

## 2 Historischer und wissenschaftlicher Hintergrund

Ein Blick in die Technikgeschichte der Menschheit offenbart, dass großskalige Eingriffe in das Erdsystem – auch „Terraforming“ (Keith 2000: 253) genannt – keineswegs neu sind, sondern die Planung technologischer Großprojekte bis ins 19. und 20. Jahrhundert zurückreicht. Oftmals handelte es sich bei diesen Vorhaben um „weiße Elefanten“ (Van Laak 1999), d. h. um Projekte, die entweder nicht realisiert wurden oder weit hinter den Ambitionen ihrer Konstrukteure zurückblieben.<sup>17</sup> Auch Eingriffe in das Klima wurden von Wissenschaftlern bereits in der Vergangenheit mehrfach in Betracht gezogen. Das folgende Kapitel gibt einen Einblick in die wechselhafte Historie der Wetter- und Klimamodifikation.

### 2.1 Zur Geschichte der Wetter- und Klimamodifikation

Die historischen Wurzeln des CE gehen auf den alten Menschheitstraum von der künstlichen Steuerung und Kontrolle des Wetters zurück. Konkret ist unter dem Begriff der „Wettermodifikation“ die direkte Beeinflussung lokaler und temporär begrenzter Wetterphänomene<sup>18</sup> zu verstehen, die beispielsweise durch die Manipulation von Wolken oder Niederschlagsmustern hervorgerufen wird (vgl. Weiser et al. 2012: 11). In die Geschichte der Wettermodifikation, die sich nach dem Historiker James Fleming auch mit den Worten „promise and hype“

---

<sup>17</sup> Exemplarisch für ein solches gescheitertes Großprojekt wird in der Literatur immer wieder auf das gigantische Staudammprojekt „Atlantropa“ aus dem Jahr 1927 verwiesen (vgl. Sardemann 2010). Das Vorhaben geht auf die Idee des deutschen Architekten Hermann Sörgel zurück, der durch einen Dammbau vor der Straße von Gibraltar das Mittelmeer vom Atlantik abtrennen wollte, um auf diese Weise neuen Lebensraum zu schaffen (vgl. Van Laak 1999: 7).

<sup>18</sup> Die wesentlichen Unterschiede zwischen technikbasierten Eingriffen in das Klima und Methoden der Wettermodifikation liegen in der räumlichen und zeitlichen Tragweite der Maßnahmen: Während sich Klimaveränderungen über Zeiträume von Jahrzehnten vollziehen, bringen Wettermanipulationen kurzfristige, kleinräumige Veränderungen in der Atmosphäre mit sich (vgl. Wiertz 2010: 17). Dennoch haben technikgesteuerte CE-Eingriffe und Maßnahmen der Wettermodifikation gemeinsame historische Wurzeln. So können großskalige Technologien der Wolkenimpfung sowohl zur Wetterkontrolle als auch zur Klimaveränderung eingesetzt werden (vgl. Weiser et al. 2012: 15).

(Fleming 2006: 3) charakterisieren lässt, ist vor allem das weitestgehend spekulative Vorhaben des US-Amerikaners James P. Espy („Stormy King“) aus dem Jahr 1839 eingegangen. Espy glaubte, durch das Entzünden großer Feuer lokale Aufwinde zu erzeugen, die zur Entstehung von Kumuluswolken und Niederschlägen führen würden (Sardemann 2010: 9).

In den 1940er Jahren kam es zur vielversprechenden Entdeckungen der Wolkenimpfung („cloud seeding“) durch den Chemiker und Nobelpreisträger Irving Langmuir (Fleming 2010: 170). Durch das Versprühen von Silberjodid am Himmel konnte eine Wolke zum Abregnen gebracht und somit künstlicher Niederschlag erzeugt werden. Eine der bisher größten Wettermodifikationsaktivitäten war das US-amerikanische Langzeitprojekt „Stormfury“, das zwischen 1962 und 1983 durchgeführt wurde und darauf ausgerichtet war einen Hurrikan bei seiner Entstehung mit Silberjodid zu impfen, um den Sturm auf diese Weise aufzulösen (vgl. Willoughby et al. 1985: 505).

Die Manipulation des Wetters wurde in der jüngeren Geschichte auch unmittelbar zu Kriegszwecken eingesetzt. Während des Zweiten Weltkriegs experimentierte das nationalsozialistische Deutschland mit künstlichem Nebel, der dazu dienen sollte Piloten feindlicher Flugzeuge die Sicht zu nehmen (vgl. Kössler 2012: 12). Auch die UdSSR hatte schon vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs Interesse an der Wetter- und Klimamodifikation deutlich gemacht und im Jahr 1932 das Leningrad's Institute for Rainmaking gegründet. In den 1950er Jahren erklärten die US-amerikanische Regierungen und auch die UdSSR die Erforschung der Atmosphäre und der Wettermodifikation – die fortan in den USA auch als Wetterkontrolle („weather control“) bezeichnet wurde – zu einem Forschungsschwerpunkt. Auf US-amerikanischer Seite erforschten Wissenschaftler vor allem die Manipulation von Niederschlägen durch Wolkenimpfung, um diese zu militärischen Zwecken, beispielsweise während des Vietnamkriegs im Rahmen der „Operation Popeye“, einzusetzen (Keith 2000: 253). Durch die Impfung von Kumuluswolken mit Silber- und Bleijodid durch die US-Luftwaffe entstanden massive Regenfälle, welche die Versorgungsrouten des Ho-Chi-Minh-Pfads abschnitten und ihn für die gegnerischen Truppen unpassierbar machten (vgl. Lohbeck 2004: 19).

Die Manipulation des Wetters in militärischen Operationen wurde heftig kritisiert. Der Mathematiker und Nuklearwaffenspezialist John von Neumann und sein Kollege Roger Rewell warnten bereits in den 50er Jahren vor den katastrophalen Auswirkungen, die einem Atomkrieg gleichkämen: „Humanity is conducting an unintended, uncontrolled, globally pervasive experiment, whose ultimate consequences could be second only to a global nuclear war“ (von Neumann/Rewell, zit. n. Fleming 2010: 226). Als Reaktion auf die militärische Nutzung der Wettermodifikation in den 1970 Jahren riefen die Vereinten

Nationen die Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Technique (ENMOD) ins Leben. Mit ihr trat 1978 das Verbot in Kraft, Wetter als Kriegswaffe zu missbrauchen (vgl. Bodle/Kraemer 2010: 46).

Der Weg von der Wetter- hin zur Klimamanipulation war nun nicht mehr weit. In den 1960er Jahren veröffentlichten die sowjetischen Forscher Nikolai P. Rusin und Abramova L. Flit einen Essay unter dem Titel „Man versus Climate“, worin sie erstmalig die künstliche Manipulation des Klimas forderten (Rusin/Flit 1960). In ihrer Veröffentlichung hieß es: „if we want to improve our planet and make it more suitable for life, we must alter its climate“ (Rusin/Flit, zit. n. Schneider 1996: 292). Die beiden Autoren schlugen verschiedene technologische Eingriffsmöglichkeiten vor, beispielsweise die Idee, Flüsse aus der Antarktis zu russischen Weizenfeldern hin umzuleiten, die später auch als „entertaining geoengineering schemes“ bezeichnet wurden (ebd.). Wenige Jahre nach Rusin und Flit erschien eine Abhandlung des russischen Klimawissenschaftlers Mikhail Budyko (1977), in welcher er vorschlug eine stratosphärische Partikelschicht auszubringen, um so auf die Erdtemperatur einzuwirken (Budyko 1977). Noch im gleichen Jahr fand der Term „Geoengineering“ erstmalig Verwendung. In dem Beitrag „On Geoengineering and the CO<sub>2</sub> Problem“ des italienischen Physikers Cesare Marchetti wird der Begriff zunächst im Titel genannt (vgl. Marchetti 1977). Allerdings wird er in der restlichen Abhandlung nicht näher definiert.

Im Jahr 1965 wurde CE erstmals als Klimaschutzmaßnahme auf politischer Ebene in Erwägung gezogen. Der Bericht des US-amerikanischen Presidential Science Advisory Committee (PSAC) ging als erste offizielle Stellungnahme zur globalen Erwärmung in die Geschichte ein (vgl. Fleming 2007: 57). In dem unter der Präsidentschaft Lyndon B. Johnsons veröffentlichten Dokument schlugen die Autoren technikgestützte Eingriffe in das Klimasystem vor, um gegen die Erderwärmung vorzugehen: „The possibilities of deliberately bringing about countervailing climatic changes therefore need to be thoroughly explored“ (PSAC 1965: 127).

Die Bekanntheitsgrad der Bezeichnung „geoengineering“ stieg schließlich mit dem Bericht der US-amerikanischen National Academy of Sciences (NAS) aus dem Jahr 1992 weiter an (vgl. Keith 2000: 248). Unter dem Titel „Policy Implications of Greenhouse Warming“ enthielt der NAS-Report auch ein Kapitel, das sich speziell mit den Kosten verschiedener CE-Maßnahmen befasste. Dabei wurden unterschiedliche Technologien wie etwa die Crutzen'sche Sulfatoption, Konzepte der Wolkenimpfung, reflektierende Spiegelemente im All oder auch Aufforstungskonzepte bewertet. Der Bericht präsentiert die ökonomischen Vorteile der Technologien besorgniserregend positiv. So bemerkt

James Fleming kritisch: „the massive report (...) presented geoengineering as one of the cheapest mitigation options, at least in direct costs“ (Fleming 2010: 244-245).

Im Anschluss an den NAS-Report kam es schließlich gegen Ende der 1990er Jahre zu ersten Impulsen, überwiegend aus naturwissenschaftlichen Expertenkreisen, die zu neueren Entwicklungen in der Geschichte des CE führten. Eine kleinere Gruppe europäischer und nordamerikanischer Wissenschaftler der Klima- und Atmosphärenforschung, die von Eli Kintisch auch als „Geoclique“ (Kintisch 2010: 8) bezeichnet wird, wollte die Debatte um künstliche Eingriffe in das Erdsystem vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels wieder neu beleben. Der folgende Abschnitt befasst sich mit den jüngsten Entwicklungen des Forschungsfeldes, die für den Untersuchungszeitraum der vorliegenden Studie ausschlaggebend sind.

## 2.2 Entwicklung des Forschungsfeldes nach 2006

Das rasche Anwachsen der Forschergemeinschaft und die zunehmende Internationalisierung des Forschungsfeldes begannen im Jahr 2006. Ausgangspunkt dieser Veränderungsprozesse war die bereits in der Einleitung erwähnte Veröffentlichung des renommierten Atmosphärenforschers Paul J. Crutzen in der Fachzeitschrift *Climatic Change*. Bereits vier Jahre zuvor hatte Crutzen für Aufsehen in der Wissenschaftsgemeinschaft gesorgt, indem er in einem *Nature*-Artikel angedeutet hatte, dass international akzeptierte „large-scale geoengineering projects“ in Zukunft eine Rolle spielen könnten (Crutzen 2002: 23). In dem 2006 erschienen Editorial Essay mit dem Titel „Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections. A Contribution to Resolve A Policy Dilemma“ verschärfte Crutzen seine Argumentation dahingehend, dass die Einbringung von Sulfataerosolen in der Stratosphäre die wohlmöglichste Option zur Bekämpfung des durch den Klimawandel verursachten Temperaturanstiegs sein könnte, sollten Bemühungen zur Emissionsreduktion scheitern:

„If sizeable reductions in greenhouse gas emissions will not happen and temperatures rise rapidly, then climatic engineering, such as presented here, is the only option available to rapidly reduce temperature rises and counteract other climatic effects“ (Crutzen 2006: 216).

Obwohl Crutzens Veröffentlichung bereits im Vorfeld der Sonderausgabe der *Climatic Change* in Wissenschaftskreisen kontrovers diskutiert wurde (vgl. Kintisch 2010: 57), gelang es ihm mit seiner Publikation die Tür zu einer weiteren Erforschung der Techno-logien weit aufzustoßen. Noch in der gleichen

Schwerpunktausgabe schrieb der Atmosphärenforscher Jeff T. Kiehl in einem Kommentar zu Crutzens Beitrag: „However, as a scientist, I also recognize the importance of exploration of ideas (...). Let the dialogue begin“ (Kiehl 2006: 228). Im Anschluss an die Climatic-Change-Diskussion erfolgte zwischen den Jahren 2006 und 2010 ein signifikanter Anstieg wissenschaftlicher CE-bezogener Publikationen in internationalen Fachjournals und Wissenschaftsmagazinen (vgl. Belter/Seidel 2013:420; The Economist 2010).

Ein Meilenstein in der CE-Forschung stellte die im Sommer 2010 abgehaltene internationale CE-Konferenz im kalifornischen Asilomar dar, anlässlich derer rund hundertfünfzig Wissenschaftler über mögliche Richtlinien und Regeln zur Erforschung der Technologien diskutierten (vgl. MacCracken et al. 2010). Das Organisationskomitee entwickelte ein Abschlusskommuniqué, das auf die Erfordernisse eines Regelwerks im Sinne eines Verhaltenskodex für beteiligte Forscher hinwies und von den Teilnehmern unterzeichnet werden konnte (vgl. Oschlies 2010a: 43). Noch im gleichen Jahr folgte ein weiterer Expertenworkshop in Lissabon, der von Wissenschaftlern in Zusammenarbeit mit dem portugiesischen Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Bildung organisiert wurde. Im Rahmen des Workshops diskutierten internationale Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik unter Chatham House Rules über verschiedene Aspekte einer CE-Erforschung und -Anwendung (vgl. Morgan/Ricke 2010). Im Jahr 2009 veröffentlichte die britische Royal Society den Bericht „Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty“, der das Thema in Europa und Nordamerika weiter publik machte und darüber hinaus in die interessierte Öffentlichkeit und die Medien trug. Ein Jahr später kam es auf Initiative der Royal Society zur Gründung der Solar Radiation Management Governance Initiative (SRMGI), die Vorschläge für eine politische Regulierung der Erforschung und des Einsatzes von SRM-Technologien liefern sollte (vgl. SRMGI 2011).<sup>19</sup> Ebenfalls in 2010 hat die Working Group III des IPCC beschlossen, die Bedeutung von CE für das anthropogene Reaktionsportfolio auf den Klimawandel und dessen mögliche Auswirkungen im fünften Sachstandsbericht zu diskutieren (vgl. Edenhofer et al. 2011).

Auch auf europäischer Ebene hat CE als forschungspolitisches Thema zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen. Im Rahmen der EU wurde CE in verschiedenen Forschungsprogrammen adressiert. Im Zuge des 7. Forschungsrahmenprogramms förderte die Europäische Kommission das 2012 ausgelaufene Forschungsprojekt Implications and Risks of Novel Options to Limit Climate Change (IMPLICC). Im gleichen Jahr startete das neue Projekt EuTRACE in

---

<sup>19</sup> Im Oktober veröffentlichte die Initiative einen weiteren Report, der die Perspektive verschiedener afrikanischer Akteure hinsichtlich einer Regulierung der Erforschung von SRM-Technologien widerspiegelte (vgl. SRMGI 2013).

Potsdam. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über zentrale politische und wissenschaftliche Wegmarken in der Entwicklung des Forschungsfeldes:

<b>Zeitphasen</b>	<b>Ereignisse in CE-Forschung</b>	<b>Entwicklungsstufen</b>
<b>2006</b>	Editorial Essay von Paul J. Crutzen	Disziplinärer Expertendiskurs
<b>03/2009</b>	Asilomar International Conference	
<b>04/2009</b>	Expert Workshop Lisbon	
<b>09/2009</b>	Royal Society Report	Öffnung des Diskurses für Politik und Öffentlichkeit
<b>11/2009+03/2010</b>	Anhörungen des U.S. STC	
<b>01/2010</b>	Anhörung des HoC STC	
<b>3/2010</b>	Konferenz der SRMGI	
<b>10/2010</b>	COP 10 CBD: CE-Moratorium	Internationalisierung der Forschung; öffentlich geförderte, interdisziplinäre Forschungsprojekte
<b>10/2010</b>	Start der britischen Forschungsprojekte SPICE und IAGP	
<b>2012</b>	Start verschiedener Forschungsprojekte in Europa, z. B. EuTRACE, DFG-Sonderschwerpunktprogramm (SPP 1689); Climate Geo-engineering Governance Project (CGG)	
<b>10/2013</b>	Beschluss des Verbots der kommerziellen Eisendüngung durch die Vertragsstaaten des Londoner Protokolls	

*Tabelle 1:* Chronologie der Ereignisse im Forschungsfeld (2006–2013)

Die bis zum Jahr 2011 größte politische Aufmerksamkeit auf nationaler Entscheidungsebene erfuhr CE durch drei Expertenanhörungen des Committee on Science and Technology (CST) des US-Kongresses, die in Kooperation mit dem Wissenschafts- und Technologiekomitee des britischen Unterhauses durchgeführt wurde (vgl. CST 2010; HoC STC 2010). Ebenfalls im Jahr 2010 wurde auf internationaler Ebene im Rahmen der 10. Vertragsstaatenkonferenz der Convention on Biological Diversity (CBD) ein vorläufiges Begriffsverständnis von CE festgelegt sowie ein De-facto-Moratorium beschlossen, das die Mitgliedsländer dazu anwies: „no climate-related geoengineering activities that may affect biodiversity take place, until there is an adequate scientific basis on which to

justify such activities“ (CBD 2010). Dieses Verbot bezog sich jedoch nur auf den Anwendungsbereich der CBD und war darüber hinaus noch nicht rechtsverbindlich (Proelß/Güssow 2011:46). Zwei Jahre später hat sich die CBD erneut CE zugewendet und dabei eine Einschätzung zu rechtlichen und politischen Regulierungserfordernissen herausgegeben (CBD 2012). Dies zeigt die hohe politische Bedeutung der CBD-Entscheidung, auch wenn das Moratorium noch nicht rechtsverbindlich ist (vgl. Proelß 2012: 205). Weitaus größere Fortschritte konnten auf internationaler Ebene bei der Regulierung der Ozeandüngung erzielt werden. Am 18. Oktober 2013 beschlossen die Vertragsstaaten des London-Protokolls bisherige Regulierungen zu marinem Geoengineering zu verschärfen und die kommerzielle Düngung der Meere zu verbieten (vgl. IMO 2013). Ausgenommen sind nur legitimierte, wissenschaftliche Forschungsvorhaben, die sich von kommerziellen Aktivitäten abgrenzen. Die Neuregelung tritt in Kraft, sobald diese von allen Teilnehmerstaaten ratifiziert wurde.

### 2.3 Technische Interventionen in das Klimasystem

Der Anstieg der Erdtemperatur wird nach Einschätzungen des IPCC mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die anthropogen verursachte Konzentration von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen in der Erdatmosphäre hervorgerufen (IPCC 2007b: 2). Die Beweislast dafür, dass der Mensch weitreichend für die verursachten Änderungen verantwortlich ist, hat mit dem fünften Sachstandsbericht des IPCC sogar noch einmal zugenommen (vgl. IPCC 2013: 15). Durch menschliche Eingriffe in die atmosphärische Zusammensetzung hat sich der Strahlungsantrieb<sup>20</sup> der Erde verändert und bewirkt eine Erhöhung der mittleren globalen Oberflächentemperatur (vgl. Rickels et al. 2011: 40). Auf diese Weise schädigen vergangene und zukünftige CO<sub>2</sub>-Emissionen das Erdsystem irreversibel und führen auf globaler Ebene zu vielfältigen Veränderungen in physikalischen und biologischen Systemen (vgl. Solomon et al. 2009: 1709). Die ersten Folgen der Erwärmung sind bereits am ausgedehnten Abschmelzen von Schnee und Eisflächen in den Polarregionen sowie am Anstieg des Meeresspiegels erkennbar.

Der zunehmende Temperaturanstieg könnte durch CE-Maßnahmen und die damit verbundenen Eingriffe in das Klimasystem temporär verlangsamt oder

---

<sup>20</sup> Der Strahlungsantrieb der Erde (engl. „radiative forcing“) ist ein „Maß für den Einfluss, den ein Faktor auf die Änderung des Gleichgewichts von einfallender und abgehender Energie im System Erde-Atmosphäre hat“ (IPCC 2007c: 2). Damit bezeichnet der Strahlungsantrieb die Wirkung verschiedener Faktoren auf das Strahlungsgleichgewicht der Erde und stellt einen Index für Klimaänderungen dar. Er wird in Watt pro Quadratmeter Erdoberfläche (W/m<sup>2</sup>) gemessen. Während ein positiver Strahlungsantrieb eher zur Erwärmung der Erdoberfläche führt, bewirkt ein negativer Antrieb meist deren Abkühlung (vgl. UBA 2011b: 12).



abgeschwächt werden. Allerdings sollten nach David W. Keith nur diejenigen Technologien als CE-Maßnahmen eingestuft werden, die zwei Kriterien erfüllen. Erstens muss mit der Maßnahme die Absicht („intent“) verbunden sein, eine gezielte Umweltveränderung herbeizuführen, die nicht nur als unintendierter Nebeneffekt in Erscheinung tritt (vgl. Keith 2010: 494). Aus diesem Grund wäre es nach Keith unzulässig den anthropogen induzierten Klimawandel selbst als technikgesteuerten Eingriff zu bezeichnen, weil dieser als ein Nebeneffekt der Verbrennung fossiler Rohstoffe auftritt (ebd.). Einem zweiten Kriterium, der Größe („scale“), zufolge, müssen die angestrebten Effekte großskalig sein, sodass sich ihre Auswirkungen deutlich von natürlichen Klimadynamiken abheben (ebd.).

Die gegenwärtig in der Literatur vorgeschlagenen CE-Maßnahmen lassen sich nach ihrer Funktion und Wirkung zwei unterschiedlichen Kategorien zuordnen: Methoden des SRM bewirken eine Veränderung des Strahlungsantriebs der Erde, indem sie die absorbierte Solarstrahlung reduzieren oder das Rückstrahlungsvermögen der Erde erhöhen, z. B. durch Eingriffe in den Aerosolhaushalt der Stratos- oder der Troposphäre (vgl. Leisner/Müller-Klieser 2010: 26). Das Prinzip einer großskaligen Intervention durch SRM-Technologien orientiert sich dabei an einem Naturphänomen. Während des Ausbruchs des Vulkans Mount Pinatubo auf den Philippinen 1991 wurden Millionen Tonnen kleinster Schwefelpartikel in die Stratosphäre geschleudert und blockierten zeitweise einen Teil der Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche. Durch die hervorgerufenen Veränderungen im Strahlungshaushalt sank die globale Durchschnittstemperatur im folgenden Jahr um 0,5 °C ab (vgl. Crutzen 2006: 212). Auf jenem beobachteten Kühlungseffekt basieren CE-Maßnahmen, die das Ungleichgewicht der Strahlungsbilanz regulieren sollen, indem ein Teil der auf der Erde ankommenden Solarstrahlung zurückreflektiert wird.

Die zweite Kategorie umfasst CDR-Maßnahmen. Diese greifen in den Kohlenstoffkreislauf der Erde ein, um die bestehende Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu verringern. Im Gegensatz zu Maßnahmen des solaren Strahlungsmanagements wirken CDR-Methoden ursächlich, d. h., sie entziehen der Atmosphäre CO<sub>2</sub> (vgl. Rickels et al. 2011: 41). Methoden des solaren Strahlungsmanagements setzen hingegen nicht an der Ursache des Klimawandels an, dem Anstieg von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Sie zielen lediglich auf die Folgen der klimatischen Veränderungsprozesse ab, nämlich auf die Erderwärmung. Auch unterscheiden sich SRM- und CDR-Methoden signifikant in Ausmaß und Art ihrer unintendierten Nebenwirkungen, Betriebs- und Konstruktionskosten, Wirksamkeit sowie hinsichtlich ihres sozialen und politischen Konfliktpotenzials. Generell werden CDR-Methoden in Relation zu SRM als weniger risikoreich eingestuft (vgl. Royal Society 2009: 49). Im Unter-



schied zu Methoden des solaren Strahlungsmanagements sind sie auch kleinräumig anwendbar und könnten in Ergänzung zu bisherigen Emissionsmaßnahmen in nationale und internationale Klimapolitiken integriert werden.

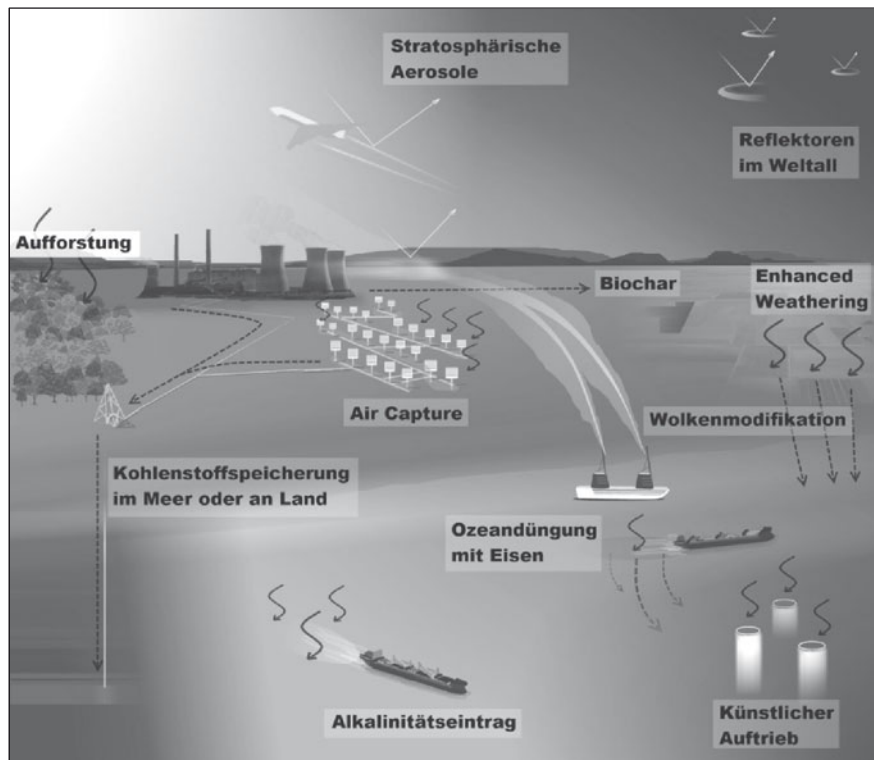


Abbildung 2: Überblick zu SRM- und CDR-Technologien

### *Solar Radiation Management*

Die Methoden des solaren Strahlungsmanagements gelten auch als „quick and dirty“- Lösungen. Einerseits könnte eine Intervention durch bestimmte SRM-Maßnahmen innerhalb kurzer Zeit einen kühlenden Effekt im Erdsystem erzielen, sollte das Klimasystem gefährliche Kipppunkte erreichen (vgl. Moreno-Cruz/Keith 2012: 1). Andererseits variieren die potenziell unintendierten Nebenwirkungen der Technologien nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich und

reichen von Veränderungen in regionalen Niederschlagsmustern, Überschwemmungen, Trockenheit oder Dürren bis hin zu einem rasanten globalen Temperaturanstieg infolge eines Abbruchs der Maßnahmen. In zahlreichen Publikationen wurden bereits die Nebeneffekte der Methode diskutiert (vgl. Jones et al. 2010; Lenton/Vaughan 2009; Heckendorn et al. 2009; Robock 2008). Die Konzepte des solaren Strahlungsmanagements unterteilen sich in verschiedene Einzeltechnologien. Bekannt wurde insbesondere die von Crutzen und anderen Atmosphärenwissenschaftlern diskutierte Sulfatoption in Anlehnung an die Wirkung von Schwefel- und Aschepartikeln bei natürlichen Vulkanausbrüchen (vgl. Crutzen 2006; dazu auch Budyko 1977; Wigley 2006). Die vorgeschlagene Methode zielt auf die Einbringung reflektierender Aerosole in die Stratosphäre ab, um der kurzwelligen Solareinstrahlung entgegenzuwirken.

Eine weitere Methode zur Reduktion kurzweiliger Einstrahlung beinhaltet die Installation von Reflektoren in einer erdnahen Umlaufbahn, z. B. in Form von reflektierenden Objekten und Materialien. Diese könnte in Form kleiner Mikrobalkons (vgl. Teller et al. 2002) oder durch gigantische „Weltraumspiegel“ (vgl. Mautner 1991) technologisch umgesetzt werden. Andere vorgeschlagene Technologien befassen sich mit der Modifikation der Albedo der Erdoberfläche, etwa durch das Aufhellen von Straßenflächen oder Gebäudedächern („roof whitening“) in urbanisierten Regionen (vgl. Akbari et al. 2009). Ein ähnlicher Rückstrahlungseffekt könnte auch mit dem Ansatz des „bio-geoengineering“ erzielt werden. In der Landwirtschaft müssten hierfür geeignete Pflanzen gezüchtet und eingesetzt werden, die durch ihre speziell beschaffene Oberflächenstruktur die solare Rückstrahlung der Erde maximieren (vgl. Ridgwell et al. 2009: 146).

Eine andere SRM-Option bezieht sich auf die Modifikation mariner Schichtwolken. Durch eine höhere Aerosolkonzentration in den Wolken ließe sich die Rückstreuung eingehender Strahlung steigern. Bekannt wurden in diesem Zusammenhang die Konzepte der beiden Forscher Steven Salter und John Latham, die darauf basieren, die planetarische Albedo durch die Impfung mariner Schichtwolken mit Aerosolen aus Seewasser zu maximieren (vgl. Latham 1990). Eine Flotte von Schiffen (Trimarane) könnte dazu eingesetzt werden die Seesalzaerosole in bestimmten Meeresregionen gleichmäßig zu verteilen (vgl. Salter et al. 2008). Andere wissenschaftliche Vorschläge sehen die Impfung von Zirruswolken durch Eiskeime vor. Auf diese Weise sollen die Wolken zum Abregnen gebracht werden, um den Strahlungsfluss schneller freizugeben (vgl. Rickels et al. 2011: 46).

Diskurse des Climate Engineering  
Argumente, Akteure und Koalitionen in Deutschland  
und Großbritannien

Uther, S.

2014, XVIII, 245 S. 7 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-05365-9