

# Gezielte Eingriffe in das Klima?

## Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering

### Zusammenfassung für Entscheidungsträger

#### Herausgeber:

Wilfried Rickels, Gernot Klepper und Jonas Dovern

#### Autoren:

Gregor Betz, Nadine Brachatzek, Sebastian Cacean, Kerstin Güssow,  
Jost Heintzenberg, Sylvia Hiller, Corinna Hoose, Gernot Klepper,  
Thomas Leisner, Andreas Oschlies, Ulrich Platt, Alexander Proelß,  
Ortwin Renn, Wilfried Rickels, Stefan Schäfer, Michael Zürn

**Zitierung:** Rickels, W.; Klepper, G.; Dovern, J.; Betz, G.; Brachatzek, N.; Cacean, S.; Güssow, K.; Heintzenberg J.; Hiller, S.; Hoose, C.; Leisner, T.; Oschlies, A.; Platt, U.; Proelß, A.; Renn, O.; Schäfer, S.; Zürn M. (2011): Gezielte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering. Zusammenfassung für Entscheidungsträger der Sondierungsstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Zusammenfassung für Entscheidungsträger

## CLIMATE ENGINEERING: GEZIELTE EINGRIFFE IN DAS KLIMASYSTEM

Climate Engineering umfasst sowohl Technologien zur ursächlichen Rückführung als auch Technologien zur symptomatischen Kompensation des anthropogenen Klimawandels. Die ersten werden als Carbon Dioxide Removal (CDR) bezeichnet, da die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration gesenkt wird; die zweiten werden als Radiation Management (RM) bezeichnet, da die Strahlungsbilanz und damit die Temperatur direkt beeinflusst wird. CDR-Technologien zielen darauf ab durch biologische, chemische oder physikalische Prozesse atmosphärisches CO<sub>2</sub> durch den Ozean oder die terrestrische Biosphäre aufnehmen zu lassen bzw. direkt geologisch zu speichern. Bei RM-Technologien wird entweder die kurzweilige Sonneneinstrahlung auf die Erde reduziert bzw. deren Reflektion erhöht oder die langwellige thermische Abstrahlung ins Weltall erhöht.

## STAND DER DISKUSSION ZU CLIMATE ENGINEERING

Die Forschung und die gesellschaftliche Diskussion über Climate Engineering befinden sich in einem frühen Stadium. Während Climate Engineering in der Öffentlichkeit so gut wie unbekannt ist, konzentriert sich die Debatte weitgehend auf einen kleinen Kreis überwiegend akademischer Teilnehmer und einige Vertreter von Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und aus der Politik. Die Forschung zu Climate Engineering, die mit sehr allgemeinen Betrachtungen zur Manipulation der Strahlungsbilanz begonnen hatte, umfasst mittlerweile auch die spezifische Erforschung konkreter Technologien. Die bisherige Forschung zeigt, dass CDR- und RM-Technologien bezüglich ihrer Wirkungsweise und Effizienz, aber auch bezüglich ihrer gesellschaftlichen Aspekte sehr unterschiedliche Charakteristika besitzen und deshalb unterschiedlich zu bewerten sind.

## DIMENSIONEN DER DEBATTE ZU CLIMATE ENGINEERING

Die aktuelle Debatte über Climate Engineering ist weitaus komplexer und vielschichtiger, als die Mehrzahl der wissenschaftlichen Publikationen vermuten lässt. Für ein Verständnis der Komplexität, die mit der Erforschung und dem Einsatz von Climate Engineering verbunden sind, ist es erforderlich, die sehr unterschiedlichen Argumente, welche für und wider Climate Engineering vorgebracht werden, zu sammeln, zu strukturieren und zueinander in Bezug zu setzen. Zugunsten des Einsatzes bzw. der Einsatzbereitschaft werden drei Argumente angeführt: CE-Technologien seien effizienter als die herkömmliche Emissionskontrolle; ohne sie ließen sich ambitionierte Klimaziele nicht erreichen; und sie seien als Notfalloption erforderlich, sollte es zu dem in der UNFCCC beschriebenen katastrophalen Klimawandel kommen.

Gegen den Einsatz sprechen neben Bedenken an der Wirksamkeit und möglicherweise mangelnden ökonomischen Effizienz solcher Technologien auch risikoethische, gerechtigkeitsrechtliche sowie eine Reihe weiterer grundsätzlicher (z. B. religiöser) Argumente. Entsprechend wird gefordert, dass die Einsatzbereitschaft einer CE-Technologie die Erforschung aller damit verbundenen Konsequenzen voraussetzen sollte. Nebenfolgen der Forschung und ethische Prinzipien (wie das Verursacheprinzip) werden als Einwände gegen CE-Forschung geltend gemacht. All diese Argumente setzen neben normativen auch verschiedene empirische Annahmen voraus, die sich im Prinzip wissenschaftlich prüfen lassen. Wissenschaftliche Resultate können somit die CE-Debatte informieren, können aber nicht alleine Grundlage für die Entscheidung für oder gegen Climate Engineering sein.

## INTENDIERTE UND NICHT-INTENDIERTE FOLGEN VON CE-TECHNOLOGIEN UND IHRE VORHERSAGBARKEIT

Für die Einschätzung der intendierten Folgen der CE-Technologien ist es entscheidend, an welchen Zielen die Effektivität gemessen wird: Welche anthropogenen Klimaveränderungen sollen überhaupt kompensiert werden? Und wie schnell sollen diese Klimaveränderungen korrigiert werden? Gemessen an dem Ziel, die globale Durchschnittstemperatur vergleichsweise schnell abzusenken, erscheinen einige RM-Technologien prinzipiell effektiv zu sein. Berücksichtigt man aber auch andere Klimaveränderungen wie die Verschiebung von Niederschlagsmustern oder die Ozeanversauerung, sind diese Technologien weniger bzw. nicht effektiv. Darüber hinaus muss man berücksichtigen, dass eine nachhaltige Absenkung der Temperatur durch RM-Technologien unter Umständen eine Fortführung über sehr lange Zeiträume erfordert, weil sich die Treibhausgas- und vor allem die CO<sub>2</sub>-Konzentration auf natürlichem Wege nur sehr langsam reduziert. Nur wenn die RM-Technologien durch eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Konzentration unterstützt werden, wäre es möglich, sie auch früher wieder einzustellen ohne dabei einen abrupten Anstieg der Temperatur zu verursachen. Die ursächliche Rückführung des Klimawandels und damit die langfristige Korrektur anthropogener Klimaveränderungen lassen sich nur durch CDR-Technologien erreichen, die allerdings keine schnelle Absenkung der Temperatur erlauben.

Für die Einschätzung der nicht-intendierten Folgen bzw. Nebenwirkungen der CE-Technologien ist es wichtig zu berücksichtigen, welche Stoff- und Energieströme durch die Technologie in welchem Ausmaß beeinträchtigt werden. Grundsätzlich kann man feststellen, dass die Gefahr nicht-intendierter Folgen umso größer ist, je großskaliger die Technologie eingesetzt wird, je sensibler die betroffenen Stoffkreisläufe reagieren und je länger sie beeinflusst werden. Der Einsatz von RM-Technologien stellt grundsätzlich einen Eingriff in die Strahlungsbilanz dar, bei der die treibhausgasinduzierte Verminderung der langwelligen Abstrahlung durch eine entsprechende Verminderung der kurzwelligen Einstrahlung ausgeglichen werden soll. Wie das hoch rückgekoppelte Erdsystem auf diese unvollkommene Kompensation reagiert und welche grundsätzlichen Nebeneffekte hierdurch im Klimasystem, in anderen Stoffkreisläufen und in der Biosphäre entstehen können, ist bisher kaum erforscht. Grundsätzlich haben damit alle RM-Technologien ein größeres Potenzial als CDR-Technologien, unvorhersehbare Nebeneffekte hervorzurufen. Bei den CDR-Technologien ergeben sich für die einzelnen Technologien die möglichen Nebenfolgen vor allem durch die jeweilige Beeinflussung der Stoffkreisläufe, wobei man davon ausgeht, dass insbesondere die biologischen Kreisläufe sensibel reagieren. Allerdings besteht auch bei CDR-Technologien durch Rückkopplungsprozesse (z. B. durch Veränderung der Albedo) die Möglichkeit unvorhersehbare meteorologische Nebeneffekte hervorzurufen.

Selbst wenn ein Teil dieser Unsicherheiten über die Wirksamkeit und Nebenwirkungen durch weitere Erforschung des Erdsystems reduziert oder gar beseitigt werden kann, macht die Komplexität des Erdsystems Aussagen über die Wirkung und Nebenwirkungen von CE-Maßnahmen, gerade auf regionaler Ebene, schwierig. Auch zukünftige Forschungsanstrengungen im Rahmen von Modellrechnungen und Feldversuchen werden daher kein risikofreies Climate Engineering ermöglichen. Diese allgemeinen Überlegungen treffen natürlich, ganz unabhängig von CE, ebenso auf den anthropogenen Klimawandel zu: Auch dessen globale und insbesondere regionale Auswirkungen sind im Detail schwierig vorherzusagen. Damit werden klimapolitische Entscheidungen auch in Zukunft die Abwägung von Risiken und Unsicherheiten erforderlich machen.

## DIE ROLLE VON FELDVERSUCHEN

Für ein besseres Verständnis der CE-Technologien wären früher oder später großräumige Feldversuche notwendig, die einem tatsächlichen Einsatz der Technologien bereits sehr nahe kommen und die von großangelegten Monitoring-Programmen begleitet sein sollten. Eine zweifelsfreie

Identifizierung und Quantifizierung der Wirkung und der Nebenwirkungen der entsprechenden Maßnahmen würde auch bei einem bestmöglich angelegten Großversuch viele Jahre bis Jahrzehnte dauern. Eine solche Periode – in welcher auch scheinbare Wirkungen und Nebenwirkungen auftraten, die nicht ursächlich mit der Maßnahme zusammenhängen – ohne große gesellschaftliche und politische Belastungen durchzuhalten, dürfte zu einer der Herausforderungen des Climate Engineering zählen.

#### DER INTERNATIONALE RECHTSRAHMEN

Die rechtliche Zulässigkeit von Climate Engineering wird angesichts des überwiegend grenzüberschreitenden Bezugs der Maßnahmen in erster Linie durch die Vorgaben des Völkerrechts bestimmt. Dem Völkerrecht sind bislang keine Normen bekannt, die die Erforschung beziehungsweise den Einsatz von Climate Engineering allgemein und umfassend regeln. Dessen ungeachtet sind einzelne Verträge auf CE-Maßnahmen anwendbar. Vor dem Hintergrund von Kompromisszwängen in den internationalen Beziehungen werden Verträge, die spezifischen Problemen gewidmet sind, oftmals derart „offen“ formuliert, dass von der ursprünglichen Regelungsintention nicht erfasste Entwicklungen später unter die Normen der Verträge subsumiert werden können.

Eine völkerrechtlich verbindliche Definition von Climate Engineering existiert nicht. An die Unterscheidung zwischen RM- und CDR-Maßnahmen werden von Rechts wegen keine konkreten Folgen geknüpft. Die Zulässigkeit von Climate Engineering ist vielmehr für jede einzelne CE-Maßnahme separat auf der Grundlage des Völkervertrags- und Völkergewohnheitsrechts zu beurteilen. Insoweit ist bei allen rechtlichen Unsicherheiten festzustellen, dass insbesondere vor dem Hintergrund der Anforderungen der UNFCCC – erstens – ein allgemeines völkerrechtliches Verbot von Climate Engineering nicht besteht. Die nähere Analyse der einzelnen CE-Technologien lässt – zweitens – den Schluss zu, dass CDR-Maßnahmen tendenziell geringeren rechtlichen Bedenken begegnen als RM-Maßnahmen. Die überwiegende Anzahl aller CE-Technologien setzt – drittens – voraus, dass gebührende Rücksicht auf bestehende Rechte und die territoriale Integrität anderer Staaten genommen wird. Hiervon kann bei rein unilateralem Vorgehen i. d. R. nicht ausgegangen werden, weshalb entsprechende unilaterale Maßnahmen vermutlich unzulässig sind. Insbesondere im Hinblick auf RM-Maßnahmen hängt die rechtliche Beurteilung – viertens – vor allem vom künftigen Umgang mit dem Phänomen der umweltbezogenen Zielkollisionen ab. Vor allem die Entscheidung über das Für und Wider der CE-Forschung beziehungsweise des Einsatzes von Climate Engineering setzt angesichts der bis auf weiteres vorhandenen wissenschaftlichen Unsicherheiten zwangsläufig eine Risikoabwägung voraus, soweit nicht auf internationaler Ebene bestimmte CE-Maßnahmen verboten werden.

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, dass die einer Entscheidung zugrunde liegende Risikoabwägung in einem rechtmäßigen und transparenten Verfahren vorgenommen wird. Dazu sind die allgemeinen völkergewohnheitsrechtlichen Pflichten zur Vornahme von Konsultationen und zur Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen im Kontext des konkret bzw. „am ehesten“ betroffenen Vertrags an die Spezifika der in Rede stehenden CE-Technologien anzupassen und effektiv zu implementieren.

#### INTERNATIONALES POLITISCHES KONFLIKTPOTENZIAL

Im Gegensatz zur Emissionskontrolle, die nur durch eine Übereinkunft einer Vielzahl von Staaten effektiv werden kann, können einige CE-Maßnahmen technisch und finanziell ohne weiteres von einem einzelnen Staat oder einer kleinen Anzahl von Staaten durchgeführt werden. Eine solche Möglichkeit birgt die Gefahr internationaler Konflikte. Die Verheißung einer schnellen und hochwirksamen technischen Lösung, insbesondere durch RM-Maßnahmen, die von einem oder

einigen wenigen Staaten gleichsam stellvertretend für die Menschheit durchgeführt werden können, erbringen gerade die Technologien, die eine besonders vehemente Politisierung und weitreichenden sozialen und politischen Widerstand mit möglicherweise weitreichenden Folgen für den UNFCCC-Prozess erwarten lassen. Vor diesem Hintergrund erscheint eine internationale Koordination des Climate Engineering wünschenswert, um insbesondere international politische Konflikte zu vermeiden.

Eine institutionelle Einbettung von CE-Forschung und CE-Maßnahmen in ein internationales Regime wäre eine Grundlage für eine ausreichende internationale und transnationale soziale Akzeptanz und würde diese mit den vorhandenen Umweltregelungen verbinden, so dass alle klimapolitischen Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden können. Anforderungen an die institutionelle Einbindung sind dabei (i) eine internationale Koordination von Forschung und technischer Evaluierung, (ii) die Schaffung einer unabhängigen Kontrollinstanz, (iii) die Verabschiedung von verbindlichen Richtlinien zum Einsatz von CE-Technologien sowie der Beendigung eines Einsatzes, (iv) die Schaffung einer Metrik zum Vergleichen von Emissionskontrolle und CE-Einsätzen, sowie (v) die Definition von Ausstiegsmodalitäten aus dem CE-Einsatz.

#### KOSTEN VON CE-TECHNOLOGIEN

Der Wissensstand zu den Kosten verschiedener CE-Technologien ist noch rudimentär und mit großen Unsicherheiten behaftet. Die vorliegenden Schätzungen beschränken sich vor allem auf die Betriebskosten einzelner CE-Technologien. Für die meisten Technologien fehlen explizite Schätzungen zu den Aufwendungen für Forschung und Entwicklungen zur Erlangung der Einsatzbereitschaft sowie zu den Investitionsaufwendungen, die mit dem Einsatz verbunden wären. Darüber hinaus werden in den Kostenschätzungen Skalen- und Preiseffekte vernachlässigt, die wahrscheinlich auftreten werden, wenn CE-Maßnahmen in großem Umfang umgesetzt werden. Schließlich existieren noch keine Studien, die sich mit den gesamtwirtschaftlichen Kosten beschäftigen, die durch Nebeneffekte des Einsatzes von CE-Technologien verursacht werden. Trotz der Unsicherheiten über die Nebenfolgen auf das Erdsystem, die sich aus dem begrenzten Verständnis des Erdsystems ergeben, muss davon ausgegangen werden, dass die gesamtwirtschaftlichen Kosten mit der Größenordnung von CE-Maßnahmen steigen. Dies gilt auch für die mit den Nebenfolgen einhergehenden ökonomischen, politischen und sozialen Effekte.

Während die Kosten von CDR-Technologien aufgrund der gleichen Bemessungsgrundlage direkt mit den Kosten der CO<sub>2</sub>-Emissionskontrolle verglichen werden können, ist dies bei RM-Technologien nicht der Fall. Werden zur Kompensation des anthropogenen Strahlungsantriebs RM-Technologien eingesetzt, müssen diese über sehr lange Zeiträume aufrecht erhalten werden, so dass selbst bei sehr geringen jährlichen Kosten, die über die Zeit akkumulierten Kosten von RM-Technologien die Kosten von Emissionskontrolle oder CDR-Technologien übersteigen können. Eine Vergleichsrechnung für unterschiedliche Emissions- und Kompensationsszenarien, die solche langfristigen Aspekte und die Rückkopplung der RM-Technologien auf die natürliche CO<sub>2</sub>-Aufnahme berücksichtigt, liegt noch nicht vor. Entsprechend können im Augenblick nur Aussagen zu den Investitionen und den jährlichen Betriebskosten gemacht werden, während eine Betrachtung der über die Zeit akkumulierten Kosten nicht möglich ist.

#### AUSWIRKUNG VON CLIMATE ENGINEERING AUF DIE EMISSIONSKONTROLLE

Die Veröffentlichungen zu ökonomischen Aspekten des Climate Engineering kommen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von CE-Technologien grundsätzlich von einem Rückgang der Emissionskontrolle begleitet ist, wenn Emissionsminderung, die das gleiche Ziel erreichen würde, höhere Kosten hat als die CE-Maßnahmen. Ob diese Bedingung tatsächlich der Fall ist, kann angesichts

des beschränkten Wissensstands über die gesamtwirtschaftlichen Kosten von Climate Engineering nicht gesagt werden. Zum gleichen Ergebnis, d. h. einer Substitutionalität von Climate Engineering und Emissionskontrolle, kommen einige Studien sogar im Falle der Erforschung. Hier beruht das Argument darauf, dass die Risiken eines abrupten Klimawandels insbesondere durch RM-Maßnahmen abgewendet werden können, und somit eine Absicherung durch besonders intensive Emissionskontrolle nicht mehr nötig ist.

#### ÖFFENTLICHE DEBATTE

Die Sorge darüber, dass es durch die Verfügbarkeit von Climate Engineering zu einem Rückgang der Anstrengungen der Emissionsvermeidung kommt, ist auch in der öffentlichen Debatte präsent. Die Auswertung von Lesermeinungen und Blogs zeigt, dass befürchtet wird, durch den Einsatz bzw. die Verfügbarkeit von Climate Engineering könne der Klimawandel weniger bedrohlich erscheinen. Entsprechend sinke der Druck auf Politiker, sich um geringere Emissionen bzw. die Förderung erneuerbarer Energien zu bemühen. Andererseits zeigen Studien, dass auch der umgekehrte Fall eintreten kann; dass nämlich die Anstrengungen zur Emissionsvermeidung in der Bevölkerung zunehmen könnten, weil die Emissionsvermeidung als das kleinere Übel im Vergleich zu Climate Engineering angesehen würde.

In der soziologischen Forschung gibt es Hinweise darauf, dass sich CE-Kritiker bei Fortschritten in der Entwicklung der CE-Technologien eher klimafreundlicher verhalten würden, während CE-Befürworter dann eher zu einem sorgloseren Umgang mit Treibhausgasemissionen tendieren würden. Inwiefern dies aber bei steigendem Bekanntheitsgrad von CE-Technologien in der Gesellschaft zu einer generellen Änderung der Einstellungen zum Klimaschutz führen würde, ist derzeit unklar. Zu solchen spieltheoretisch begründeten Reaktionen könnte es auch in den zwischenstaatlichen Beziehungen kommen. Dabei beschränkt sich diese Argumentation jeweils nicht nur auf den Einsatz, sondern gilt auch für die Erforschung von Climate Engineering, da bereits die Entscheidungen über die Erforschung und über den Grad der Emissionskontrolle nicht unabhängig voneinander sind.

#### KOMMERZIELLE KONTROLLE DES CE-EINSATZES

Bei der Erforschung neuer Technologien besteht grundsätzlich die Gefahr, dass beteiligte Akteure Eigeninteressen entwickeln und den Einsatz der Technologie vorantreiben, auch wenn dies objektiv nicht geboten erscheint. In der Öffentlichkeit wird die Gefahr, dass es zu einer solchen Verselbständigung des Prozesses im Falle des Climate Engineering kommt, häufig artikuliert. Derzeit lässt sich allerdings für die überwiegende Anzahl von CE-Technologien keine Möglichkeiten für eine kommerzielle Verwertung der Verfahren und Ergebnisse feststellen. Diese würde nur dadurch möglich, wenn durch staatliche Regulierung die entsprechenden Anreize geschaffen werden. Gibt es entsprechende Märkte, wie zum Beispiel für CO<sub>2</sub>, oder werden ordnungsrechtliche Vorgaben zur Umsetzung von Climate Engineering gemacht, liegt es im Bereich der entsprechenden Rechtsprechung bzw. Wettbewerbskontrolle zu verhindern, dass es zu einer kommerziellen Kontrolle über das Ausmaß und die Umsetzung von CE-Maßnahmen kommt.

#### IRREVERSIBILITÄT VON CE-MASSNAHMEN

Grundsätzlich besteht bei jeder CE-Technologie die Möglichkeit ohne gravierende Auswirkungen den Einsatz einer Maßnahme zu beenden, wenn der Ausstieg gleitend und hinreichend langsam vonstattengeht. Die genauen Konditionen, zu denen dies möglich ist, hängen davon ab, in welchem Umfang und wie nachhaltig das Erdsystem durch das Climate Engineering beeinflusst wurde. Bei einem Einsatz von Air Capture, vorausgesetzt eine sichere Lagerung ist verfügbar, werden

beispielsweise – anders als bei RM-Maßnahmen – relativ wenige Stoffkreisläufe beeinflusst. Es ist zu vermuten, dass in ähnlicher Weise der Einsatz der meisten CDR-Technologien ohne allzu starke Einflüsse auf das Erdsystem abgebrochen werden kann. Geschieht der Ausstieg dagegen im Fall von RM-Maßnahmen zu schnell, bzw. käme es zu einer ungeplanten längeren Unterbrechung, kann ein rapider Klimawandel eintreten, der möglicherweise sogar stärker wäre als jener, der ohne vorherigen RM-Einsatz entstanden wäre. Dabei sollte in der Diskussion über eine mögliche Reversibilität von CE-Eingriffen in das Klimasystem berücksichtigt werden, dass auch die unverminderten Emissionen von CO<sub>2</sub> zu vermutlich irreversiblen Veränderungen führen.

#### NOTWENDIGKEIT EINES INTEGRIERTEN ANSATZES

Unabhängig davon, welche Rolle einzelne CE-Technologien in der Zukunft im Klimaschutz spielen, ist offensichtlich, dass die Diskussion um und die Erforschung von CE-Technologien nicht isoliert betrachtet werden können. Alleine die Bewertung von CE-Maßnahmen wird zum Beispiel dadurch bestimmt, wie stark andere Maßnahmen des Klimaschutzes umgesetzt werden. Neue Forschungsergebnisse heben immer deutlicher hervor, dass den unterschiedlichen anthropogenen Einflüssen auf die Strahlungsbilanz wie Treibhausgas- und Aerosolemissionen aber auch Landnutzungsänderungen sowie deren Wechselwirkungen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Damit werden aber auch die politischen Entscheidungen zum Klimaschutz alle anthropogenen Einflüsse auf das Klima berücksichtigen müssen. Dies bedeutet, dass auch die unterschiedliche Klimawirkung anthropogener Aerosolemissionen und Oberflächenveränderungen, seien sie hervorgerufen durch CE-Maßnahmen oder als Nebeneffekte der wirtschaftlichen Entwicklung, in einer integrativen Klimapolitik Berücksichtigung finden sollten.

Es zeigt sich, dass die weitere Erforschung des Erdsystems die Voraussetzung nicht nur für ein besseres Verständnis der intendierten Wirkungen von CE-Maßnahmen, sondern auch für eine Quantifizierung der Nebeneffekte ist. Dieses Wissen ist Voraussetzung für die gleichermaßen wichtige Erforschung der einzelnen Wirkungsketten an Land und in den Ozeanen. Das bessere Verständnis dieser Auswirkungen kann dann Grundlage für die juristische, wirtschafts- und gesellschaftswissenschaftliche Analyse der Vor- und Nachteile eines Einsatzes von CE-Maßnahmen sein. Insbesondere die gesellschaftlichen Implikationen des Einsatzes oder schon der Erforschung von CE-Technologien sind zum Teil in analytischen Studien qualitativ erfasst, aber in ihrem Ausmaß noch weitgehend unbekannt. Diese ersten Studien zeigen, dass Auswirkungen auf die nationalen und internationalen Politiken zur Emissionskontrolle zu erwarten sind. Es ist deshalb wichtig, diese Aspekte auch in ihrer Bedeutung quantitativ zu erfassen.

Die natürlichen Auswirkungen des Klimawandels und die gesellschaftlichen Zusammenhänge bei den internationalen Bemühungen um einen wirksamen Klimaschutz haben in der Forschung breiten Raum gefunden. Dagegen ist bei den CE-Maßnahmen der Wissensstand zu den Wirkungsmechanismen in natürlichen Systemen und in den gesellschaftlichen Prozessen noch vergleichsweise gering. Die Forschung hat gezeigt, dass Climate Engineering und Emissionskontrolle nicht isoliert voneinander betrachtet werden können. Die Tatsache, dass Climate Engineering zunehmend in den akademischen und gesellschaftlichen Diskurs Einzug nimmt, macht es umso wichtiger, alle Aspekte des Climate Engineering sowie deren Interaktion mit der Emissionskontrolle zu erforschen. Das Wissen insbesondere über die Nebeneffekte von CE-Technologien, das heißt deren ökologische, wirtschaftliche und soziale Dimensionen ist noch zu gering, um Aussagen über die Rolle von Climate Engineering in einem integrierten klimapolitischen Konzept zur Einhaltung des 2°C-Zieles zu erlauben.

## Impressum

### Gezielte Eingriffe in das Klimasystem?

#### Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering.

Zusammenfassung für Entscheidungsträger

#### HERAUSGEGEBEN VON

Wilfried Rickels, Gernot Klepper und Jonas Dovern  
Kiel Earth Institute, Düsternbrooker Weg 2, 24105 Kiel  
[www.kiel-earth-institute.de](http://www.kiel-earth-institute.de)

#### AUTOREN

Betz, Gregor; Brachatzek, Nadine; Cacean, Sebastian; Güssow, Kerstin; Heintzenberg, Jost;  
Hiller, Sylvia; Hoose, Corinna; Klepper, Gernot; Leisner, Thomas; Oschlies, Andreas;  
Platt, Ulrich; Proelß, Alexander; Renn, Ortwin; Rickels, Wilfried; Schäfer, Stefan;  
Zürn, Michael

#### GRAFISCHE GESTALTUNG

Rita Erven, Kiel

Kiel, September 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 Instituts. Alle übrigen Rechte vorbehalten.

© 2011, [Kiel Earth Institute](http://www.kiel-earth-institute.de)