

Wir wollen uns nun weiter beschäftigen mit den pro-aktiven Eingriffen in das Klimasystem, um die es ja hier geht. Es gibt in diesem Zusammenhang zwei grundsätzlich verschiedene technologische Ansätze, die erläutert werden sollen:

- Technologien zur ursächlichen Rückführung und
- Technologien zur symptomatischen Kompensation des Klimawandels.

Wie sieht heute der Diskussionstand aus, insbesondere in Deutschland? Welche Folgen sind zu erwarten, und welche Möglichkeiten der Vorhersagbarkeit gibt es überhaupt? Gibt es bereits nennenswerte Feldversuche mit welchen potentiellen Auswirkungen? Man kann annehmen, dass – wie alle Großtechnologien – auch CE Konfliktpotentiale in sich bergen, bis hin zur Gefahr internationaler Konflikte. Unabhängig von technischen Machbarkeiten spielen sicherlich auch die finanziellen Kosten bei der Umsetzung eine Rolle, die Umsetzungen zulassen oder nicht.

---

## 2.1 Technologien zur ursächlichen Rückführung

Wie auch die Technologien zur Kompensation werden diese Maßnahmen im Detail im nachfolgenden Kapitel behandelt. Hier nur ein kurzer Überblick. Der Hauptansatz ist der so genannte CDR-Ansatz. CDR steht für „Carbon Dioxide Removal“ – also dem Eliminieren bzw. Entfernen von Kohlendioxid. Dieses Ziel soll erreicht werden durch unterschiedliche

- biologische,
- chemische und
- physikalische Prozesse,

mit deren Hilfe versucht wird, CO<sub>2</sub> von den Ozeanen und der Biosphäre aufnehmen zu lassen.

---

## 2.2 Technologien zur symptomatischen Kompensation des Klimawandels

Die Technologien zur Kompensation lassen sich unter dem Begriff „Radiation Management“ (RM) zusammenfassen. Gemeint ist damit die Einflussnahme auf die Sonneneinstrahlung auf die Erde. Das könnte über drei Ansätze erreicht werden:

- die Reduzierung des kurzwelligen Sonnenlichtes
- einer Erhöhung der Reflexion in der Atmosphäre oder von der Erdoberfläche aus
- einer Erhöhung langwelliger thermischer Abstrahlung zurück in den Weltraum

---

## 2.3 Diskussionsstand

Die öffentliche Diskussion, aber auch die Fachdiskussion, befinden sich noch in einem frühen Stadium. Weite Teile der Öffentlichkeit sind mit der Thematik überhaupt nicht vertraut. Man findet nur gelegentlich Berichte in den einschlägigen Medien. Die eigentliche Debatte spielt sich in einem kleinen Kreis von Experten ab. Zu den Stakeholdern gehören bisher Teilnehmer aus:

- der Forschung
- einigen NGOs
- interessierten Unternehmen
- der Politik.

Die Forschung beschäftigt sich zum Einen mit allgemeinen Betrachtungen zur Strahlungsbilanz, zum anderen mit der Entwicklung konkreter Technologien. Das bedeutet, dass die erwarteten Wirkungsweisen, deren Effizienz vor dem genannten Ziel und die dadurch resultierenden gesellschaftlichen Auswirkungen – seien es während der Vorbereitungsphase durch Akzeptanzprobleme oder durch klimatische Veränderungen nach dem Einsatz – von den Beteiligten völlig unterschiedlich bewertet werden.

In Deutschland herrscht zurzeit (2015) eine weitgehende Intransparenz, was Planungen und Ziele angeht. Die damit verbundene Unsicherheit, die sich noch nicht hörbar artikuliert, ist möglicherweise konfliktträchtig und birgt in sich ein

Potential zur Polarisierung. Es ist zu erwarten, dass ein gesamtgesellschaftlicher Konsens eher unwahrscheinlich ist. Auf jeden Fall ist eine komplexe Debatte zu erwarten. Obwohl wir uns diesbezüglich noch im Frühstadium befinden, gibt es bereits Befürworter und Gegner.

Bei den Gegnern spielt unter anderem die Sorge eine Rolle, dass durch die Akzeptanz von CE die aktuell forcierte Emissionskontrolle nicht mehr ernst genommen wird. Deshalb meinen einige Leute, CE durch eine Verschärfung der Emissionskontrolle überflüssig machen zu können. Außerdem bezweifelt man die Wirksamkeit von CE-Maßnahmen und hat Bedenken bezüglich der ökonomischen Effizienz. Man befürchtet zudem hohe Risiken durch unerwünschte Nebenwirkungen (dieses Argument wird weiter unten ausführlicher behandelt). Und schließlich spielen ethische Einwände in der Ablehnung von CE eine wichtige Rolle.

Die Befürworter argumentieren, dass CE auf jeden Fall effizienter sein würde als Emissionskontrolle. Weiterhin wird angeführt, dass die Klimaziele, die sich die Welt gesteckt hat, ohne CE niemals zu erreichen sein werden. Auf jeden Fall sollte man sich CE als Notfalloption vorbehalten, wenn es zu einer Klimakatastrophe kommen würde (Da manche CE-Ansätze aber lange Zeiträume benötigen, bevor sie wirksam werden, erscheint dieses Argument unplausibel).

### 2.3.1 Folgen und Vorhersagbarkeit

Die erste Frage, die beantwortet werden will, lautet: was soll überhaupt kompensiert werden? Dazu muss man sich die beiden Technologie-Ansätze im Einzelnen ansehen. RM-Technologien ermöglichen theoretisch eine rasche Absenkung der globalen Temperatur, sind allerdings wenig wirkungsvoll was z. B. Niederschlagsverteilungen betrifft. Außerdem müssten sie aus Gründen der Nachhaltigkeit für lange Zeiträume im Einsatz bleiben.

Soll das Ziel aber darin bestehen, den bereits erfahrenen bzw. noch zu erfahrenen Klimawandel zu einem noch zu definierenden Zustand zurückzuführen, so ist das nur erreichbar durch den Einsatz von CDR-Technologien. Dabei ist allerdings keine schnelle Absenkung der globalen Durchschnittstemperatur zu erwarten.

In die Gesamtbetrachtung aller möglichen Szenarien werden grundsätzlich immer alle beteiligten Stoff- und Energieströme einbezogen. Diese Kreisläufe reagieren von Natur aus umso sensibler, je großkalibrierter der technologische Einsatz ist. Dazu wird im Abschnitt über die Irreversibilität aller natürlichen Prozesse weiter unten mehr gesagt. So viel vorab:

RM-Technologien greifen in die globale Strahlungsbilanz ein. Noch völlig unbekannt ist dabei die Rückkopplung zum übrigen Erdsystem, genauso wie

mögliche Auswirkungen auf die Biosphäre. Rückkopplungen auf biologische Kreisläufe sind ebenfalls denkbar durch CDR-Technologien. Dazu sind durch Letztere ausgelöste meteorologische Nebeneffekte noch unvorhersehbar. Können solche Unsicherheiten durch noch nicht angelaufene Forschungsprojekte – auch in größeren Dimensionen – nicht vor dem tatsächlichen Einsatz dieser Technologien beseitigt werden? Dazu kann man Folgendes anmerken:

Das Erdsystem ist so komplex, dass Erkenntnisse, die auf regionaler Ebene gewonnen werden, keine spezifischen Aussagen über die tatsächlich global zu erwartenden Wirkungen und Nebeneffekte machen können. Schon aus diesem Grunde ist ein Risiko freies CE nicht denkbar. Wir hätten es also mit einer weiteren anthropogenen Qualität bei der Klimagegestaltung zu tun. Natürlich macht man sich Gedanken über großflächige Feldversuche. Solche Versuche benötige allerdings – je nach eingebrachter Technologie – lange Beobachtungszeiträume, teilweise bis zu Jahrzehnte. Das damit einhergehende groß angelegte Monitoring muss in der Lage sein, zwischen natürlichen und künstlichen Langzeitwirkungen zu unterscheiden. Dazu müssen insbesondere die natürlichen Klimazyklen genau bekannt sein, was bisher noch nicht der Fall ist. Auf jeden Fall kämen auf die Gesellschaften in den beteiligten Ländern gewaltige Belastungen zu. Die damit einhergehenden Diskussionen wären vergleichbar mit denen über Kernenergie oder Gentechnik.

---

## 2.4 Rechtsrahmen

Obwohl es sich hier um ein technisch-wissenschaftliches Werk handelt, soll noch kurz auf den Rechtsrahmen eingegangen werden. – Bei den angedachten Maßnahmen handelt es sich um grenzüberschreitende Vorhaben. Solche können zwar von Einzelstaaten eingesetzt werden, haben aber unmittelbare Auswirkungen auf andere Staaten. Das impliziert sofort die Anwendung des Völkerrechts. Dort findet man allerdings keine Bezugsgrößen. Weder sind verbindliche Normen entwickelt worden, noch gibt es überhaupt eine allgemein akzeptierte Definition von CE. Das bedeutet, dass umfangreiche Vertragswerke erst noch geschaffen werden müssen.

### 2.4.1 Konfliktpotential

Kaum begann man das Nachdenken über CE, gingen bereits Überlegungen in eine ganz andere Richtung – das übliche dual use Potential: kann man CE-Technologien auch militärisch einsetzen? Die Idee der Klima-Waffe war geboren. Dazu hat die Bundeswehr bereits Machbarkeitsanalysen durchgeführt. Die Militärs sind zu folgenden vorläufigen Ergebnissen gekommen:

Der Einsatz einer Klimawaffe ist nicht völlig unwahrscheinlich, insbesondere, wenn man glaubt, im Gefechtsfeld lokal begrenzte Wettermodifikationen zu erreichen, die dem Gegner nachteilig sein könnten. Gleichzeitig wird jedoch der militärische Nutzen als vernachlässigbar eingestuft. Außerdem ist, wie bereits oben angedeutet, eine regionale Begrenzung schwierig bis unmöglich. Da es sich beim Einsatz einer Klimawaffe um einen Bruch des Völkerrechts handeln würde, sind die einhergehenden politischen Kosten hoch, sodass eigentlich nur irrationale nicht-staatliche Akteure potentiell infrage kommen. Da heutzutage die meisten internationalen Konflikte von Letzteren bestimmt werden, ist eine solche Gefahr doch nicht zu unterschätzen.

### **2.4.2 Institutionelle Einbindung**

Aus dem oben Gesagten geht hervor, dass internationale Kooperation auf dem Gebiet des CE unabdingbar ist. Dazu gehört die Koordination von Forschungsvorhaben (allein schon aus Kostengründen), aber auch eine unabhängige Kontrollinstanz. Eine erste Aufgabe wäre die Verabschiedungen von verbindlichen Richtlinien. Sinnvoll wäre auch ein Projekt, welches die bereits laufenden und vielleicht noch zusätzlich vereinbarten Maßnahmen bzw. Ergebnisse der Emissionskontrolle mit denen des CE-Einsatzes abgleicht. Und schließlich müssten Ausstiegsmodalitäten geklärt werden.

---

## **2.5 Kosten**

Der heutige Wissensstand bzgl. Kosten ist rudimentär. Konkret liegen lediglich Schätzungen über mögliche Betriebskosten der einzelnen vorgesehenen Technologien vor. Aufwendungen für getätigte oder laufende Forschungsvorhaben sind natürlich bekannt, allerdings gibt es keine verlässlichen Aussagen über Großforschungsprojekte, die notwendig wären, falls man den CE-Weg tatsächlich gehen möchte. Insbesondere sind keine Anhaltspunkte für Folgekosten aus Nebenwirkungen oder für kompensatorische Maßnahmen bekannt. CE-Maßnahmen werden mit Sicherheit Auswirkungen auf die Wirtschaftssysteme einzelner Regionen und Länder haben. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte über längere Zeiträume sind noch nicht absehbar.

## 2.6 Ansätze

Die Frage, die sich stellt, lautet: Emissionskontrolle oder CE oder beides? Hierbei gehen die Meinungen bereits jetzt auseinander. Einige Experten befürchten, dass mit CE die Emissionskontrolle zurück gehen wird. Eines der Argumente wären wiederum die Kosten. Dabei wird ohne ausreichende Grundlage angenommen, dass Emissionskontrolle teurer ist als CE-Maßnahmen. Wegen der oben geschilderten Kostenunsicherheit bleibt dieses im Bereich der reinen Spekulation.

Ein Ausweg aus der Kostenfalle wäre die Antwort auf die Frage: Könnte CE kommerziell getrieben werden? Damit würde das Kostenrisiko zumindest teilweise von den Etats beteiligter Länder weggerückt und auf den privaten Sektor verlagert. In einem kommerziellen Kontext besteht allerdings die Gefahr, dass sich eine Eigendynamik entwickelt, die entsprechend auch von kommerziellen Kriterien gesteuert würde. Deshalb wären neben eventuell zu entwickelnden staatlichen Anreizen auch ordnungsrechtliche Vorgaben zur Gegensteuerung, Wettbewerbskontrollen etc. erforderlich.

Insgesamt scheint die Richtung auf einen integrierten Ansatz hinzulaufen. Neben Climate Engineering würde Emissionskontrolle beibehalten. Einbezogen werden müssten dann u. a. auch sonstige menschliche Einflüsse, wie

- Bodennutzung
- Landwirtschaft
- Oberflächenveränderungen.

Angestoßen werden muss ein intensiver akademischer Diskurs unter Einbeziehung der potentiellen Forschungseinrichtungen. Ein solcher Diskurs müsste sich gesamtgesellschaftlich ausdehnen und dabei die Dimensionen

- sozial
- ökologisch
- wirtschaftlich

zu einem klimapolitischen Gesamtkonzept einbeziehen.



<http://www.springer.com/978-3-658-10766-6>

Climate Engineering

Möglichkeiten und Risiken

Osterhage, W.W.

2016, X, 37 S. 9 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-10766-6