental change*, Cambridge, Mass: MIT Press.

Beck, Ulrich (2008) *World at Risk*, Cambridge: Polity Press.

Breitmeier, Helmut, Young, Oran and Zürn, Michael (2006) *Analyzing International Environmental Regimes: From Case Study to Data Base*, Cambridge, MA: MIT Press.

Bodansky, Daniel (1996) 'May We Engineer the Climate?' in *Climatic Change* 33, pp 309-321.

Bower, Keith, Choularton, Tom, Latham, John, Sahraei, Jalil and Salter, Stephen (2006) 'Computational assessment of a proposed technique for global warming mitigation via albedo-enhancement of marine stratocumulus clouds', in *Atmospheric Research* 82, 1-2, pp 328-336.

Caldeira, Ken and Keith, David (2010) 'The Need for Climate Engineering Research', in *Issues in Science and Technology*, Fall Issue, pp 57-62.

Carlin, Alan (2007) 'Implementation and Utilization of Geoengineering for Global Climate Change Control', in *Sustainable Development Law and Policy* 7, 2, pp 56-58.

Cline, William R. (2007) *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Washington, DC: Center for Global Development.

Davies, Gareth (2009) *Law and Policy Issues of Unilateral Geoengineering: Moving to a Managed World*, Unpublished Working Paper.

ETC Group (2009b) *Geoengineering's Governance Vacuum: Unilateralism and the Future of the Planet*, The ETC Group.

----- (2010a) *Geopiracy: The Case Against Geoengineering*, ETC Group.

----- (2010b) *Geoengineering: Gambling with GAIA*, ETC Group.

----- (2010c) *Geoengineering Moratorium at UN Ministerial in Japan. Risky Climate Techno-fixes Blocked*, abrufbar unter <http://www.etcgroup.org/en/node/5227>, abgerufen am 07. März 2011.

----- (2010d) *The Geoengineering Moratorium under the UN Convention on Biological Diversity*, ETC Group.

Finnemore, Martha und Sikkink, Kathryn (1998) "International Norm Dynamics and Political Change", in *International Organization* 52, 4, pp 887-917.

Goodin, Robert E. (ed.) (1996) *The Theory of Institutional Design*, Cambridge: Cambridge University Press.

Haas, Peter, Keohane, Robert, and Levy, Marc (1993) *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Environmental Protection*, Cambridge, MA: MIT Press.

HOME (2011a) *What are the aims of Hands Off Mother Earth Campaign?*, abrufbar unter <http://www.handsoffmotherearth.org/about/aims/>, abgerufen am 7. März 2011.

----- (2011b) *What is Geoengineering?*, abrufbar unter <http://www.handsoffmotherearth.org/learn-more/what-is-geoengineering/>, abgerufen am 7. März 2011

----- (2011c) *Organisations*, abrufbar unter <http://www.handsoffmotherearth.org/organisations/>, abgerufen am 07. März 2011

----- (2011d) Biochar, abrufbar unter <http://www.handsoffmotherearth.org/learn-more/what-is-geoengineering/biochar/>, abgerufen am 07. März 2011.

House of Commons (2010) The Regulation of Geoengineering: Report, together with formal minutes, oral and written evidence, House of Commons Science and Technology Committee.

Keith, David (2000) 'Geoengineering the Climate: History and Prospect', in Annual Review of Energy and the Environment 25, pp245-284.

----- (2010a) 'Engineering the Planet', in Schneider, Stephen H., Armin Rosencranz, Michael D. Mastrandrea and Kristin Kuntz-Duriseti (ed) Climate Change Science and Policy, Washington, DC: Island Press, pp 494-501.

----- (2010b) 'Photophoretic levitation of engineered aerosols for geoengineering', in Proceedings of the National Academy of Sciences 107, 38, pp 16428-16431.

Keohane, Robert O. (1984) After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy, Princeton: Princeton University Press.

Klepper, Gernot und Rickels, Wilfried (2011 i.E.) Wirtschaftswissenschaftliche und ökonomische Aspekte, Sondierungsstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Koremenos, Barbara, Lipson, Charles and Snidal, Duncan (2001) 'The Rational Design of International Institutions', in International Organization 55, 4, pp 761-799.

Krämer, Andreas (2010) 'Schöner Leben im Labor? Geo-Engineering und das Recht, die Welt zu verändern', in Internationale Politik 65, 1, pp 70-75.

Kravitz, Ben, Robock, Alan, Bouchier, Oliver, Schmidt, Hauke, Taylor, Karl, Stenchikov, Georgiy, and Schulz, Michael (2011) 'The Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)', in Atmospheric Science Letters 12, pp 162-167.

Lane, Lee (2010) 'Plan B: The last best hope for containing climate change', in Milken Institute Review 12, 3.

Latham, John (1990) 'Control of Global Warming?' in Nature 347, pp 339-340.

----- (2002) 'Amelioration of global warming by controlled enhancement of the albedo and longevity of low-level maritime clouds', in Atmospheric Science Letters 3, 2-4, pp 52-58.

Lenton, Tim M., Held, Hermann, Kriegler, Elmar, Hall, Jim W., Lucht, Wolfgang, Rahmstorf, Stefan, and Schellnhuber, Hans Joachim (2008) 'Tipping elements in the Earth's climate system', in *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 6, pp 1786-1793.

Lenton, Tim M. and Vaughan, Naomi E. (2009) 'The Radiative Forcing Potential of Different Climate Engineering Options', in *Atmospheric Chemistry and Physics* 9, pp 5539-5561.

McClellan, Justin, Sisco, James, Suarez, Brandon and Keogh, Greg (2010) *Geoengineering Cost Analysis*, Aurora Flight Sciences Corporation.

Miles, Edward, Underdal, Arild, Andresen, Steinar (2001) *Environmental Regime Effectiveness: Confronting Theory with Evidence*, Cambridge, MA: MIT Press.

Mitchell, David L. and Finnegan, William (2009) 'Modification of cirrus clouds to reduce global warming', in *Environmental Research Letters* 4, 8pp.

Mitchell, Ronald B., Clark, William C., Cash, David W. and Dickson, Nancy M. (2006) (eds.) *Global Environmental Assessments: Information and Influence*, Cambridge, Mass: MIT Press.

Oleson, Keith W., Bonan, Gordon B., and Feddema, Johannes (2010) 'Effects of white roofs on urban temperature in a global climate model', in *Geophysical Research Letters* 37, 7pp.

Ornstein, Leonard, Aleinov, Igor and Rind, David (2009) 'Irrigated afforestation of the Sahara and Australian Outback to end global warming', in *Climatic Change* 97, pp 409-437.

Ostrom, Elinor (1990) *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge: Cambridge University Press.

Proelß, Alexander und Güssow, Kerstin (2011 i.E.) *Relevante Instrumente und Institutionen des internationalen Rechts, Sondierungsstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*.

Rajagopal, Balakrishnan (2003) *International Law From Below: Development, Social Movements and Third World Resistance*, Cambridge: Cambridge University Press.

Rasch, Philip J., Crutzen, Paul J., and Coleman, Danielle B. (2008) 'Exploring the geoengineering of climate using stratospheric sulphate aerosols: The role of particle size', in *Geophysical Research Letters* 35, 6 pp.

Ricke, Katharina, Morgan, M. Granger, Apt, Jay, Victor, David G., and Steinbrunner, John (2008) *Unilateral Geoengineering, Non-technical Briefing Notes for a Workshop at the Council on Foreign Relations.*

Robock, Alan (2008) '20 Reasons Why Geoengineering May Be a Bad Idea', in *Bulletin of the Atomic Scientists* 64, 2, pp 14-18, 59.

Robock, Alan, Marquardt, Allison, Kravitz, Ben, and Stenchikov, Georgiy (2009) 'Benefits, Risks and Costs of Stratospheric Geoengineering', in *Geophysical Research Letters* 36.

Royal Society (2009) *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, The Royal Society.

Salter, Stephen, Sortino, Graham and Latham, John (2008) 'Sea-going hardware for the cloud albedo method of reversing global warming', in *Philosophical Transactions of the Royal Society* 366, pp 3989-4006.

Schelling, Thomas C. (1960) *The Strategy of Conflict*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

----- (1996) 'The Economic Diplomacy of Geoengineering', in *Climatic Change* 33, pp 303-307.

Simon, Nils (2010) *Internationale Umweltgovernance für das 21. Jahrhundert*, SWP-Studie, Berlin.

Tarrow, Sidney (2005) *The New Transnational Activism*, Cambridge: Cambridge University Press.

Tarrow, Sidney and della Porta, Donatella (2005) *Transnational Protest and Global Activism*, Lanham MD: Rowman and Littlefield.

Underdal, Arild and Young, Oran (eds.) (2004) *Regime Consequences: Methodological Challenges and Research Strategies*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

United Nations Environmental Program (2010) Decision adopted by the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity at its tenth meeting, X/33. Biodiversity and climate change, abrufbar unter <http://www.cbd.int/climate/doc/cop-10-dec-33-en.pdf>, abgerufen am 27. April 2011.

Victor, David G. (2008) 'On the regulation of geoengineering', in *Oxford Review of Economic Policy* 24, 2, pp 322-336.

Virgoe, John (2009) 'International Governance of a Possible Geoengineering Intervention to Combat Climate Change', in *Climatic Change* 95, pp 103-119.

Wiertz, Thilo and Reichwein, David (2010) 'Climate Engineering zwischen Klimapolitik und Völkerrecht', in *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis* 19, 2, pp 17-25.

Wolftrum, Rüdiger (1984) *Die Internationalisierung staatsfreier Räume: Die Entwicklung einer internationalen Verwaltung für Antarktis*, Berlin: Springer.

Zedalis, Rex (2010) 'National Academy of Sciences' Idea of Geoengineering', in *European Energy and Environmental Law Review* 19, 1, pp 18-32.

Zürn, Michael (1992) *Interessen und Institutionen in der internationalen Politik: Grundlegung und Anwendung des situationsstrukturellen Ansatzes*, Opladen: Leske + Budrich.

Zürn, Michael (1998) *Regieren jenseits des Nationalstaates*, Frankfurt: Suhrkamp.

Zürn, Michael and Ecker-Ehrhardt, Matthias (2011 forthcoming) (eds) *Gesellschaftliche Politisierung und Internationale Institutionen*, Berlin: Suhrkamp.

Impressum

Climate Engineering: Internationale Beziehungen und politische Regulierung

Herausgeber

Michael Zürn

Autoren

Michael Zürn, Stefan Schäfer

Grafische Gestaltung des Titelbilds

Rita Erven

Berlin, 2011

Diese Studie wurde im Auftrag des BMBF erstellt. Das BMBF hat das Ergebnis der Studie nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

Alle in dieser Studie veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Das gilt auch gegenüber Datenbanken und ähnlichen Einrichtungen. Die Reproduktion - ganz oder in Teilen - durch Nachdruck, fototechnische Vervielfältigung oder andere Verfahren, auch Auszüge, Bearbeitungen sowie Abbildungen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Herausgebers. Alle übrigen Rechte vorbehalten.

© 2011, Michael Zürn