

Texte zur Nachhaltigkeit

Eine ethische Analyse



Wolfgang Thoma



Verein für
Nachhaltigkeit e.V.

MUTation Band 3

Texte zur Nachhaltigkeit

Climate Engineering als Verantwortungsversprechen angesichts des Klimawandels

Eine ethische Analyse

Wolfgang Thoma



Verein für
Nachhaltigkeit e.V.

Zukunft verantworten

Impressum

- Herausgeber:** Wolfgang Thoma
Verein für Nachhaltigkeit e.V.
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
info@nachhaltigkeit-ev.de
www.nachhaltigkeit-ev.de
- Verantwortlich:** Joachim Hamberger
- Redaktion:** Joachim Hamberger, Wolfgang Thoma
- Erscheinungsdatum:** Dezember 2015
© 2015 Laubsänger-Verlag Freising
Alle Rechte vorbehalten.
- Gestaltung/Layout:** Gerd Rothe | design@gerd-rothe.de
- Titelbild:** Wolfgang C. Thoma
- Druck:** Printmedien Niedermayer, Au i.d. Hallertau
gedruckt auf FSC-Umweltpapier,
chlorfrei gebleicht, recyclebar



ISBN 978-3-945630-01-3

Kontakt: Laubsänger-Verlag Freising
Laubsängerweg 7, 85356 Freising
info@laubsanger-verlag.de
www.laubsanger-verlag.de



*„Heute ist es Zeit, daß der Zergliederer der Mechanik sein
eigenes Mysterium wieder in den Befund der Dinge
zurückbringt;
und von dem Licht, das seine Selbstwahrnehmung
auf die Natur, seine Erzeugerin, zurückwirft, erhält sie, die
vorher von ihm Entblößte, das Ehrenkleid zurück das
Ehrfurchteinflößen kann –
und Ehrfurcht ist eben das, was zur
Verantwortung im Gebrauch der dem Wissen verdankten
Macht über die Natur anhalten kann.“*

Hans Jonas - Philosoph

Inhalt

Impressum.....	II
Inhalt.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Vorwort.....	VIII
Danksagung.....	XIII
Einleitung.....	14
1 Das Anthropozän – Der Mensch als Einflussfaktor.....	17
1.1 Phase 1: Die Ära der Industrialisierung (ca. 1800-1945).....	20
1.2 Phase 2: Die Große Beschleunigung (1945-2015).....	21
1.3 Phase 3: Lenker des Erdsystems? (seit 2015).....	26
1.3.1 Business-as-usual.....	27
1.3.2 Mitigation.....	27
1.3.3 Option Geo-Engineering.....	28
2 Vorsätzliche Eingriffe in das System Klima.....	30
2.1 Definition und Kategorisierung.....	30
2.2 Radiation Management-Technologien.....	32
2.2.1 Reflektoren im Weltall.....	33
2.2.2 Aerosole in der Stratosphäre.....	34
2.2.3 Modifikation mariner Schichtwolken.....	33
2.2.4 Modifikation der Zirruswolken.....	39
2.2.5. Modifikation der Erdoberflächenalbedo.....	40
2.3 Technologien des Kohlenstoffbeseitigung (Carbon Dioxide Removal).....	42
2.3.1 Physikalische Verfahren.....	43
2.3.2 Chemische Verfahren.....	44

2.3.3	Biologische Verfahren zur Aufnahme über das Meer.....	45
2.3.4	Kohlenstofffilterung aus der Luft (Air Capture).....	46
2.3.5	Biologische Verfahren zur terrestrischen Aufnahme & Speicherung.....	47
2.4	Zentrale Argumente innerhalb des Diskurses „Climate Engineering“.....	48
2.4.1	Zentrale Argumente der Befürworter.....	48
2.4.2	Zentrale Einwände der Kritiker und Gegner.....	50
2.5	Zwischenfazit.....	53
3	Das Prinzip Verantwortung.....	55
3.1	Gesinnungs- und Verantwortungsethik Max Webers - Exkurs	
3.2	Eine neue Dimension der Verantwortung.....	56
3.2.1	Neue Prämissen als Herausforderung.....	57
3.2.2	Die Wahrscheinlichkeiten bei den großen Wagnissen.....	58
3.2.3	Die kumulative Dynamik technischer Entwicklungen.....	60
3.2.4	Die Sakrosanktheit des Subjekts der Entwicklung.....	62
3.2.5	Verantwortung als Pflicht (zur Zukunft).....	64
3.2.6	Zwischenfazit.....	65
3.3	Verantwortung in der Wissenschaft.....	66
3.3.1	Verantwortung und Verpflichtung.....	67
3.3.2	Der Dualismus in der Forschung.....	68
3.3.3	Wertefreiheit der Wissenschaft.....	70
3.3.4	Kritik am Reduktionismus der Naturwissenschaftler.....	71
3.3.5	Forschungsfreiheit und das öffentliche Wohl.....	72
	Gesamtfazit und Schlussbetrachtung.....	75
	Literaturverzeichnis.....	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwankungen der Durchschnittstemperatur seit 1880 und des El-Niño-Phänomens seit 1950..... 17

Abbildung 2: Anthropogen verursachte Treibhausgase nach Gruppen (1979-2014)..... 18

Abbildung 3: Treibhausgas-Emissionen nach ökonomischen Sektoren..... 19

Abbildung 4: Darstellung ansteigender Raten menschlicher Aktivität seit der Industriellen Revolution (Auswahl)..... 22

Abbildung 5: Darstellung der Erdsystemischen Trends (Auswahl)..... 23

Abbildung 6: Darstellung der RM-Methoden..... 31

Abbildung 7: Darstellung der CDR-Methoden..... 32

Abkürzungsverzeichnis

15 minor	Die Abkürzung für 15 kleinere Treibhausgasarten
CCS	Carbon Capture and Storage
CE	Climate Engineering, in der breiten Literatur ein Synonym für Geo-Engineering
CFC ₁₁	Die chemische Formel für Trichlorfluormethan
CFC ₁₂	Die chemische Formel für Dichlordifluormethan
CH ₄	Die chemische Formel für Methan
CO ₂	Die chemische Formel für Kohlenstoffdioxid
CDR	Carbon Dioxide Removal
DFG	Deutsche Forschungsgesellschaft
GE	Geo-Engineering, auch ein Synonym für Climate Engineering
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km ²	Quadratkilometer
MIT	Massachusetts Institute for Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
N ₂ O	Die chemische Formel für Distickstoffmonoxid
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ppm	particles per million
SO ₂	Die chemische Formel für Schwefeldioxid
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USA	United States of America

Vorwort

Climate Engineering, also die geplante großräumige Beeinflussung der Stoff- und Energieflüsse des Erdsystems, ist eine zentrale ethische Herausforderung im Zeitalter des Anthropozän. Gerade im Bereich einer mit christlichem oder bürgerlichem Hintergrund konservativ geprägten Umweltethik begegnen viele diesen bis vor kurzem noch ungeahnten Möglichkeiten mit großer Skepsis. Dafür gibt es durchaus starke Gründe: Kann man sich vorstellen, dass der Mensch über Jahrhunderte fähig ist, etwa durch künstliche Aerosolwolken in der Stratosphäre das Klima des Planeten Erde aktiv zu managen? Ist es nicht Hybris, wenn sich der Mensch zum „homo faber oecologicus“, zum Macher des Weltklimas, aufschwingt?

So einfach ist die Antwort freilich nicht. Denn schon längst ist der Mensch im Anthropozän zum „geologischen Faktor“ geworden. Wir haben – ob wir wollen oder nicht – Verantwortung für das planetarische Klimasystem sowie die damit verbundenen globalen Energie- und Stoffkreisläufe. Teilweise geht es nur darum, die bisher als Nebenwirkung spätmoderner Wirtschaft in Erscheinung tretenden Phänomene auf die Ebene eines bewussten und geplanten Managements zu heben bzw. sie auf dieser Ebene zu kompensieren. Zunehmend manövriert sich die Menschheit in eine Dilemmasituation: Es scheint absehbar, dass sich die Völkergemeinschaft bei den bevorstehenden Klimakonferenzen nicht hinreichend auf verbindliche Einschränkungen des CO₂-Ausstoßes einigen wird. Und wenn sie sich einigen sollte, dann scheint absehbar, dass diese Beschlüsse nicht hinreichend durchgesetzt und kontrolliert werden können. Die bisherige Erfahrung im globalen Klimaschutz zeigt, dass wesentliche Erfolge vor allem auf

zeitweisen regionalen Rezessionen beruhen oder schlicht darauf, dass die gemessenen Bilanzen zugunsten einer Verlagerung der CO₂-intensiven Produktion in Entwicklungs- und Schwellenländer verbessert werden. Auf der ganzen Welt befindet sich die Menschheit scheinbar unaufhaltsam auf Kollisionskurs mit den „planetary boundaries“.

Die Alternative zu Geo- und Climate Engineering ist Suffizienz, Maßhalten, Einschränkung. Diese passt jedoch nicht zur Dynamik moderner Innovativwirtschaft und dem anthropologisch angelegten oder zumindest modernitätsspezifischen Fortschrittsstreben des Menschen. Der „Charme“ des Climate Engineerings liegt darin, dass er die Fortschrittsdynamik moderner Technik für ökologische Ziele nutzt und daher nicht als Entwicklungsbremse, sondern als neue Richtungsangabe für technologische Innovationen wahrgenommen wird. Nach den üblichen Modellen der ökonomischen Berechnung ist klimatische Abkühlung durch in die Atmosphäre verfrachtete Aerosole um ein Vielfaches kostengünstiger als der ansonsten nötige radikale und kurzfristige Ausstieg aus den fossilen Energien. Welche Macht der Welt kann deren durch Fracking verursachten neuen Boom aufhalten? Das Klima lässt uns keine Zeit, um auf dessen Abklingen in zwei oder drei Jahrzehnten zu warten. Allerdings kann auch Climate Engineering nur bei beschleunigter Entwicklung und Investition rechtzeitig Alternativen bieten.

Verantwortungsethik ist dadurch gekennzeichnet, dass sie mit Augenmaß die realen Alternativen gegeneinander abwägt. Sie setzt im Bereich des Geo- und Climate Engineerings der gesinnungsethisch-kategorischen Ablehnung einen Vergleich der Risiken unter Einbezug der Risiken des Nichthandelns gegenüber. Diese Risiken sind jedoch höchst komplex und nicht linear berechenbar. Gesteigert wird die Problematik der ethischen Risikoabschätzung

durch die „kommunikationstheoretische Verführung“, die darin liegt, dass das Versprechen technischer Lösungen die menschliche Neigung zur Verdrängung des unbequemen Weges substantieller Einschränkungen in unseren Lebens- und Wirtschaftsweisen fördert. Zusätzlich braucht eine realistische Abschätzung der Risiken ein enormes Wissen über technische Möglichkeiten und Zukunftsszenarien mit vielen offenen Variablen, einen gesellschaftstheoretisch informierten Blick auf soziokulturelle Rahmenbedingungen sowie auf die Pfadabhängigkeiten gesellschaftspolitischer Routinen und Entscheidungsprozessen. Vor diesem Hintergrund ist eine solide Risiko- und Verantwortungsethik des Climate Engineerings philosophisch und wissenschaftstheoretisch in vieler Hinsicht Neuland.

Der hier in der Schriftenreihe „MUTation – Texte zur Nachhaltigkeit“ des Vereins für Nachhaltigkeit e.V. präsentierte Essay von Wolfgang Thoma ist aus einem umweltethischen Seminar an der Katholisch-Theologischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, das zugleich im Rahmen des Zertifikatskurses „Umwelt und Gesellschaft“ am Rachel Carson Center angeboten wurde, entstanden. Thoma ist nicht nur diplomierter Politikwissenschaftler, sondern auch Journalist und Mitglied im Verein für Nachhaltigkeit. Er schreibt anschaulich, gut verständlich und würzt seine Darstellungen mit zugespitzten Thesen.

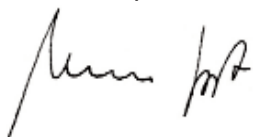
In dem weiten und höchst kontrovers diskutierten Feld des Climate Engineerings kommt Wolfgang Thoma das Verdienst zu, einen weiten Horizont von bohrenden ethischen Fragen auf der Grundlage solider Informationen, begrifflicher Klarheit und ethisch-philosophischem Tiefgang aufzuspannen. Er unternimmt dies in drei Schritten: Zunächst skizziert er die ethische Herausforderung anhand der Diagnose „Das Anthropozän – der Mensch als Einflussfaktor“ (Kapitel 1). Dann schildert er in einem auch für Nichtfachleute gut verständlichen Überblick die ver-

schiedenen Möglichkeiten des Climate Engineerings. Unter dem Titel „Vorsätzliche Eingriffe in das System Klima“ (Kapitel 2) schildert er zunächst vier Arten des Climate Engineerings (Reflektoren im Weltall, Aerosole in der Stratosphäre, Modifikation der Cirrus-Wolken, Modifikation der Erdoberflächen-Albedo). Anschließend führt er in die „Technologien der Kohlenstoffbeseitigung (Carbon Dioxide Removal)“ ein. In seinem dritten Kapitel setzt sich Thoma eingehend mit dem „Prinzip Verantwortung“ von Hans Jonas auseinander. Dies ist insofern ein besonderes Verdienst, als das epochenmachende Werk des jüdischen Philosophen ein „selten gelesener Bestseller“ ist, der zwar häufig zitiert, aber selten in seinen komplexen Gedankengängen tatsächlich entfaltet wird. Thoma geht den grundlegenden anthropologischen und philosophiegeschichtlichen Überlegungen von Hans Jonas, der mit seinem Prinzip Verantwortung einen Gegenentwurf zum „Prinzip Hoffnung“ von Bloch, das er als Programmschrift der Moderne versteht, intensiv nach. So entsteht ein Diskurs auf Augenhöhe zwischen einer Ethik, die das moderne Selbstverständnis des Menschen und den Kurs der Moderne tiefgreifend herausfordert, und naturwissenschaftlichen Weltbildern, die sich unter der Oberfläche der oft mit großer Emphase vorgebrachten Möglichkeiten des Climate Engineerings verbergen.

Bei manchen Bewertungen des Climate Engineerings von Thoma kann man durchaus auch zu anderen Ergebnissen kommen. Dies ist kein Schaden. Der Essay beansprucht nicht eine abschließende Bewertung des komplexen, sich dynamisch entwickelnden Diskursfeldes, sondern ist ein Anfang für weiterführende Debatten. Der Verein für Nachhaltigkeit könnte ein Forum für solche Debatten sein. Mit der Veröffentlichung des Essays kommt der Verein seiner Gründungsabsicht, ökologisch-ethische Denkprozesse anzustoßen, in exemplarischer Weise nach.

Der Verein für Nachhaltigkeit e.V. könnte ein Forum für solche Debatten sein. Mit der Veröffentlichung des Essays kommt der Verein seiner Gründungsabsicht, ökologisch-ethische Denkprozesse anzustoßen, in exemplarischer Weise nach. Ich wünsche dem Essay intensive Resonanz.

München, Oktober 2015

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Markus Vogt' with a stylized flourish at the end.

Prof. Dr. Markus Vogt

Danksagung

Dieses Buch wäre nicht ohne die Unterstützung und den Glauben einiger, für mich wichtiger Personen entstanden.

Ich danke dem Verein für Nachhaltigkeit e.V. für das Interesse an diesem manchmal futuristisch anmutenden Thema.

Allen voran dem Vorsitzenden, Dr. Joachim Hamberger, der dieses Projekt nicht nur mit initiiert, sondern auch stets begleitet hat. Gerd Rothe für die grafische Umsetzung des Buches - auch in kritischen Zeiten ruhig bleibend. Allen voran aber Prof. Dr. Markus Vogt, Inhaber des Lehrstuhls für Christliche Sozialethik der Ludwig-Maximilians-Universität München und Senior Fellow des Rachel Carson Center for Environment and Society. Prof. Dr. Markus Vogt hat durch sein Ideenfeuerwerk, seine Motivation, den Ideenaustausch und seine Kritik maßgeblich zu diesem Essay beigetragen.

Und ich danke ganz besonders auch Christina für ihre Hinweise und Korrekturen. Ganz besonders aber für ihr Verständnis, als ich mich in das Thema festbiss und quadratische Augen bekam.

Einleitung

Vom 30. November bis zum 11. Dezember 2015 tagen die politischen Entscheidungsträgerinnen und -träger in Paris, um eine neue international geltende Vereinbarung zum Klimaschutz zu verabschieden. Es könnte die letzte Möglichkeit sein, den anthropogen verursachten Klimawandel durch verbindliche Vereinbarungen abzuschwächen. Verlautbarungen und Reden wichtiger Entscheidungsträger lassen dabei die Hoffnung aufkeimen, dass gemeinsame Regelungen gefunden werden können. Die zehn wärmsten Jahre, seit den ersten systematischen Aufzeichnungen von 1880, wurden zwischen 2000 und 2014 gemessen. NASA und NOAA haben das Jahr 2014 zum statistisch wärmsten Jahr erklärt.¹ Hinzu kommt eine Zunahme des Wärmegehalts der Ozeane, des tropischen Pazifiks und des indischen Ozeans um circa 0,8 Grad Celsius. Diese signifikante Temperaturerhöhung ist auch auf das zyklisch auftretende Wetterphänomen "El Niño" zurückzuführen, dessen Schwankungen zuzunehmen scheinen. Dadurch verändert sich das Niederschlagsmuster. Hitzewellen bedrohen die Agrikultur lateinamerikanischer Länder, wie beispielsweise Brasilien. Seen trocknen aus, saisonale Wasserknappheit führt zu Lebensmittelknappheit bei Völkern in den Anden, die gleichzeitig durch schmelzende Gletscher bedroht werden. Zentralasien und die arabishe Halbinsel erleiden das gleiche Schicksal. Die Alpen bröckeln, die Deiche der Nordsee müssen erhöht werden. Auch die USA plagt eine seit 2011 andauernde Dürre regional unterschiedlicher Ausprägung und weitrei-

¹ Vgl. Cole 2015.

chender Konsequenzen für Mensch und Natur.^{2,3} Zugleich gilt zu konstatieren, dass internationale Bestrebungen, gemeinsame Klimaziele festzulegen und auf nationaler Ebene ratifizieren zu lassen, bis heute gescheitert sind.

Sind wir tatsächlich gescheitert? Welche Optionen sind noch möglich, um einen drohenden Kollaps abzuwenden? Sind diese verantwortbar?

Es war der Nobelpreisträger für Chemie, Paul Crutzen, der in seinem Aufsatz in der Zeitschrift *Ambio*⁴ eine Möglichkeit zur Kontrolle der Temperatur vorschlug und die Debatte zur gezielten Kontrolle des Klimas wiederaufleben ließ.⁵ Crutzen zufolge, sollten dabei Schwefeldioxidpartikel in die Atmosphäre transportiert werden um eine reflektierende und damit sonnenabweisende Schicht zwischen Erde und Sonne zu bilden. Seither hat die Anzahl der wissenschaftlichen Abhandlungen zum Thema gezielter Klimaeingriffe, insbesondere im naturwissenschaftlichen Forschungsbereich, stark zugenommen. Die Auseinandersetzung in den geisteswissenschaftlichen Fächern, insbesondere der Ethik dagegen ist gering. So fordert die Deutsche Forschungsgesellschaft (DFG) in einem Plädoyer, die ethischen Aspekte in den Diskurs miteinzubeziehen.⁶ Diesem Manko soll mit dieser Arbeit entgegengetreten werden.

2 Die USA hatte bereits in den 1930er Jahren eine Dürre nahezu apokalyptischen Ausmaßes, deren Grundstein in den Jahren 1878-1887 gelegt wurde. Der Erste Weltkrieg wirkte zusätzlich als Katalysator, sodass in den 1930er Jahren ganze Landstriche der USA nicht mehr nutzbar gemacht werden konnten. Der Kulminationspunkt war der 14. April 1935, auch Black Sunday genannt, als von Colorado bis Washington D.C. Sandstürme wüteten und den Tag zur Nacht verwandelten. Vgl. Worster 1979.

3 Wissenschaftlichen Daten zufolge, hat der enorm gefallene Grundwasserpegel dazu geführt, dass sich der Erdboden erhoben hat. Vgl. Bursa et al. 2014.

4 Vgl. Crutzen 2006. Crutzen sieht die Versuche der politischen Entscheidungsfindung als gescheitert an und will seine Methode als ultima ratio verstanden wissen, wenn also der Klimawandel das Kollabieren der Biosphäre bedroht. Zudem muss die Maßnahme wissenschaftlich abgesichert sein. Ebda. :217.

5 Zwar wurde die Kontrolle des Wetters zu Zeiten des Kalten Krieges zu militärischen Zwecken als Option angedacht, jedoch nie sichtbar angewandt.

6 Vgl. DFG 2012 :7.

Dazu wird zunächst (Kapitel 1) das neu proklamierte Zeitalter des Anthropozän näher beleuchtet. Folgend (Kapitel 2) werden die Maßnahmen zur Beeinflussung des Wetters, beziehungsweise des Klimas mit technologischen Mitteln gezeichnet und kritisch dargestellt. Die ethische Analyse (Kapitel 3) setzt sich tiefgreifend mit den Büchern „Prinzip Verantwortung“⁷ und „Technik, Medizin und Ethik“⁸ des Wissenschaftlers Hans Jonas auseinander. Zentrale Aspekte der Verantwortung im Allgemeinen sollen dabei ebenso ausgearbeitet werden, wie spezifisch praktische Forderungen an die Wissenschaft. Ziel ist es dabei, das Prinzip Verantwortung für den Diskurs Climate Engineering zu öffnen.

⁷ Jonas 1986.

⁸ Jonas 1987.

1 Das Anthropozän –

Der Mensch als Einflussfaktor

Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) von 1992 konstatierte, dass „die gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“⁹ verhindert und die globale Erwärmung verlangsamt werden muss. Erst auf der Konferenz in Cancún (2010) jedoch, hat man sich darauf einigen können, die Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf zwei Grad Celsius, gemessen am Beginn des Industriezeitalters, zu begrenzen.¹⁰

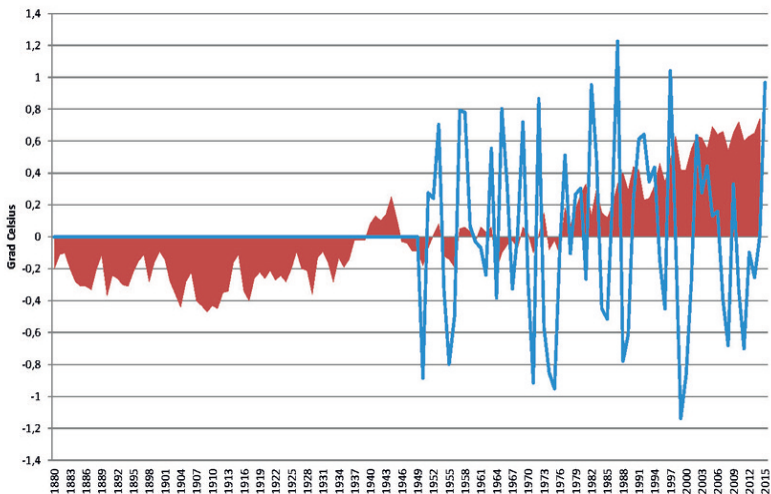


Abbildung 1: Schwankungen der Durchschnittstemperatur seit 1880 und des El-Niño-Phänomens seit 1950. Eigene Darstellung (NASA 2015 und NOAA 2015b)

Wie in der Einleitung erwähnt und in Abbildung 1 zu sehen, nähern wir uns bereits jetzt der Erwärmung um ein Grad Celsius, und haben somit die Hälfte unseres "Bud-

9 UNFCCC 1992, Artikel 2.

10 Vgl. UNFCCC 2011 :23.; Vgl. Rademacher 2014 :303.

gets" ausgeschöpft. Eine weitere symbolische Zahl ist 350 ppm (*particles per million*). Sie ist eine Forderung des Wissenschaftlers James Hansen, demzufolge die ausgestoßene Treibhausgasmenge auf ebendiese 350 ppm reduziert werden muss.¹¹ Insbesondere die Emission von Aerosolen und Treibhausgasen (hier vor allem CO₂) in die

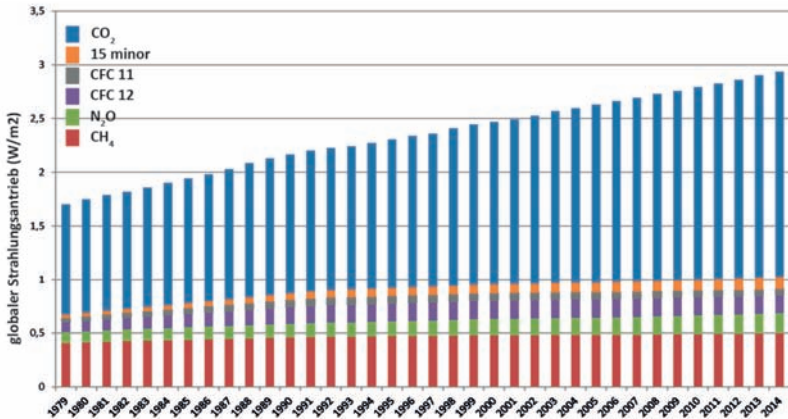


Abbildung 2: Anthropogen verursachte Treibhausgase nach Gruppen (1979–2014). Eigene Darstellung (NOOA 2015)

Atmosphäre in Quantität und Haltbarkeit sind das zentrale Problem, da diese erwärmend wirken. Im Dezember 2014 wurden 399,39 ppm¹² ausgestoßen, eine Reduktion ist nicht in Sicht.

Sowohl der vierte als auch der fünfte Sachstandsbericht des *International Panel on Climate Change* (IPCC)¹³ machen es deutlich: Die Erwärmung des globalen Klimas ist anthropogener Natur. Es ist evident, dass zum einen die enorme Bevölkerungszunahme, zum anderen aber die globalisierte Ökonomie zur Hauptlast der Emissionen bei

11 Vgl. Hansen et al. 2008; Rickels et al. 2011 :11 f.

12 Vgl. Dlugokencky, Tans :2014.

13 Vgl. IPCC 2007; IPCC 2014.

Direkte Treibhausgas-Emissionen nach ökonomischen Sektoren

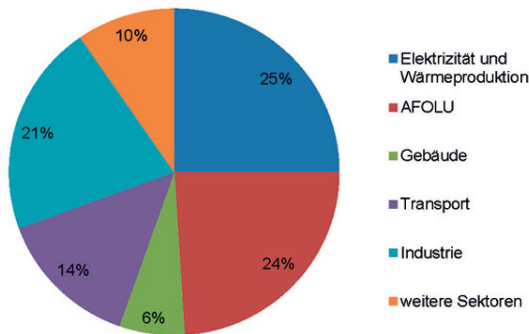


Abbildung 3: Treibhausgas-Emissionen nach ökonomischen Sektoren (IPCC 2014a). Eigene Darstellung

thropogen verursachte Treibhausgase. Der Strahlungsantrieb gibt den in der Atmosphäre stattfindenden Wechsel zwischen der eintretenden (kurzwelligen) und austretenden (langwelligen) Sonnenstrahlung an. Eine Zunahme des Strahlungsantriebs (radiative forcing) bedeutet ein Ungleichgewicht zwischen beiden Energien und damit eine Erwärmung der Erdoberfläche. Das Erreichen von rund 3,5 bis 4 Watt pro m^2 (W/m^2) würde zu einer Temperaturerhöhung von rund 1,2 Grad Celsius führen. Abbildung 3 liefert weitere Fakten zur Untermauerung des anthropogenen Einflusses in Verbindung mit den verschiedenen ökonomischen Sektoren. Die ökonomischen Sektoren der Elektrizitäts- und Heizproduktion (25 Prozent), Landwirtschaft, Forstwirtschaft, der Industrie und des Transportwesens (AFOLU, 24 Prozent) sind nebst der Industrie (21 Prozent) dabei die Hauptverantwortlichen direkter Emissionen. Der Mensch ist der größte und mächtigste Wirkfaktor auf dem Planeten, dessen Handlung

gen globale Auswirkung haben. Dies hat Paul Crutzen im Jahre 2002 zum Anlass genommen, das Zeitalter des Anthropozän (*anthropos*, Mensch) zu proklamieren.¹⁴ Ein Begriff, der seither sukzessive in der Wissenschaft debattiert wird. Im 2007 erschienen Artikel in *Ambio*¹⁵ wird das Narrativ des Anthropozän anhand chronologisch aufeinanderfolgender Ereigniszeiträume aufgebaut, die hier in kurzer Form dargestellt und erweitert werden.

1.1 Phase 1: Die Ära der Industrialisierung (ca. 1800–1945)

Die Wissenschaft ist sich uneinig, welche Faktoren den Beginn der Industrialisierung begünstigten. Manche nennen die Knappheit materieller Güter, wie Holz oder Wasser, die auch geographisch ungleicher Verteilung unterliegen. Andere nennen das Aufkommen sozialer und politischer Systemdysfunktionen als genuine Faktoren der Industrialisierung.¹⁶ Es ist anzunehmen, dass es eine Kombination beider Strömungen ist, gekoppelt an den durch die Aufklärung erschaffenen Erfindergeist, die zusammen einen Transformationsprozess angetrieben haben. Dabei wurden Techniken verbessert und neue erfunden. Insbesondere die Dampfmaschine¹⁷, die Gewinnung fossiler Brennstoffe und die daran gekoppelten Verbrennungsmotoren führten zu einer starken Veränderung – allen voran der Landwirtschaft. Zum einen wurde sowohl die menschliche als auch die tierische Muskelkraft

14 Crutzen 2002. Crutzen hat diesen Begriff zusammen mit Stroemer entwickelt und bereits zwei Jahre zuvor in einer Tagung verbal eingeworfen, jedoch erst später niedergeschrieben. Vgl. Crutzen, Stroemer 2000, auch Crutzen 2006, Steffen et al. 2004. Kritik zum Terminus Anthropozän: Vgl. Crist 2013; Rose et al. 2012; Malm, Hornborg 2014.

15 Steffen et al. 2007.

16 Vgl. Ebda :616.

17 So nennt Crutzen die Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt als Beginn einer neuen Epoche. Vgl. Crutzen 2002.

durch die Dampfmaschine und den Verbrennungsmotor ersetzt.¹⁸ Hinzu kam der Einsatz chemischer Düngemittel, eine Erfindung des deutschen Chemikers Fritz Haber¹⁹, die natürliche Regenerationszyklen in der Landwirtschaft verkürzten und folglich die Produktion steigerten.²⁰ Die ländliche Modifikation – Rodung, Staudämme, Ackerböden, etc. – erhöhte sich zwischen 1800 und 1950 um circa 20 Prozent auf insgesamt 30 Prozent der Gesamtoberfläche.²¹ Massenproduktion bedeutet auch die Notwendigkeit neuer Absatzorte. Der Transport von Lebensmitteln in weit entfernte Regionen konnte durch die Perfektionierung der Kühlsysteme bewerkstelligt werden.

All diese Effekte führten zu einer rasant gestiegenen atmosphärischen CO₂-Konzentration.

Die bis dahin geltenden Toleranzgrenzen für CO₂ im Zeitalter des Holozän wurden um 25 ppm überschritten.²² Der Beginn einer neuen Ära wurde eingeläutet.

1.2 Phase 2: Die Große Beschleunigung (1945–2015)

Es ist evident, dass die drei großen Ereignisse des 20. Jahrhunderts (Erster Weltkrieg, die große Depression und der Zweite Weltkrieg) dazu geführt haben, die Geburtenrate und damit auch das Bevölkerungswachstum zu senken, respektive niedrig zu halten.²³ Auch die

18 Vgl. Brynjolfsson, McAfee 2014 :6 f. In ihrem Buch nennen Brynjolfsson und McAfee die Industrielle Revolution als das Erste Maschinenalter (first machine age).

19 Fritz Haber gelang es Anfang des 20. Jahrhunderts die katalytische Synthetisierung von Ammoniak aus Nitrogen (Stickstoff) und Wasserstoff herzustellen. Leider wurde seine Erfindung auch zu militärischen Zwecken (Chlorgas und Phosgen) missbraucht.

20 In den USA führte die extreme Produktionssteigerung durch Rodung, Maschinen- und Düngemiteileinsatz zu einer der schlimmsten Dürren aller Zeiten. Ein Katalysator war der Erste Weltkrieg. Vgl. Fußnote 1, vgl. Worster 1979. Dennoch zeigten sich große Teile der Bevölkerung unnachlässig und nutzten Tag und Nacht ihre Maschinen zur Nutzbarmachung des Bodens – eben jenem Faktor, der zur Dürre maßgeblich war.

21 Vgl. Steffen et al. 2007 :616.

22 Vgl. Ebda :616.

23 Vgl. Steffen et al. 2007 :618.

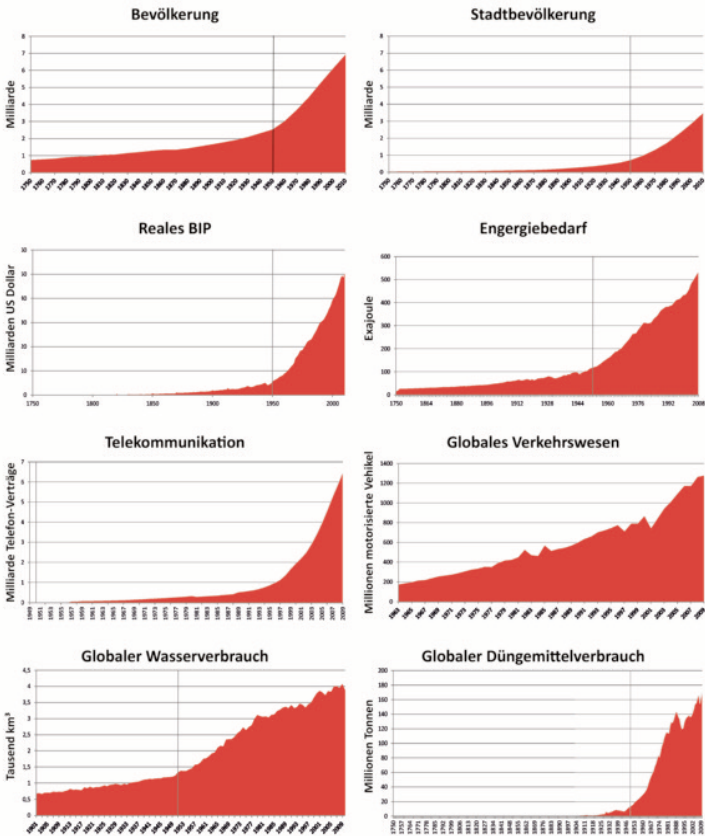


Abbildung 4: Darstellung ansteigender Raten menschlicher Aktivität seit der Industriellen Revolution (Auswahl). Eigene Darstellung (IGBP 2014a)

Urbanisierung wurde durch die sozialen und ökologischen Folgen gehemmt. Gleichwohl folgte der Entschleunigung eine Konsolidierungs- und Beschleunigungsphase²⁴, deren Schubkraft ökologisch relevante Faktoren nach oben schnellen ließ. Zudem wurden bisher unbekannte Faktoren, oder Faktoren, die im statistischen Rauschen ungefil-

²⁴ Zwischen 1945 und 1950.

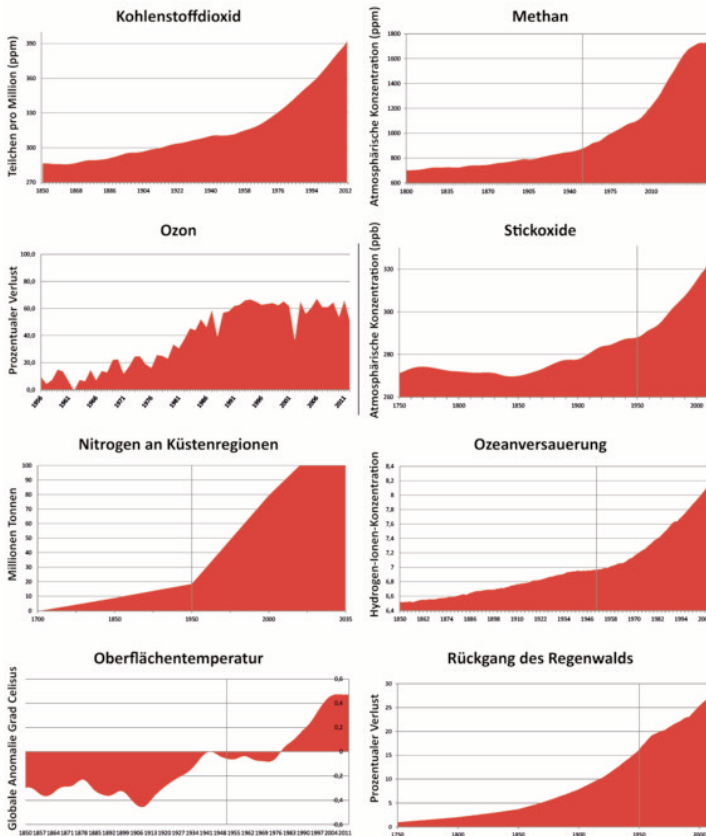


Abbildung 5: Darstellung der Erdsystemischen Trends (Auswahl). Eigene Darstellung (IGBP 2014b)

tert blieben, zu signifikanten Multiplikatoren. Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg explodierte die menschliche Aktivität. Das Bevölkerungswachstum, die Wassernutzung und dessen Umleitung oder Konzentration (Staudämme), die Anwendung von Düngemittel, die internationale Kommunikation oder die Nutzung des Verbrennungsmotors – die menschliche Unternehmung durchschreitet bis dato unbekannte Ausmaße.

Die Natur wurde seit 1945 sukzessive verdrängt, in Nationalparks eingezäunt und mit der Schaffung urbaner Areale sozial manifestiert. Spezifische, medial vermittelte Ideale und Werte sollten gelebt werden. In den USA, beispielsweise, wurden Vororte und Reihenhäuser einem Baukasten-Prinzip gleich, gebaut. Deren Eingangsbereich war von einem Vorgarten geschmückt, dessen Pflege, einer genuin europäischen Gattung Grases, gerade zu Zeiten des Krieges mit nationaler Symbolkraft aufgeladen wurde. Die Folge war ein rapider Anstieg chemischer Düngemittelverwendung.²⁵ Die Mobilität nahm nicht zuletzt durch den Zusatz von Blei²⁶ an Fahrt auf. Die Nutzung motorisierter Vehikel steigerte sich von 40 auf heute circa 700 Millionen. Seit 1960 hat sich der Verbrauch von Petroleum um den Faktor 3,5 und die Tendenz der Verstädterung um 50 Prozent erhöht.²⁷ Eine Reduktion ist nicht abzusehen.

Nach den Phasen großer Unsicherheit durch den Ersten Weltkrieg, die große Depression und den Zweiten Weltkrieg, wurden Institutionen konstruiert und konstituiert, um Stabilität zu generieren. Dabei waren insbesondere die ökonomische und soziale Sicherheit im Fokus der Entscheidungsträger.²⁸

Sowohl während, als auch verstärkt nach dem Zweiten Weltkrieg wurden *epistemic communities* aufgebaut, insbesondere in den USA und Großbritannien.²⁹ Dabei wurde die Kommunikation zwischen Wissenschaftlern erleichtert, ja sogar forciert, um einen technischen Fortschritt zu

25 Vgl. Steinberg 2002, hier insb. 206 ff. Steinberg liefert eine hervorragende Darstellung zur interdependenten Beziehung zwischen Natur und der US-amerikanischen Geschichte.

26 Die Zuführung von Blei geht auf Thomas Midgley zurück, der das Blei nur zufällig bei seiner Forschung entdeckte. Durch den Zusatz von Blei in das Benzin wird das Schlagen des Motors reduziert und die Motorleistung erhöht. Midgley synthetisierte auch das erste Fluorochlorkohlenwasserstoff (FCKW). Vgl. Steinberg 2002 :207.

27 Vgl. Steffen et al. 2015 :9.

28 Die aus französischer und deutscher Initiative hervorgegangenen Institutionen, Europäische Währungsunion und Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl hatten als basalen Impetus ebendiese Werte.

29 Beispielsweise das Manhattan-Projekt, geleitet von Robert Oppenheimer, oder Bletchley Park, dessen akademische Speerspitze Alan Turing war.

erlangen, sodass massive staatliche Investitionen in Wissenschaft und Technik flossen. Während des Krieges, um das nationalsozialistische Deutschland zu besiegen, danach, um im Kalten Krieg das Sicherheitsdilemma zu dominieren – ein Wettlauf, der die westliche Ökonomie angetrieben und die östliche Planwirtschaft in den Abgrund getrieben hat. Die Erde wurde zu einem Schachbrett geformt, auf dem die politischen Entscheidungsträger das komplexe natürliche System nicht in die Kalkulationen integriert hatten.³⁰ Steffen et al. zufolge, gibt es seit 1950 eine Steigerung der CO₂-Konzentration von circa 75% - von 310 ppm auf 380 ppm. Die restlichen 25 Prozent wurden in den letzten 30 Jahren generiert³¹ – dem Zeitraum, in dem die wohl eindrucksvollste Revolution eine enorme Schubkraft entwickelt hat– die Computertechnologie, respektive die Digitaltechnologie.³² Bis auf wenige dunkle Flecken, ist die komplette Erde durch ein virtuelles Netz miteinander verwoben. Die Welt ist ein globales Dorf³³ geworden.

Die Menschheit ist die geologisch wirkmächtigste Kraft geworden. Steffen et al. fassen es folgendermaßen zusammen:

30 Vgl. Steffen et al. 2007 :618. Kenneth N. Waltz, der Begründer des Neo-Realismus begründete seine noch immer einflussreiche Theorie mit der Prämisse der negativen Anthropologie des Menschen, in der alles dem Streben nach Macht als (Selbst-)Zweck untergeordnet wird. Analog gilt dies für Staaten. Militärische Machtmittel (capabilities) sind dabei ausschlaggebend für die Struktur des internationalen Systems.

31 Vgl. Steffen et al. 2007 :618.

32 Alan Turing lieferte bahnbrechende Ergebnisse und Methoden zur Konstruktion des Computers, aber auch der Künstlichen Intelligenz. Wie aber die Dampfmaschine einen gewissen Zeitraum gebraucht hat, um verbessert zu werden und dessen Nutzung Auswirkungen auf Ökonomie, Ökologie und Soziales mit sich brachte, so ist es auch in der Computertechnologie auszumachen.

33 Ein Terminus den Marshall McLuhan durch sein Buch *The Gutenberg Galaxy* in den Diskurs eingeführt und später präzisiert hat. Ihm zufolge verbinden sich alle existierenden Gesellschaften zu einem globalen Stamm, ein elektronisch erzeugtes Dorf. Vgl. McLuhan (1962) 2011.

„Today, humankind has begun to match and even exceed nature in terms of changing the biosphere and impacting other facets of Earth System functioning. The magnitude, spatial scale, and pace of human-induced change are unprecedented. Human activity now equals or surpasses nature in several biogeochemical cycles. The spatial reach of the impacts is global, either through the flows of the Earth's cycles or the cumulative changes in its states. The speed of these changes is on the order of decades to centuries, not the centuries to millennia pace of comparable“³⁴

Ein Fakt, der auch vom IPCC in seinem fünften Sachstandsbericht bestätigt wird: „Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig und es ist äußerst wahrscheinlich, dass der menschliche Einfluss die Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts war.“³⁵

1.3 Phase 3: Lenker des Erdsystems? (seit 2015)

Kann der Gründer des Problems, der Mensch, auch seine Fähigkeiten nutzen, um die Veränderungen und dessen existentiellen Folgen zu mildern, oder gar rückgängig machen? Oder verlassen sich die politischen Entscheidungsträger auf zukünftige technologische Errungenschaften, die gegenwärtige ad-hoc-Maßnahmen überflüssig machen?

Steffen et al. eröffnen drei potentielle Szenarien für die Zukunft.³⁶

³⁴ Steffen et al. 2004 :14.

³⁵ IPCC 2014. Der Terminus äußerst wahrscheinlich entspricht einer Wahrscheinlichkeit von 95 bis 100 Prozent.

³⁶ Vgl. Steffen et al. 2007 :618 f.

1.3.1 Business-as-usual

Ökonomische Prämissen dominieren vorwiegend in diesem Szenario. Es werden keine Maßnahmen getroffen, um Produktion und Konsum zu drosseln, da die Überzeugung vorherrscht, dass die klimatischen Veränderung in ihrer Wirkkraft keine großen globalen Katastrophen hervorbringen werden, weder für das ökonomische noch das gesellschaftliche System. Kleine Dysfunktionen auf lokaler Ebene können aufgefangen werden, finanzielle Mittel zur proaktiven Sicherheitspolitik (zur Eindämmung beziehungsweise Verringerung) können für latente globale oder lokale Krisenherde eingesetzt werden.

1.3.2 Mitigation

Dieser Ansatz erkennt die Notwendigkeit möglichst zeitnaher Mitteleinsetzung an, um die Hauptfaktoren der bestehenden Situation in Quantität und Qualität zu mindern.

Dieses Vorhaben muss dabei sowohl beim Einsatz von Technik als auch im Bereich des Ressourcenmanagement wohl durchdacht sein.³⁷ Die Forschung hat weitreichende Kenntnisse über das Klima, die menschliche und tierische Population erlangt. Informations- und Netzwerksysteme zum Austausch jeglicher Daten sind vorhanden, sodass interdisziplinäre Kooperationen genutzt werden können, um den anthropogenen Einfluss auf die Erde positiv zu nutzen und ein maßvolles Miteinander zu ermöglichen. Dies verlangt aber auch einen Wechsel des nachhaltigen Umgangs, dessen dominierender Werte und des individuellen Verhaltens. Ein sehr schweres Unterfangen.

³⁷ Vgl. Steffen et al. 2007 :619.

Die Janusköpfigkeit der Technologie muss durch die positiven Aspekte dominiert werden. Es ist evident, dass Technologie auf dieser Erde eine sehr wichtige Rolle spielt. Sie muss aber statt zur Zerstörung der Natur zu deren Stärkung beitragen. Viele technologische Errungenschaften sind dabei noch im Anfangsstadium.³⁸

1.3.3 Option Geo-Engineering

Das dritte Szenario umfasst einen, auf globaler Skala, weitreichenden Einfluss technologischer Mittel, um die Faktoren der Klimaerwärmung einzudämmen. Diese Maßnahmen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

38 Vgl. Steffen et al. 2007 :619.

„The severity of global change, particularly changes to the climate system, may force societies to consider more drastic options. (...) In this situation some argue for geo-engineering solutions, a highly controversial topic. Geo-engineering involves purposeful manipulation by humans of global-scale Earth System processes with the intention of counteracting anthropogenically driven environmental change”³⁹

39 Steffen et al. 2007 :619.

2 Vorsätzliche Eingriffe in das System Klima

2.1 Definition und Kategorisierung

Geo-Engineering (GE) umfasst alle technologischen Hilfsmittel, um das Klima großflächig zu beeinflussen. Technische und biochemische und biophysische Vorgänge werden gezielt eingesetzt – darauf soll das Wort hinweisen – um die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu senken, oder die Strahlungsbilanz der Erde direkt zu beeinflussen.⁴⁰ Das Ziel soll es sein, den anthropogen verursachten Klimawandel abzuschwächen. GE umfasst dabei nicht die Veränderung, Modifikation oder Transformation von Landabschnitten.⁴¹ Aufgrund dessen erscheint der Begriff des Climate Engineering angemessener und wird in dieser Arbeit als Referenzbegriff verwendet.⁴² Die Methode des bei Produktion anfallenden CO₂ und dessen sofortige Speicherung (CarbonCaptureStorage-CCS) fällt nicht unter den Begriff des CE, da bei eben genannter Methode das CO₂ getrennt und gelagert wird, bevor es in die Atmosphäre gelangt.⁴³ CE soll die Folgen des bereits vorhandenen CO₂ und insbesondere dessen Folgen mildern. CE-Technologien fallen des weiteren nicht unter den Mitigation-Ansatz, da letztere darauf zielen, die Effekte der CO₂-Emissionen zu reduzieren.

CE-Technologien lassen sich in zwei Kategorien fassen:

40 Vgl. Rickels et al. 2011 :9; Wiesnet 2012 :240 f.

41 Vgl. Meyers 2012 :4104. In der enzyklopädischen Definition wird das Wort *deliberate* verwendet. In der Übersetzung kann es sowohl als *bewusst/absichtlich/vorsätzlich* verwendet werden, als auch im Sinne von *wohldurchdacht/bedacht*. Gerade aufgrund der inkohärenten, manchmal gar widersprüchlichen Ergebnisse wird in dieser Ausarbeitung eine intendierte Klimaveränderung als angemessene Übersetzung favorisiert. In der enzyklopädischen Definition wird von beratender Anwendung geschrieben – so auch bei Renn 2012. Da die beratende (Entscheidungs-)ebene nicht klar definierbar ist und unter Umständen keine bilateralen oder multilateralen Beratungen stattfinden könnten, wird hier davon abgesehen, diesen Terminus zu verwenden.

42 Vgl. Rickels et al. 2011 :9; Betz, Cacean 2011 :10.

43 Vgl. Rickels et al. 2011 :9; Vaughan, Nathan 2011 :746

Radiation Management (RM, Kapitel 2.2) und *Carbon Dioxide Removal* (CDR, Kapitel 2.3).

Erstere Kategorie (RM) soll die gestörte Strahlungsbilanz der Erde direkt beeinflussen. Es soll einerseits versucht werden, die kurzwellige Sonneneinstrahlung zu reduzieren (Reflektoren). Andererseits wird erforscht, die Rückstrahlung (Wolken-Albedo-*Enhancement*) und/ oder die langwellige Abstrahlung zu erhöhen (Wolken-Albedo-Modifikation der Erdoberfläche). Die genannten Maßnahmen wirken in ihrer Gänze symptomatisch, da durch sie die Temperatur der unteren Atmosphäre beeinflusst wird. Die Ursache selbst wird dadurch aber nicht bekämpft.

CDR bildet die zweite Methode. Sie umfasst biologische, chemische und physikalische Prozesse, die die bereits in der Atmosphäre befindliche Treibhausgaskonzentration vermindern sollen und dabei analog zur natürlichen CO_2 -

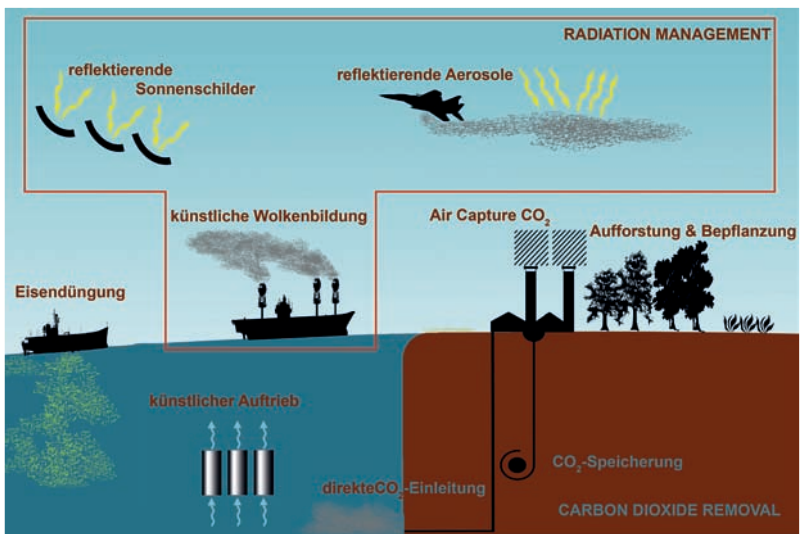


Abbildung 6: Darstellung der RM-Methoden (Eigene Darstellung)

Sequestrierung wirken.⁴⁴ Im Gegensatz zu den Maßnahmen des Strahlungsmanagements (RM), wirken die Prozesse des CDR der Ursache entgegen. En Gros sollen die Maßnahmen des CDR die CO₂-Aufnahmerate der Ozeane beschleunigen.

2.2 Radiation Management-Technologien

Durch Maßnahmen des RM soll die durchschnittliche Temperatur auf der Erde gesenkt werden, ohne die Konzentration der Treibhausgase zu reduzieren. Das Ziel dieser Vorgehensweisen ist es, die auf die Erdoberfläche

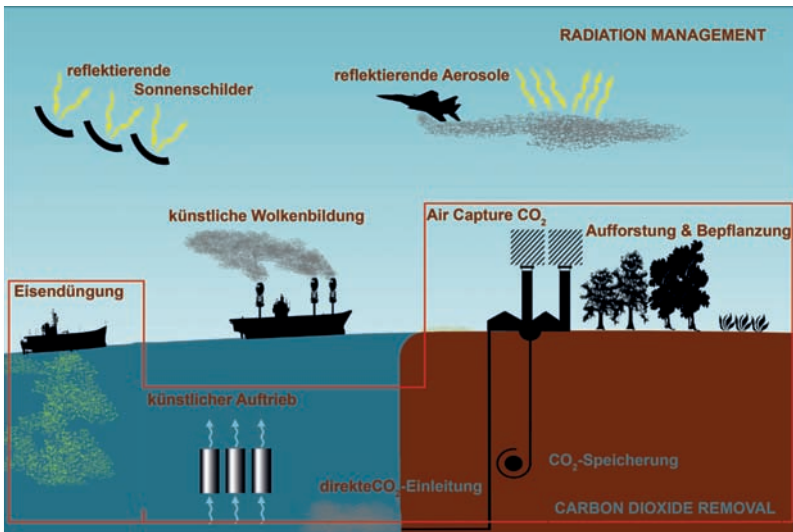


Abbildung 7: Darstellung der CDR-Methoden (Eigene Darstellung)

44 CE-Methoden sind aus der Sicht des Autors nicht gleichbedeutend mit natürlichen Prozessen. Vielmehr sind es technisch, biologisch, chemisch oder physisch vom Menschen erdachte und erschaffene Vorgehensweisen, um genuin natürliche Prozesse herbeizuführen oder sie zu verstärken, um das Klima den menschlichen Wünschen entsprechend zu erschaffen. Die Methoden sollen auch nicht wie natürliche Prozesse dargestellt werden. Vgl. Corner, Pidgeon 2014.

eintreffende Sonneneinstrahlung zu reduzieren, beziehungsweise diese wieder in den Weltraum zu reflektieren. Sie lösen folglich nicht die Ursache erhöhter Treibhausgaskonzentrationen, sondern zielen vielmehr darauf, das Symptom des Patienten zu lindern.

Im Portfolio des *Radiation Management* wird zwischen zwei übergeordneten Kategorien unterschieden: Das *Solar RM*, das dazu dient, die einfallende Sonneneinstrahlung zu reduzieren und das *Thermal RM*, dessen Ziel es sein soll, die Wärmeabstrahlung zu erhöhen.

2.2.1 Reflektoren im Weltall

Bei dieser Methode soll reflektierendes Material über stabile Inertialbahnen zwischen Erde und Sonne angebracht werden, um die kurzweilige Einstrahlung in den Weltraum zurück zu reflektieren.

Die technische Umsetzbarkeit von Sonnenreflektoren ist bis dato jedoch aus verschiedenen Gründen nahezu unmöglich. Der Einsatz an Material ist enorm hoch, die Beförderung in die notwendigen Umlaufbahnen wäre zum jetzigen Zeitpunkt nur durch Raketen möglich, wodurch die Kosten in exorbitante Höhen schnellen würden.

Zudem ist eine gleichmäßige Abschattung der Erde schwierig zu erreichen, da die Spiegelfläche doppelt so groß sein müsste wie die Erdquerschnittsfläche. Des Weiteren bestünde die Notwendigkeit, die Position ständig zu korrigieren. Enorm hohe Computerleistungen müssten dazu bereitgestellt werden, wodurch hohe Energiekosten verursacht werden würden.

Auch muss der Aspekt der internationalen Beziehungen näher beleuchtet werden. Das Testen und Befördern von reflektierenden Materialien in die Erdumlaufbahn bedeutet die Vermüllung des Weltalls zu riskieren. Sicherheitspolitisch betrachtet, könnten manche Länder Nach-

teile erleiden, sodass sowohl gegen die Gemeinwohlklausel als auch gegen die Umweltverträglichkeitsklausel verstoßen werden würde.

2.2.2 Aerosole in der Stratosphäre

Aerosole sind in der Luft schwebende, feste (z. B. Schwebestaub) oder flüssige Teilchen (z. B. Nebel), die sowohl durch natürliche, als auch durch menschliche Aktivität entstehen können, beispielsweise durch Verbrennungsprozesse. So gehören Ruß, (Mineral-)Staub aber auch Sulfat zu den gängigsten Formen von Aerosolen. Sulfataerosole entstehen durch Reaktion von Schwefeldioxid (SO_2) mit weiteren Stoffen.⁴⁵ SO_2 ist kein chemischer Stoff. Er ist natürlich und wird tagtäglich in kleinen Mengen produziert. Die Wirkung von sehr hohen Mengen an SO_2 hat die Menschheit schmerzlich miterlebt. So in den Jahren 1815 bis 1819, als der Vulkan Tambora, im heutigen Indonesien, circa 130 Megatonnen SO_2 -ähnlichem Material ausstieß und durch die Luft über den gesamten Erdball verteilte. Es wird vermutet, dass dieser Ausbruch der Grund für extreme klimatische Veränderungen war – der Sommer des Jahres 1815 wurde in Nord-Amerika und Europa zum „Jahr ohne Sommer“, in den Folgejahren gab es Hungersnöte durch Ernteausfälle und schwere klimatische Dysfunktionen.⁴⁶ Im Jahr 1991 führte der Ausbruch des Vulkan Pinatubo zu einem Ausstoß von circa 20 Millionen Tonnen Schwefel und einer Abkühlung der Erdoberfläche um 0,5 Grad Celsius.⁴⁷ Im Jahr 2010 hat der Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull den nord- und mitteleuropäischen Flugverkehr durch die austretende Vulkanasche stark beeinträchtigt

SO_2 weist also eine abkühlende Wirkung auf, wenn es

45 Vgl. Rickels et al. 2011 :45.

46 Vgl. Hamilton 2013 :58.

47 Vgl. Crutzen 2006 :212.

in die Tropo- und Stratosphäre⁴⁸ gelangt. Aerosole erhöhen überwiegend die Rückstrahlung kurzweiliger Sonneneinstrahlungen und haben einen kühlenden Effekt, wie bereits genannte natürliche Ereignisse eindrucksvoll verifiziert haben. So ist es nicht verwunderlich, dass die Möglichkeit der „Injizierung“⁴⁹ von Aerosolen – hier speziell von Sulfat – als Lösungsmöglichkeit diskutiert wird. Insbesondere die Zuführung von Aerosolen in die Stratosphäre wird diskutiert, da sie im Gegensatz zu Troposphäre, für circa ein bis zwei Jahre in der Atmosphäre verbleiben.⁵⁰

Vorschläge zur Umsetzbarkeit gibt es auch hier. Eine Möglichkeit besteht darin, Schwefelsäureaerosole über Schläuche, die an Heliumballons angebracht sind und Kontakt mit der Erde haben, in die Atmosphäre zu pumpen. Jedoch zeigen erste Ergebnisse der Forschung, dass die Schwefelmengen nach oben und die Haltbarkeit in der Stratosphäre nach unten korrigiert werden muss. Ähnliche Forschungen gibt es mit Aluminiumpartikeln, jedoch befindet man sich auch hier im Anfangsstadium. Eine weitere Möglichkeit wäre die Einbringung von Aerosolen über Verkehrsflugzeuge. Obschon die Kosten im Zuge der Forschung nach oben korrigiert werden, ist die Anwendung dieser Methode relational gesehen kostengünstig – bis zu 200 Milliarden US-Dollar pro Jahr werden angesetzt.⁵¹ Daher wird die Nutzung stratosphäarer Aerosolanbringung besonders heftig debattiert. Somit ist die Forschung herausgefordert, weitere Tests durchzuführen, denn bisher entwickelte Computermodelle basieren auf stark vereinfachten Annahmen, die der Komplexität der Natur nicht genügend Rechnung tragen. So ist beispielsweise die Annahme der Tropfenkonzentration in Modellrechnungen

48 Die Troposphäre beginnt bei 15 km, die Stratosphäre bei 50 km, ihr folgt dann die Mesosphäre.

49 In der Literatur zu CE wird häufig Fachjargon der Medizin und Ingenieurstechnik verwendet. Dies soll auf die Genauigkeit der verwendeten Werkzeuge und Einsatzmittel hinweisen.

50 Vgl. Rickels et al. 2011 :45.

51 Vgl. Lin 2013 :121.

nicht realistisch, da ein geringerer Albedo-Effekt erzielt wird als errechnet. Somit verbergen sich mannigfaltige Gefahren, wie die Natur bewiesen hat. Nebst einer unvorhergesehenen Verdunkelung, muss mit Effekten auf den hydrologischen Kreislauf, Versauerung, Entrophierung und bodennahem Ozon gerechnet werden, wenn Höchstgrenzen missachtet werden. Auch die Gefahr ungenauer Ergebnisse durch fehlerhafte Kalkulationen und schlecht justierte Computermodelle ist vorhanden.⁵²

Langfristige Auswirkungen durch Aerosol-Injizierung liegen noch viel mehr im Nebel der Ungewissheit. Auch hier gibt es errechnete Modelle, die ergeben, dass die Nutzung von Aerosolen mit Sicherheit zu Veränderungen der asiatischen und afrikanischen Monsune und der damit verbundenen Wetterkreisläufe führen würden, sodass mit ernstzunehmenden Folgen für Sicherheit und Nahrungsmittelzugang zu rechnen wäre.⁵³ Infolgedessen müsste mit einer Verschlimmerung der schon jetzt fatalen Nahrungsmittelzugänge gerechnet werden.

Daneben sind aber auch sicherheitspolitische Aspekte aufzuführen, die aufgrund der potentiell unilateral anwendbaren Technik, negative Auswirkungen auf Nachbarregionen haben kann, wodurch sich bilaterale zwischenstaatliche Spannungen zu einem ernsthaften Konflikt ausweiten könnten.

2.2.3 Modifikation mariner Schichtwolken

Wolken spielen für die Temperatur auf der Erde eine eminent wichtige Rolle, indem sie die Permeabilität der Sonneneinstrahlung beeinflussen. Insbesondere der Weißheitsgrad, als auch die Dicke sind dabei von entscheiden-

52 Vgl. Rickels et al. 2011 :154; Hamilton 2013 :54.

53 Vgl. Lin 2013 :122. Es ist erwiesen, dass insbesondere zwischen den ökologischen Systemen Zentralafrikas und Süd-Amerikas enge Verbindungen bestehen. Jedes Jahr wird Sandstaub aus der afrikanischen Region gen Südamerika getragen. Das darin enthaltene Phosphoristals Wachstumsnährstoff für dortige Pflanzen wichtig.

der Bedeutung.

Schichtwolken, auch Stratokumuluswolken genannt, sind dicke, in niedrigen Höhen sich befindende Wolken. Ihre Albedo, die kurzwellige Rückstrahlung, ist besonders hoch, ihre Wirkung abkühlend und ihr Vorkommen ist insbesondere über Ozeanen auszumachen. Zu circa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Ozeane werden mit marinen Schichtwolken bedeckt. Nord-Pazifik (nordwestlich der Vereinigten Staaten von Amerika), Süd-Pazifik (Küstenregion Chiles) und der Süd-Atlantik wären dabei besonders im Fokus stehende Gebiete.

Das Ziel innerhalb der CE-Forschung ist es, diese Stratokumuluswolken sowohl zu bilden, als auch die gebildeten Wolken in ihrer Haltbarkeit aufrechtzuerhalten. Zentral dabei ist der sogenannte *Twomey-Effekt*.⁵⁴ Um die Albedo zu erhöhen, bedarf es eines Anstiegs der Aerosole in der Atmosphäre, sodass sich um diese Partikel Wasserkondensation herum bilden kann.⁵⁵ Wie bereits gezeigt, gibt es mannigfaltige Aerosol-Teilchen, jedoch sollen für die Modifikation mariner Stratokumuluswolken insbesondere Seesalzpartikel Verwendung finden. Der Grund liegt dabei im bereits erwähnten erhöhten Vorkommen der Schichtwolken im marinen Bereich. Vorreiter der Idee zur Modifikation sind John Latham, Atmosphärenphysiker an der Universität Manchester und Stephen Salter, Ingenieur an der Universität Edinburgh. Ihnen zufolge könnten sogenannte Flettnerschiffe (*fleet ships*) Seesalzpartikel in einem globalen Umfang von 23 Kubikmeter pro Sekunde⁵⁶ in 30 Meter Höhe sprühen. Bei geeigneter Luftfeuchtigkeit und durch natürliche Turbulenzen der Luft würden diese Substanzen nach oben getragen und von den Strato-

54 Vgl. Twomey 1977 und 1991.

55 Vgl. Hamilton 2013 :52 f.; Rickels et al 2011 :47.

56 Vgl. Rickels et al. 2011 :47.

kumuluswolken aufgenommen und in deren Kreislauf eingebunden werden. Die Haltbarkeit liegt bei wenigen Tagen bis Wochen. Wissenschaftlichen Schätzungen zufolge, könnten durch die Modifikation mariner Schichtwolken bis zu 35 Prozent der heutigen Treibhausgas- emissionen kompensiert werden.⁵⁷ Weitere Forschungsergebnisse weisen jedoch auf die inkohärenten und unvollständigen Prämissen und den damit verbundenen falschen Ergebnissen hin, so etwa Korhonen et al.⁵⁸ Ihren Berechnungen zufolge, müsste eine fünfmal so große Menge an Seesalzpartikeln in die Atmosphäre gebracht werden um zudem einen niedrigeren Albedo-Effekt zu generieren. Grund dafür ist insbesondere die als konstant angenommene Wolkendynamik älterer Modelle.

Ferner weist ihre Forschung auf fehlende Erkenntnis hinsichtlich der chemischen Veränderung der Aerosole im Prozess des Ausstoßes hin zur Bindung an die vorhandenen Wolken.

Weitere Forschungsergebnisse deuten darauf hin, erhebliche klimatische Veränderungen in entgegengesetzten Gebieten der Erde zu generieren, sobald die Veränderung mariner Schichtwolken erfolgt. Die Modifikation nord- und südpazifischer Schichtwolken könnte zu starken Amazonasregenfällen führen, während die südatlantische Modifikation Trockenphasen einleiten könnten. Die gleichzeitige Veränderung aller drei Wolkenkonstellationen würde zu erstem Effekt beitragen.⁵⁹

Faktisch gesehen, ist das System der Wolken noch immer nicht ausreichend erforscht und verstanden, sodass

57 Vgl. Rickels et al. 2011 :47.

58 Vgl. Korhonen et al. 2010.

59 Es ist darauf hinzuweisen, dass die Niederschlagsmengen, beispielsweise in der Sahelzone indirekte Auswirkungen auf das Wachstum der Pflanzen im Amazonasbecken haben.

eine Modifikation zu nicht errechneten oder vorstellbaren Konsequenzen führen kann.

2.2.4 Modifikation der Zirruswolken

Zirruswolken (auch Zirren genannt) sind, im Gegensatz zu den bereits genannten Schichtwolken, flache, hochliegende Eiswolken, die je nach genauer Spezifikation⁶⁰ sowohl den kurzwelligen, als auch den langwelligen Strahlungsfluss beeinflussen, wobei der letztere Effekt überwiegt und sie damit zur Erwärmung der Temperatur beitragen.⁶¹ Zirruswolken sind noch nicht ausreichend wissenschaftlich erforscht, gleichwohl sind auch sie zentral für das CE. Zirruswolken beeinflussen sowohl die eingehende Sonnenreflektion, als auch die Absorption abgehender Thermalstrahlung. Sie bilden sich ab sechs Kilometer Höhe und bedecken in etwa 45 Prozent der Erde, wobei deren Häufigkeit insbesondere in den tropischen Gebieten auszumachen ist.⁶²

Die Gründerväter dieser Modifikationsmethode, Mitchell und Finnegan⁶³, konzentrierten sich aufgrund ihrer Forschungsergebnisse gezielt auf die Eiskeime, die in den Zirren gebildet werden – ein Vorgang der Nukleation genannt wird. Je größer die Eiskeime sind, desto geringer die Lebensdauer der Wolke. Folglich schlugen beide Wissenschaftler vor, gezielt Eiskeime in die Wolken einzusäen, um größere Eispartikel entstehen zu lassen, die eine beschleunigte Auflösung der Wolke veranlassen würden, um insbesondere die thermale Abstrahlung der Erde zu erhöhen. Im Laufe der Forschung ist dabei das nicht-toxische Salz,

60 Vgl. Zhang et al. 1999. Die Einflussfaktoren sind zahlreich, so beispielsweise deren geographische Lage, die Höhe oder die Kristallform der Teilchen.

61 Vgl. Lee 2009.

62 Vgl. Hamilton 2013 :65. Je höher die Wolke in der Atmosphäre schwebt, desto stärker der wärmende Effekt.

63 Mitchell, Finnegan 2009.

Bismut-Tri-Iodid (auch Bismut-III-Iodid, BiI_3), in den Fokus geraten⁶⁴, da es eben genannten Prozess herbeiführt.

Diese Modifikation würde in ihrer Gänze somit sowohl auf den langwelligen, als auch auf den kurzwelligen Strahlungsfluss Einfluss nehmen. Zudem ist ein geringer Materialaufwand notwendig, da die einzusetzende Menge gering ist und beispielsweise über Verkehrsflugzeuge in die entsprechenden atmosphärischen Gebiete ausgestoßen werden könnte.⁶⁵ Daher ist ihre Verwendung für einen unilateralen oder lokalen Einsatz brauchbar. Gleichwohl ist der Effekt geringer einzuschätzen als in beiden erstgenannten Methoden bei einer gleichzeitig höheren Beeinflussung des hydrologischen Kreislaufs lokaler Gebiete. Zudem sind die Wirkungsmechanismen auch hier nicht vollends erforscht und verstanden.

2.2.5 Modifikation der Erdoberflächenalbedo

Die Erdoberfläche kann aufgrund ihrer divergierenden Struktur und Färbung die eintreffende Sonnenenergie unterschiedlich stark reflektieren. So werden in etwa 50 Prozent der Energie durch den Boden und 20 Prozent durch die Atmosphäre aufgenommen. Lediglich durchschnittlich 30 Prozent können über Wolken, Luft und Boden reflektiert werden.⁶⁶ Die höchste Rückstrahlkraft – und damit die höchste Erdoberflächenalbedo – besitzen Schnee und Eis mit circa 40 bis 90 Prozent, im mittleren Bereich liegt das Wüstengebiet, mit circa 20 bis 45 Prozent, gefolgt von Wäldern mit 5 bis 20 Prozent. Städte sind aufgrund ihrer Betonbauten besonders dunkel und in ihrer Albedo sehr gering.

Infolgedessen sollen die Rückstrahlkräfte der verschie-

64 Vgl. Hamilton 2013 :56; Muri et al. 2012. Dieser Stoff findet auch in Feuerwerkskörpern oder Kosmetik Verwendung.

65 Vgl. Hamilton 2013 :65; Rickels et al. 2011 :46.

66 Vgl. Vaughan, Lenton 2011 :768 f.

denen Erdoberflächen verstärkt werden, beispielsweise durch die Veränderung der Savannen, Wüstengebieten oder des Ackerlandes.⁶⁷ Dabei sollen Pflanzen mit hohem Blattglanz zur besseren Reflektion verwendet werden. Schätzungen zur Verbesserung der Albedo sind auch hier divergierend⁶⁸, nicht zuletzt weil sich dieser Forschungsbe-reich noch im Aufbau befindet.

Aufgrund der eingeschränkten Flächenverfügbarkeit, ist diese Maßnahme aus Sicht der CE-Forschung als alleinige Vorgehensweise nicht ausreichend. Hinzu kommen relevante biologische Komponenten. Pflanzen mit hohem Blattglanz benötigen eine langsamere Photosynthese, da ihr Chlorophyll-Haushalt geringer ist, wodurch letztlich die Kohlendioxid-Aufnahme geringer wäre, als bei anderen Pflanzen⁶⁹, deren Photosynthese durch die erhöhte Reflexion eingeschränkt und die Biodiversität in den jeweiligen Zonen gefährdet wäre.⁷⁰ Wüsten liefern Gewässer durch aufgewirbelten Staub notwendiges Eisen, sodass eine Modifikation die marinen Kohlenstoffsinken verringern würden.⁷¹

Zudem stellt sich gerade in sehr trockenen Gebieten die Frage der Bewässerung, insbesondere im Hinblick auf bereits bestehende Konflikte um Wasser, dessen Eigentümerschaft und Nutzung, sodass ohne internationale Regulierung und Kontrolle bi- oder multilaterale Konflikte entstehen könnten. Ein weiterer Konfliktpunkt wäre die notwendige Veränderung der ursprünglich zur Ernte genutzten Gebiete zu „Reflektorwüsten“. Bereits jetzt fragile soziale Verhältnisse aufgrund geringer Nahrungsmittel würden verschlimmert werden, nationale Konflikte riskiert werden. Des Weiteren könnten urbane Regionen

67 Vgl. Hamwey 2007.

68 Vgl. Vaughan, Lenton 2011 :768. Rickels et al. 2011 :48. Die Modellrechnungen beziehen sich zumeist auf großskalige Modifikationen der Erdoberflächenalbedo.

69 Vgl. Hamwey 2007.

70 Vgl. Rickels et al. 2011 :48.

71 Vgl. Jickells et al. 2005.

durch Anbringung heller und damit reflektierender Materialien an Dächern und in Straßenpflastern zu Erhöhung der Albedo genutzt werden. Die Effektivität ist auch hier sowohl durch den kurzen Forschungszeitraum als auch den ungewissen Faktor der dauerhaften Reflexion⁷² unterschiedlich. Einzig die Verringerung gewisser Wärmeinseln und der mit ihnen verbundenen höheren CO₂-Emission unterliegen der Gewissheit innerhalb der Forschung.⁷³

2.3 Technologien der Kohlenstoffbeseitigung (Carbon Dioxide Removal)

Der globale Kohlenstoffkreislauf ist ein natürlicher und hochkomplexer Prozess, der für das Funktionieren des Planeten Erde eminente Bedeutung hat. Dabei wird ähnlich eines Pumpsystems kontinuierlich Kohlenstoff zwischen der Atmosphäre und der Biosphäre ausgetauscht, um ein Gleichgewicht zu produzieren. Während der in den Jahreszeiten veränderten Vegetation, den divergierenden Temperaturen der Atmosphäre und des Wassers, tauschen oben genannte Sphären in etwa 100 Giga-Tonnen Kohlenstoff aus, sodass nahezu ein Gleichgewicht zwischen Aufnahme und Abgabe entsteht. Der Ozean enthält circa 50-mal mehr, die Böden circa doppelt so viel Kohlenstoff wie die Atmosphäre.⁷⁴

Wie bereits oben erwähnt, sollen nun biologische, chemische oder physikalische Prozesse dazu führen, dass der natürliche Stoffwechsel an Dynamik gewinnt, um größere Mengen an CO₂ abzubauen und zu binden.

72 Wie jedes Material unterlägen auch hier die verwendeten Stoffe der Abnutzung und damit der geringeren Albedo. Die Instandhaltung wäre auch von Staat zu Staat unterschiedlich, sodass nur approximative Werte möglich sind.

73 Vgl. Taha 2008; Vaughan, Lenton 2011 :769.

74 Vgl. Rickels et al. 2011 :49.

2.3.1 Physikalische Verfahren

Physikalische Mechanismen zielen darauf, die Ventilation des Ozeans zu beschleunigen, um dadurch einen höheren Zirkulationsaustausch zwischen Atmosphäre und Biosphäre zu generieren. Die Löslichkeit des CO_2 nimmt mit absinkender Temperatur zu, sodass sich tief im Meer befindendes Wasser kälter und in der CO_2 -Aufnahmefähigkeit höher ist.⁷⁵

Erste Versuche gab es bereits in den 1970er Jahren. Dabei wurde die direkte Einleitung von CO_2 in tiefere Wasserschichten erforscht. Durch die Umwälzung der Ozeane sollte dabei das CO_2 wieder an die Oberfläche gelangen und zu einem Prozess des Austausches mit der Atmosphäre führen. Weitere Versuche wurden jedoch ab 2006 durch das London Protokoll verboten, sodass diese Methode keiner weiteren Analyse unterliegt. Zudem müsste die Qualität des CO_2 sehr hoch sein, womit fast ausschließlich aus Kraftwerken abgesondertes CO_2 in Frage kommt – eine Methode des CCS und nicht des CE.

Zhou und Flynn⁷⁶ analysierten Methoden zur Beschleunigung der Absenkung durch Abkühlung der Wasseroberfläche, jedoch waren die Ergebnisse unbefriedigend und wurden nicht zuletzt auch wegen potentiell negativen Folgen fallengelassen.

Eine weitere Beschleunigung physikalischer Zirkulation könnte durch Pumpensysteme erfolgen. Ein erstes Patent dazu wurde bereits beantragt, dessen Entwicklung durch die Firma *Atmocean Inc.* vorangetrieben wird.⁷⁷ Dabei wird tieffließendes, kaltes Wasser nach oben gepumpt und das warme Oberflächenwasser nach unten gewirbelt, um einen höheren Aufnahmegrad zu erreichen. Jedoch

75 Vgl. Hamilton 2013 :22. Eine Zusammenfassung in Ebda :25 f.

76 Vgl. Zhou, Flynn 2005.

77 Vgl. Heintzenberg 2011 :9. Vaughan, Lenton 2011 :754.

zeigen sich bei dieser Methode Probleme auf. Zum einen steht die Kosten-Nutzen-Relation in keinem Verhältnis, da die Sequestrierung gering ist. Zum anderen ergibt sich durch den Beschleunigungsprozess eine Übersäuerung des Wassers, sodass Erholungsphasen in den Prozess mitaufgenommen werden müssten, die sich wiederum auf die Kosten niederschlagen würden. Daneben zeigen wissenschaftliche Ergebnisse auf, dass eine Abschaltung der Pumpensysteme zu einer beschleunigten Temperaturerhöhung führen würde. Dieser Effekt würde sich zudem auf die durchschnittliche Temperatur auswirken. Infolgedessen müsste das Pumpensystem nach erstmaliger Inbetriebnahme konstant aufrechterhalten werden, oder bis dato unbekannte Folgen bei einer Abschaltung in Kauf nehmen.

2.3.2 Chemische Verfahren

Wie auch im Bereich der physikalischen Verfahren, bedient sich der Mensch der genuin natürlichen Prozesse und fügt einen Katalysator hinzu, der durch technologische Errungenschaften entstanden ist.

Durch chemische Reaktionen mit Gestein, wird der Atmosphäre das CO_2 entzogen, das hauptsächlich vulkanischer Herkunft ist und über natürliche Verwitterung in Flüsse und Ozeane geleitet wird. Die Verwitterungsrate jedoch ist recht gering - in etwa im Verhältnis 1 zu 100, so dass Forscher über eine Beschleunigung dieses Prozesses nachdenken. Dabei sollen gemahlener Kalk und Silitgestein (Olivin) über eine breite Fläche ausgetragen werden. Hier eignen sich insbesondere tropische Gebiete und das Oberflächenwasser selbst. Die Kehrseite der Medaille ist jedoch die enorme Menge an Gestein, die dafür vonnöten wäre, als auch die durch den Bergbau verursachten Abfallprodukte, toxische Nebenprodukte, Eingriffe in die Natur

und natürlich auch hier der Ausstoß von CO₂. Jedoch wurde auch hier ein Patent gemeldet.⁷⁸

Ein weiterer Vorschlag fokussiert die Salzsäure des Meeres, die über elektrochemische Vorgänge dem Meer entnommen werden soll, um sie an Land verwitern zu lassen. Die Entnahme von Säure erhöht die Alkalinität und damit die Lösung von CO₂, gleichwohl eine relative Veränderung der Substanzen aus wissenschaftlicher Sicht bisher nicht bekannte Ereignisse hervorrufen kann. Hinzu kommt in beiden Fällen der großflächige und nahezu industriell benötigte Maßstab, dessen Einfluss auf das Soziale, Ökologische und Ökonomische unberechenbar ist.

2.3.3 Biologische Verfahren zur Aufnahme über das Meer

Nebst der maritimen Aufnahme von Kohlenstoff, bieten die Weltmeere ein biologisches Verfahren zur Absorption und Umwandlung. Phytoplankton bestreitet, obzwar es in Relation zur restlichen globalen Biomasse in etwa ein bis zwei Prozent ausmacht, 50 Prozent der Umwandlung und dient damit der Sauerstoffproduktion. Mit Hilfe der Photosynthese baut es aus Kohlenstoff und Nährstoffen (insbesondere Nitrat und Eisen) seine Biomasse, sinkt gen Meeresboden und dient so als Nahrung für die Tiere der Binnengewässer. Dieser Prozess wird in seiner Gesamtheit auch biologische Kohlenstoffpumpe genannt. Die notwendigen Stoffe zur Photosynthese sind dabei ungleich verteilt, sodass es große Gebiete geringer CO₂-Aufnahme gibt. Diese ‚biologische Asymmetrie‘ führte John H. Martin zur Eisenhypothese, die 1993 in zahlreichen laboralen und maritimen Experimenten kulminierte, in denen Meeresgebiete mit Eisen versehen wurden. Rund 450 kg Eisen wurden 250 km von den Galapagosinseln entfernt in den

78 Vgl. Rickels et al. 2011 :51, Hamilton 2013 :36 f.

Pazifik gegeben, wobei innerhalb von drei Tagen die Algenmenge um das dreifache anstieg. Obschon das Wachstum per se quantitativ als Erfolg zu werten ist, ergaben sich bei der Auswertung mannigfaltige Herausforderungen und Hürden insbesondere im Hinblick auf eine konstante Aufrechterhaltung der Prozessdynamik. Zum einen muss das Eisen (Mikronährstoff) stetig dem Sonnenlicht ausgesetzt sein. Zum anderen ist sowohl die Art des Eisens als auch dessen Weg in das Wasser von Bedeutung, da im Wasser verschiedene Arten von Nährstoffen vorhanden sind. So wird zwischen Mikro- und Makronährstoffen unterschieden, die in unterschiedlichen Mengen an unterschiedlichen Orten unterschiedlich wirken. Letztlich würde eine in Phasen ausgebrachte Eisenmenge nur kurzzeitige Effekte nach sich ziehen, sodass eine konstante Düngung des Wassers vonnöten wäre, was logistische und technische Herausforderungen bedingen würde – gerade im Hinblick auf zukünftige Generationen. Neuere Untersuchungen haben erschwerende Nebeneffekte erwiesen. So würde eine mittel- bis langfristige Düngung der Ozeane die Produktivität stören und sich damit dysfunktional auf die Nahrungskette auswirken, nicht zuletzt weil neurotoxische Mikroorganismen gebildet werden. Die Auswirkungen wären so groß, dass selbst die Ozonschicht beeinflusst werden könnte.⁷⁹

2.3.4 Kohlenstofffilterung aus der Luft (Air Capture)

Bei dieser Methode, würden Filtertürme eingesetzt, die Luft absorbieren und es über ein geschlossenes Filtersystem von CO₂ trennen. Die Trennung erfolgt über ein Sorptionsmittel, dessen Festigkeitsgrad – flüssiges Natrium-

79 Vgl. Rickels et al 2011 :53; Martínez-García et al. 2014.

hydroxit oder festes Karbonat Polymer – unterschiedlich ausgerichtet sein kann. Das gefilterte CO₂ könnte gespeichert werden, um folgend in Reservoirs gespeichert zu werden. Auch eine Einleitung in die Meere wird in Erwägung gezogen, wie ebenso die Umwandlung in synthetische Treibstoffe durch Reaktion mit Wasserstoff. Lokalpolitische Hemmnisse könnten aufgrund der notwendigen Flächen entstehen, denn die Türme ragen nicht nur weit aus dem Erdboden hinaus, sie benötigen für circa 1 Megatonne CO₂ rund 1,5 km² Fläche – ohne zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen zur Energieweiterleitung und den Transport des CO₂. Die notwendige Energie zur Aufnahme einer Tonne⁸⁰ wird zwischen 1,1 bis 1,8 Gigajoule beziffert, was umgerechnet in etwa 500 Kilowattstunden⁸¹ entsprechen würde. Die Bereitstellung von Energie durch Konvertierungsmethoden wäre hingegen gering.

2.3.5 Biologische Verfahren zur terrestrischen Aufnahme und Speicherung

Auch in diesem Forschungsfeld bedient man sich des natürlichen Vorbildes, beziehungsweise möchte sich natürliche Vorgehensweisen zunutze machen. Ornstein und seine Forschungs kollegen schlugen in ihrer Arbeit die Aufforstung der Wüstengebiete vor, insbesondere der Sahara und der australischen Trockengebiete.⁸² Durch künstlich bewässerte Gebiete sollen höhere Niederschlagsraten erreicht werden, um die Bewässerung selber in der Kostenintensität zu verringern, aber auch um die Wolkenbildung zu verstärken. Jedoch erweist sich der Vorschlag im Hinblick auf die Albedo-Verringerung als wenig erfolgversprechend, auch aufgrund der für das Klima notwendigen Aufwirbelungen von Sand zur Düngung der Meere und Wälder. Inwieweit sich die lokale Reduzierung der Partikel

80 Dies entspricht 0,000001 mt. Ein Zwei-Personenhaushalt benötigt bei gut durchdachtem Energiehaushalt ca. 1500 bis 1800 kWh.

81 Umgerechnet 5.000.000.000 kWh für 1 Megatonne CO₂ (eigene Berechnung).

82 Vgl. Ornstein et al. 2009.

auch auf den Niederschlag auswirken ist nicht bekannt. Erforscht ist hingegen, dass die „Aufforstungen in borealen Breiten möglicherweise einen globalen Erwärmungseffekt“⁸³ hätten. Im Konjunktiv stehen auch die weiteren ökologischen Nebenwirkungen und klimatischen Veränderungen dieser Maßnahme, sodass weitere Forschung notwendig ist.

Die Produktion von Biokohle soll als Feststoff, der durch die sogenannte Pyrolyse erzeugt wird, eine über mehrere tausend Jahre sichere Lagerung garantieren. Desse Nebenprodukte, Biogas und Bioöl, könnten weitere Nutzung erfahren, oder selbst als Bodenzusatz Nützlichkeit erweisen. Die Produktion erstgenannter Mittel ist weitestgehend ausgereift, letztere hingegen müssten weiter erforscht werden.

2.4 Zentrale Argumente innerhalb des Diskurses „Climate Engineering“

An dieser Stelle werden die gängigen Argumente des CE-Diskurses dargelegt. So komplex und vielschichtig, wie das Thema CE ist, so vielschichtig sind auch die Bereiche, die berührt werden. Sie umfassen wirtschaftswissenschaftliche, sozialetische, politikwissenschaftliche und auch religiöse Argumentationslinien.

2.4.1 Zentrale Argumente der Befürworter

1. *Arming the Future*: Wir sind moralisch verpflichtet, uns und insbesondere kommenden Generationen sämtliche Optionen offenzuhalten, um ausreichende Methoden zur Einflussnahme in den Klimakreislauf zu

83 Rickels et al. 2011 :54.

- besitzen. Der Forschung müssen dazu ausreichende Mittel zur Verfügung gestellt werden. Ergebnisse der Computer-Simulationen können mit Feldversuchen gekoppelt werden. Ohne wissenschaftlich fundierte Ergebnisse ist jedoch ein großflächiger Einsatz verboten.
2. *Lesser-Evil: E duobus malis minimum eligendum est* - das kleinere Übel ist die einzige Option. Wenn alle Bemühungen zur Mitigation und Adaption scheitern und der Planet dem Kollaps gegensteuert, muss auf die Technologien des CE zurückgegriffen werden. Sie gelten als Vorsorgemaßnahmen, um das Überleben der Menschheit zu sichern.
 3. *Efficiency*: Die direkten und indirekten Kosten (Forschung/ Anwendung und Folgekosten durch Anwendung) des CE sind geringer als die Kosten, die durch Mitigation und Adaption entstehen und entstehen könnten. Dies ist ein typisch neo-klassisches Argument.
 4. *Easiness*: Für politische Entscheidungsträger ist die Vermittlung der Notwendigkeit einer Nutzung des CE gegenüber der (eigenen) Bevölkerung einfacher. Adaption und Mitigation bedürfen eines sozialen und ökonomischen Wandels, der schwer zu implementieren ist. Die Forderung zur Umstellung der eigenen Gewohnheiten, und Lebensstile, kann Wählerstimmen kosten. Zugleich müssen wirtschaftliche Produktionsprozesse reformiert werden, was sich wieder-um auf Arbeitsplätze und (kurz- und mittelfristig) Gewinne auswirken könnte.
 5. *Innovation*: Die Förderung von CE-Maßnahmen hat einen Innovations-Effekt zur Folge, sowohl in der Wissenschaft, als auch in der Wirtschaft. Patente, Geschäftsfelder und neue Arbeitsplätze könnten damit generiert werden.

6. *Dot-It-Alone*: Die Versuche zur Reduktion sowohl des Ausstoßes von CO₂ als auch des Temperaturanstieges sind bislang nicht erfolgreich gewesen. Die Politik hat versagt, weitreichende Verpflichtungen in nationalem und internationalem Rahmen durchzusetzen. Hingegen könnten CE-Maßnahmen durch regionale, lokale aber auch binationale Übereinkommen leichter zu implementieren sein. Zur Legitimation könnte das Postulat der Rettung der eigenen Bevölkerung, aber auch der ganzen Menschheit ausgerufen werden. Das Argument des *Do-It-Alone* kann mit vorhergehendem Easiness-Argument gekoppelt werden. Eine unilaterale, völkerrechtlich nicht abgesicherte Vorgehensweise könnte jedoch auch als Contra-Argument gewertet werden, nicht zuletzt aus sicherheitspolitischen Gründen.

2.4.2 Zentrale Einwände der Kritiker und Gegner

1. *Risk-Transfer*: Die Aufrechterhaltung des heutigen Wirtschaftsmodells, geprägt von ungebremster wachsender Produktion und Konsumption, birgt eine große Gefahr für künftige Generationen in sich. Ihnen werden die Kosten einer fehlgeleiteten Überzeugung aufgebürdet. Zudem werden sie aufgrund ihrer fehlenden Mitsprachemöglichkeit doppelt unfair behandelt. Dieses Argument greift jedoch nicht nur intergenerational, sondern auch intragenerationell. Kosten und Nebenfolgen angewandter CE-Methoden durch Feldforschung oder unilateraler Anwendung werden auf andere Nationen und Bevölkerungen abgewälzt. Transnationale soziale und ökonomische Disparitäten könnten verstärkt werden.
2. *Termination-Problem*: Aufgrund der vagen Ergebnisse und Gewissheiten, kann eine Aufnahme von CE-Methoden künftige Generationen in ein Dilemma führen.

Nicht nur, dass sich die Nebenfolgen negativ auswirken können und damit das Problem verschlimmert wird. Kommende Generationen müssten gezwungenermaßen CE-Methoden weiter aufrechterhalten, da sonst das Klima kippen könnte.

3. *Moral-Hazard*: Dies ist das wohl meistgenannte Argument. Die technologische Option in der Hinterhand zu halten, kann dazu führen, dass politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger die Vermeidungsstrategien (Mitigation und Adaption) legen und die Aufrechterhaltung des status-quo bevorzugen. Dieses Argument bezieht auch die Forschung mit ein, da eine Erforschung möglicher CE-Optionen die Anstrengungen sowohl privater, als auch staatlicher Akteure zur Emissionskontrolle mindern könnte. Diese Option steht in direkter Verbindung mit dem *Easiness-Argument*. Investitionen in wichtige Techniken zur Emissionsvermeidung oder -reduktion könnten somit verlorengehen.
4. *Undermining-Better-Options*: Die Verbesserung regenerativer Energien und die Erforschung weiterer technologischer Methoden zur Adaption und Mitigation könnten vernachlässigt werden. Dieses Argument kann mit dem *Moral-Hazard-Argument* verbunden werden.
5. *Political-Economy*: Die Methoden des CE könnten von einigen Wirtschaftszweigen, aber auch dem militärisch-industriellen Komplex favorisiert werden. Bei der Anwendung des CE muss auch stets gefragt werden, wem es Vorteile bringt (*cui bono*) und wer es wie vorantreibt. So könnte ein Auslagern der Einsatzkompetenz an private Unternehmen staatliche Institutionen in gewisse Interdependenzen führen und in Verbindung mit Argument 1 (*Risk-Transfer*) soziale Disparitäten generieren bzw. verstärken. Dies gilt analog für die internationale Ebene.

6. *Hybris*: Auch dieses Argument wird oft genannt. Durch die Anwendung dieser Technologien erhebt sich der Mensch zu einem gottgleichen Wesen. Die menschliche Hybris bricht sich Bahn, Maßlosigkeit ist die Folge. Der Glaube an die durch den Menschen erschaffene Technologie unterminiert zudem die Komplexität des Erdsystems.
7. *Dual-Use und Klimakontrollkriege*: Ein wenig Aufmerksamkeit findendes Argument. CE-Technologien können zugleich als Waffen oder als politisches Druckmittel verwendet werden. So wird mit dem Erschaffen der CE-Technologien zugleich enormes Konfliktpotential generiert, das letztlich ohne notwendige rechtliche Rahmen auch Kriege auslösen könnte, deren Ausmaß unberechenbar ist.
8. *Loss-of-Intangible*: Dieses Argument bezieht sich insbesondere auf die Methoden des Solar RM, und hier auf die Einbringung von Sulfaten in die Stratosphäre. Aufgrund chemischer Reaktionen kann der Himmel seine genuine, von uns und vergangenen Generationen gekannte Ästhetik verlieren. So würden insbesondere kommende Generationen einer durch die Schöpfung erschaffene, grundlegende Eigenschaft beraubt werden.
9. *Verrat an der Schöpfung*: Der grundlegende Gedanke der Schöpfung würde durch den Einsatz von CE verloren gehen. Die von Gott verliehene Bestimmung wird negiert und die Erde vollkommen dem menschlichen Willen unterworfen. Dies hat zugleich Auswirkungen auf das ästhetische und moralische Bewusstsein des Menschen gegenüber sich selbst und der Natur im Ganzen.

2.5 Zwischenfazit

Obzwar insbesondere in den letzten Jahren zahlreiche wissenschaftliche Forschungsergebnisse veröffentlicht wurden, ist das Bild des CE noch immer in Nebel eingehüllt. Es gibt keine zuverlässigen Ergebnisse, sie sind von Konjunktiven durchsetzt. Dies liegt insbesondere an den vagen Prämissen und dem damit verbundenen Nicht-Wissen des System Klima. Es ist zu komplex, zu inter- dependent und sensibel, wie es auch das Erdsystemmodell ist. Die für die Computermodelle vorhandenen Daten sind sowohl in Qualität, als auch in Quantität ungenügend. Statistisch marginale Faktoren, können in der Praxis bedeutende Auswirkungen nach sich ziehen, das Gleichgewicht der Natur ins Schwanken bringen.

Erschwerend kommt der ökonomische Faktor hinzu. Die Umsetzung würde in vielen Fällen exorbitante monetäre Kosten verursachen. Gleiches gilt für externe Folgekosten potentieller Nebeneffekte. Eine Last, die insbesondere spätere Generationen tragen müssen. Dies gilt auch für den Abbruch von CE-Maßnahmen, die einen abrupten Anstieg der Temperatur mit sich ziehen können, so dass zukünftige Generationen gezwungen wären, CE-Maßnahmen aufrechtzuerhalten (*lock-in-Effekt*).

Des Weiteren, kann bei unsachgemäßer Nutzung oder nicht-intendierter Folgen, die Frage der Verantwortlichkeit nur schwer beantwortet werden. Dies könnte zu nationalen oder internationalen Konflikten führen. Um dies zu vermeiden, müssten internationale Normen und Regeln ratifiziert und von einer Kontrollinstanz verteidigt werden. Die politische Umsetzbarkeit eines solchen Vorhabens darf zu diesem Zeitpunkt stark bezweifelt werden.

„Diese Verantwortung ist global, weil sie nicht nur die Energie sondern die ganze Schöpfung betrifft, die wir den neuen Generationen nicht ausgebeutet hinterlassen dürfen. Es ist dem Menschen gestattet, verantwortungsvolle Steuerung über die Natur auszuüben, um sie zu schützen, zu nutzen und auch in neuen Formen mit fortschrittlichen Technologien zu kultivieren, so daß die Bevölkerung, die sie bewohnt, würdig aufnehmen und ernähren kann.“⁸⁴

Papst Benedikt XVI.

„Diese Verantwortung gegenüber einer Erde, die Gott gehört, beinhaltet, dass der Mensch, der vernunftbegabt ist, die Gesetze der Natur und die empfindlichen Gleichgewichte unter den Geschöpfen auf dieser Welt respektiert (...).“⁸⁴

Papst Franziskus

84 Papst Benedikt XVI. 2009 :41. Papst Franziskus 2015 :51

3 Das Prinzip Verantwortung

3.1 Gesinnungs- und Verantwortungsethik Max Webers - Exkurs

Obschon Hans Jonas in seinem Buch „Prinzip als Verantwortung“ Max Weber namentlich nicht explizit nennt, so schwingen dessen Gedanken hie und da mit und erinnern an seinen weitgehend frei gehaltenen Vortrag „Politik als Beruf“.⁸⁵ Aufgrund dessen, soll kurz auf Max Webers Unterscheidung zwischen Gesinnungs- und Verantwortungsethik eingegangen werden.

Max Weber definiert drei basale Qualitäten, die ein Politiker besitzen muss, um seine „Hand in die Speichen des Rades der Geschichte legen zu dürfen.“⁸⁶ Erstere ist die Leidenschaft im Sinne der Sachlichkeit. Die zweite Qualität ergibt sich implizit aus der ersten, denn Sachlichkeit bedarf der Verantwortung und zwar als primäres Handlungsprinzip. Max Weber nennt es den „entscheidenden Leitstern des Handelns.“⁸⁷ Die dritte Qualität ist die des Augenmaßes. Es bedarf, „die Realitäten mit innerer Sammlung und Ruhe auf sich wirken zu lassen, also: der Distanz zu Dingen und Menschen.“⁸⁸

Selbstverständlich strebt ein Politiker nach Macht – um ihrer selbst Willen oder als Mittel zum Zweck. Machterhaltung, -verteilung, -verschiebung sind dabei die Parameter.⁸⁹ Der Politiker darf diese drei genannten, basalen Prämissen nicht aus den Augen verlieren. Gebrauch der Macht mit Sachlichkeit, Verantwortung und Augenmaß,

85 Weber 2008/1919.

86 Ebda :61 f.

87 Ebda :62.

88 Ebda :62.

89 Vgl. Ebda :7.

ohne den reinen Eigensinn gewähren zu lassen. Machtgebrauch, um die Speichen des Rades der Zukunft verantwortungsvoll zu beeinflussen.

Gleichwohl unterliegt der Politiker, so Max Weber, einem Dilemma zwischen ethischer Haltung und politischer Handlung, wie unten aufgezeigt wird. Deswegen differenzierte Max Weber zwischen der Gesinnungs- und der Verantwortungsethik.

Der Gesinnungsethiker analysiert sowohl seine Handlungen als auch die potentiell daraus entstehenden Folgen nach bestimmten ethischen Maßstäben. Dadurch könnte er letztlich eventuell notwendige Handlungen blockieren. Der Verantwortungsethiker hingegen interessiert sich grundlegend für die Folgen seiner Handlung. So entscheidet ein Verantwortungsethiker richtig, wenn er durch einen Krieg zukünftiges Leid vermeiden, oder durch die Ermordung eines Tyrannen ein ganzes Volk befreien kann. Übel und erreichbare Güter werden durch kluge, reflexive, kalkulierte Überlegungen gegeneinander abgewogen. Fragen der Gesinnung sind für den Politiker somit sekundär.

3.2 Eine neue Dimension der Verantwortung

Nun hat sich die Welt seit 1919 erheblich verändert. Die Technologie hat einen enormen Wandel in sehr kurzer Zeit vollzogen, eine neue Qualität fließt durch die Schaltkreise des Sozialen, der Ökonomie und der Ökologie.⁹⁰ Die rasante Beschleunigung in der Computertechnologie hat zu einer zusätzlichen Verunsicherung im Projekt Moderne

90 Der Begriff der Ökologie wurde zu Zeiten Max Webers weitestgehend mit der Biologie in Verbindung gesetzt. Etwa 50 Jahre später erst, erhielt der Begriff, bzw. dessen Bedeutung eine breitere Basis, beispielsweise durch Rachel Carson und ihrem Werk *Silent Spring* (Carson 2002), oder der Studie des Club of Rome *The Limits To Growth* (Meadows 1977).

beigetragen. Einem Projekt, dem Paul Crutzen und Eugene Stroemer mit ihrem Vorschlag des Begriffs Anthropozän⁹¹ einen prominenten Namen gegeben haben. Gegenwärtig wird der Begriff noch naturwissenschaftlich dominiert, geistes- und sozialwissenschaftliche Einwürfe gibt es noch wenige. Eines zeigt eine Analyse der letzten 200 Jahrhunderte jedoch deutlich auf: Die Macht des Menschen ist bedeutend gewachsen. Er hat sich zum wirkmächtigsten Faktor auf der Erde entwickelt, zeit- und raumübergreifend. Diese neu entstandene Komplexität bedingt eine Erweiterung der Verantwortungsethik und damit der Verantwortung.

Ott⁹² erwähnt in den letzten Zeilen seines Fazits den Wissenschaftler Hans Jonas, der „gemahnt hat, bei Risiken von globaler Bedeutung (...) der Unheilsprognose mehr Gehör [zu geben] als den Versicherungen der Heilspropheten, alles werde gut ausgehen. Es wäre angesichts der SRM-Wagnisse wohl besser, mit Hans Jonas zu fürchten als mit Edward Teller zu hoffen.“⁹³ Die 'Unheilsprophezeiung'⁹⁴ des Hans Jonas ohne die basale Säule der Verantwortung mit in den Kontext hinein zu bringen, ist zu kurz gefasst.

Hans Jonas, dessen Hauptwerk ebendieser Verantwortung gewidmet ist, beweist noch heute Aktualität und kann bei genauer Analyse der oben genannten Komplexität des CE theoretisch fundiert beiseite stehen und neue Aspekte in Verbindung mit dem Anthropozän eröffnen.

3.2.1 Neue Prämissen als Herausforderung

Sowohl Wissen als auch Macht waren zu Zeiten Max Webers begrenzt. Raum- und Zeithorizonte waren erkenn-

91 Vgl. Crutzen 2006.

92 Ott 2010.

93 Ott 2010 :208. Ott diskutiert in seinem Beitrag die Techniken des Solar RM. Edward Teller, der sog. 'Vater der Atombombe' setzte in den letzten Jahren seiner Forschung Hoffnung in diese Methoden. Vgl. Teller 2002. SRM steht für Solar RM

94 Auch „Heuristik der Furcht« Jonas 1986 :8.

bar. Aufgrund dessen fokussierte die Ethik vielmehr die Gegenwart.⁹⁵

Jonas zufolge liegen in der Anwendung technologischer (Hilfs-)Mittel folgenreiche Konsequenzen, weshalb die Ethik vor neuen, zahlreichen Herausforderungen steht:

„Im Zeichen der Technologie aber hat es die Ethik mit Handlungen zu tun (...), die eine beispiellose kausale Reichweite in die Zukunft haben, begleitet von einem Vorwissen, das ebenfalls, wie immer unvollständig, über alles ehemalige weit hinausgeht. Dazu die schiere Größenordnung der Fernwirkungen und oft auch ihre Unumkehrbarkeit. All dies rückt Verantwortung ins Zentrum der Ethik, und zwar mit Zeit- und Raumhorizonten, die denen der Taten entsprechen. Demgemäß bildet die bis heute fehlende Theorie der Verantwortung die Mitte des Werkes. [D]em Menschen in der verbleibenden Zweideutigkeit seiner Freiheit, die keine Änderung der Umstände je aufheben kann, die Unversehrtheit seiner Welt und seines Wesens gegen die Übergriffe seiner Macht zu bewahren (...).“⁹⁶

Folglich eröffnen sich mitsamt den alten ethischen Werten und Normen neue Dimensionen der Verantwortung.⁹⁷ Diese neuen Prämissen sind ausschlaggebend für einen Paradigmenwechsel des Verständnisses einer Verantwortung des Menschen. Eine Dimension, die umhüllt ist von einem Nebel des Ungewissen.

3.2.2 Die Wahrscheinlichkeiten bei den großen Wagnissen

Es besteht Gewissheit, dass die mit der Industriellen Revolution begonnene, sukzessive Ausbeutung der Natur folgenschwere Konsequenzen für die gesamte Biosphäre

⁹⁵ Vgl. Jonas 1986 :8, 43 f.

⁹⁶ Jonas 1986 :9.

⁹⁷ Während Jonas in *Das Prinzip Verantwortung* drei Dimensionen nennt, sind es in seinem *Folgewerk, Technik, Medizin und Mensch* (Jonas 1985) fünf Gründe, die zu einer Überarbeitung der Verantwortungsethik zwingen. In dieser Arbeit werden beide Ausarbeitungen miteinander verschmolzen.

hat. Die Natur ist verletzlich und muss gegenüber der ökonomischen Ausbeutung geschützt werden. Aus dieser Überzeugung heraus, hat sich seit den 1960er Jahren eine Umweltbewegung entwickelt, deren akademische Abzweigung die Umweltforschung ins Leben gerufen hat.⁹⁸ Dabei hat die Anwendung chemischer und technologischer Hilfsmittel eine besondere Rolle gespielt, deren Folgen zumeist katastrophale Ausmaße annahmen. Ein noch immer aktueller Einwand. Die Anwendung von Chemie und Technologie mag in kleinen Experimenten aufgrund der Konsequenzen nicht allzu weitreichend sein, aber bei „großen Dingen (...) und in den ganz großen, irreversiblen, die an die Wurzeln des ganzen menschlichen Unternehmens gehen“⁹⁹, ist die Tolerierung von Neben-effekten und gar von gänzlichen Fehlschlägen inakzeptabel. Im Gegensatz zur Natur, die kleine evolutionäre Schritte vollzieht, schreitet die Technologie in großen Schritten voran.¹⁰⁰ Nicht nur also, dass der technologische Fortschritt in vielen Anwendungsgebieten aufgrund der Wirkmacht den natürlichen Prozess der Evolution um ein Vielfaches übersteigt. So ist auch die Beschleunigung eine Gefahr für das menschliche Gefüge, da kaum Kurskorrekturen möglich sind.

Jonas sieht somit aufgrund der zunehmenden Dysfunktion die Notwendigkeit, ein neues Verantwortungsbewusstsein zu definieren, sowohl aufgrund der Macht, die die Menschheit durch den technologischen Wandel erhalten hat, als auch durch dessen Tragweite bei der Anwendung.

Diese neuen Prämissen fordern den Begriff der Verantwortung heraus.

98 Hier ist insbesondere Rachel Carson zu erwähnen, die in ihrem 1962 erschienenen Buch auf die zunehmende Nutzung von Pestiziden und dessen Folgen aufmerksam machte, der harschen Kritik und Verunglimpfung durch die chemische Industrie zum Trotz. Ihr Geist inspiriert ganze Generationen von Aktivisten und Forschern.

99 Jonas 1986 :70.

100 Dies haben die letzten 50 Jahre technischer Entwicklung gezeigt, die in Relation zur Evolution enorme Geschwindigkeit besitzt.

„Mit dem, was wir hier und jetzt tun, und meist mit Blick auf uns selbst, beeinflussen wir massiv das Leben von Millionen andernorts und künftig, die herbei keine Stimme hatten. Wir legen Hypotheken auf künftiges Leben für gegenwärtige kurzfristige Vorteile und Bedürfnisse (...). Vielleicht können wir nicht ganz vermeiden, so oder ähnlich zu handeln. Aber wenn das der Fall ist, dann müssen wir äußerste Achtsamkeit aufwenden, dies in Fairneß zu unserer Nachkommenschaft zu tun“.¹⁰¹

Es ist evident, dass der Besitz bestimmter Fähigkeiten noch nicht ihren Einsatz nach sich zieht. Sprachbegabung führt nicht zu unaufhaltsamem Sprechen. Technische Fähigkeiten jedoch werden früher oder später genutzt und entwickeln sich mit der Zeit zu einer irreversiblen Lebensnotwendigkeit.¹⁰² Der Drang des Menschen nach immer mehr führt zu einer konstanten Erweiterung der Technik in Wirtschaft und Wissenschaft. Der Primärimpuls, so Jonas, kommt dabei zumeist von der Wissenschaft.¹⁰³

3.2.3 Die kumulative Dynamik technischer Entwicklungen

Dem Wissen wird eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Es darf keine Divergenz geben zwischen Wissen, Technikfolgenabschätzung und dem Ergebnis.¹⁰⁴ Die Unterscheidung zwischen gutem und schlechtem Gebrauch der Technik, muss zweifelsfrei sein, denn sonst „verliert [sie] sich im Irrgarten quantitativer Mutmaßungen über letzte Folgen und muß ihre Antwort vom ungefähre abhängig machen.“¹⁰⁵ Wenn technische Methoden angewendet werden sollen, müssen die Ergebnisse eindeutig sein. Es darf kein Riskieren geben, auch nicht in Zei-

101 Jonas 1987 :45.

102 Vgl. Ebda :44.

103 Vgl. Ebda :44.

104 Vgl. Ebda :28.

105 Ebda :43.

ten der Unsicherheit.

Technologie hat nach Jonas' Verständnis die Eigenschaft, eine eigene Dynamik zu entwickeln, die sich den menschlichen Handlungsmöglichkeiten entzieht und Selbständigkeit erlangt. Es entwickelt eine „eigene zwangsläufige Dynamik (...), ein selbständiges Momentum, kraft dessen sie nicht nur irreversibel, sondern auch vorantreibend sind und das Wollen und Planen der Handelnden überflügeln. Das einmal Begonnene nimmt uns das Gesetz des Handelns aus der Hand“¹⁰⁶ und degradiert den Menschen zum Zuschauer. Es ist die Pflicht des Menschen, um der „eigenen Autonomie willen (...) den technologischen Galopp unter außertechnologische Kontrolle [zu] bringen.“¹⁰⁷

Und selbst im Erfolgsfalle wächst die der Technik immanente Gefahr. So mag noch keine Atombombe die Erde zerstört haben, doch laufen Kernkraftwerke weiter, die gefährlichen Müll hinterlassen und dessen Lagerung wir noch nicht beherrschen. Die Segnung der Technik beinhaltet zugleich eine Drohung, sodass eine nicht aufzubrechende Dialektik vorhanden ist. Das Ausmaß technologischen Wirkens ist in seiner Potentialität mit der von vorigen Generationen nicht zu vergleichen. Sie überschreitet aufgrund ihrer Wirkmacht räumliche und zeitliche Grenzen und ist fähig, den Menschen und die Erde schlimmstenfalls zu vernichten.

Um die Auswirkung bestimmter technologischer Anwendungen zu berechnen, die vorerst nicht in der Natur oder am Menschen direkt getestet werden dürfen, finden Programme, Algorithmen und Computermodelle Verwendung, die Prozesse simulieren. Komplexe Systeme werden dabei notwendigerweise auf bestimmte Parameter reduziert. Unbekannte oder statistisch marginal erscheinende

106 Jonas 1986 :72

107 Jonas 1987 :52.

Variablen können oder werden nicht in die Berechnung miteingeschlossen. Das statistisch Nicht-existente ist somit unsichtbar, hat keine Chance sich zu artikulieren oder verteidigt zu werden. Hier verbergen sich Gefahren, insbesondere bei der Verwendung von Technologie in großen Skalen. Extrapolationen stellen einen weiteren Schritt dar. Es sind Zukunftsprojektionen, eine „vergleichende Futurologie“¹⁰⁸, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen der Vergangenheit mit Vorstellungen über eine mögliche Zukunft. Hierbei ergeben sich zwangsläufig Unsicherheiten, wie Jonas schreibt. Unsicherheiten aufgrund fehlenden Wissens, „[d]enn das, was für die Nahprognose ausreicht, mit der die betreffenden Werke der technischen Zivilisation jeweils unternommen werden, das kann grundsätzlich nicht ausreichen für die Fernprognose“¹⁰⁹, denn die Komplexität gesellschaftlicher, biologischer oder menschlicher Strukturen kann von keiner Rechenkunst, wie es Jonas nennt, verstanden werden. Jede Projektion der Zukunft verlangt ein weiteres und höheres Wissensspektrum als zu dem Zeitpunkt vorhanden ist.¹¹⁰ Es sind somit Denkexperimente, deren Funktion der Heuristik dienen, aber nicht dem Staatsmanne in seiner Entscheidungsfindung.¹¹¹

3.2.4 Die Sakrosanktheit des Subjekts der Entwicklung

Letztlich sind wir Menschen aufgrund unserer Macht und der damit einhergehenden Unterwerfung der Natur, zu ihrem Treuhänder geworden. Dieser Wandel bedeutet einerseits, eine besondere Verpflichtung gegenüber den vorangegangenen Generationen zu haben, da wir deren Erbe annehmen. Wir stehen auf den Schultern von Giganten.¹¹² Andererseits aber impliziert die Unterwerfung der

108 Jonas 1986 :63.

109 Ebda :66.

110 Vgl. Ebda :66.

111 Vgl. Ebda :68.

112 *Nanos gigantum umeris insidentes*. Ein Spruch der Bertrand von Chartres (1080-1167) zugeschrieben wird.

Natur, ein neues Verantwortungsbewusstsein, denn der Mensch ist nicht mehr nur gegenüber sich selbst in der Verantwortung, sondern auch gegenüber der 'außermenschlichen Natur'.¹¹³ Die gesamte Biosphäre besitzt damit ein „sittliches Eigenrecht, (...) hat so etwas wie einen moralischen Anspruch an uns.“¹¹⁴ Und wir Menschen sind die Treuhänder wir geworden.

Wie geht man mit dieser Treuhandenschaft um, wenn, wie im Falle des Klimawandels, die Situation zu kippen scheint und ein Kollaps des Klimas droht? Jonas zufolge, ist das bloße Proklamieren einer Dilemmasituation oder eines postapokalyptischen Szenarios, aus der ausschließlich das Riskieren des *status quo* mit doch ungewissem Ausgang als Heilsbringung deklariert wird, bar jeder Logik. Entscheidet man sich, das Erbe zu riskieren, ist man der verantwortungsvollen Aufgabe nicht gewachsen. Oder aber das Erbe wird angenommen und mit Bedacht behandelt. Als dritte Möglichkeit nennt Jonas eine Kombination aus beiden genannten Alternativen. Der Mensch geht von einer absoluten Freiheit aus, in der Überzeugung, die Technik stets zu beherrschen und die Macht zu besitzen, in die Schöpfung eingreifen zu dürfen ohne natürliche und gesellschaftliche Sanktionen zu erwarten. Letzte Option wird von Jonas mit einer dem Menschen unterstellten *ratio* verworfen, „da wir der erklärten Verantwortungslosigkeit unser Schicksal gewiss nicht anvertrauen werden.“¹¹⁵ Diese *ratio*, unsere Werte und Tugenden, sind „Ideen vom Guten, Rechten und Anzustrebenden“¹¹⁶, die den Trieben entgegenstehen und diese mäßigen. Sie wirken als autoritäre Instanz, als transzendentes Wesen, das gesellschaftlich anerkannt ist. Diese Autorität ist samt ihrer Leitbilder mit keiner ökonomischen Gleichung aufzuwiegen, sie ist

113 Vgl. Jonas 1986 :29.

114 Ebda :29.

115 Ebda :73.

116 Jonas 1987 :55.

inkommensurabel. Und obwohl sie dies sein sollten „droht eben dies Transzendente mit in den Schmelztiegel technologischer Alchemie hineingeworfen zu werden“¹¹⁷, um einen (sozialen) Fortschritt durch Technologie zu gewährleisten. Gerade aufgrund dieser drohenden alchimistischen Destillation falscher Zutaten, bedarf es der Pflicht zum Bewahren des Vergangenen und gleichzeitig auch der Zukunft.¹¹⁸ Die bloße Möglichkeit unkalkulierbarer Ereignisse, also des Risikos, durch einen menschlichen Eingriff in die Natur ist somit zu verbieten.

Es sind also die der Technik immanenten Eigenschaften, die zu Ungewissheiten und unkalkulierbaren Risiken führen. Eben deshalb ist *„der Unheilsprophezeiung mehr Gehör zu geben als der Heilsprophezeiung.“*¹¹⁹

3.2.5 Verantwortung als Pflicht (zur Zukunft)

Hans Jonas erweitert seine Verantwortungsethik konsequenterweise auf zukünftige Generationen hin aus. „Aber gerade mit dem noch-nicht-Seienden hat es die gesuchte Ethik zu tun“¹²⁰, mit den Nachkommen also, die aufgrund der Reichweite in Zeit und Raum durch Technologie tief beeinflusst werden können. Dabei betont Jonas primär nicht das Recht künftiger Generationen auf bestimmte Verhältnisse, als vielmehr eine basale Pflicht. Eine Pflicht der gegenwärtigen Generation, den kommenden Generationen das Dasein auf Erden zu ermöglichen. Ein Dasein, das darauf basiert, die Idee des Menschen als Verkörperung der Humanität als Pflicht verwirklichen zu können.¹²¹ Somit wird ein intergenerationelles, reziprokes Band geschaffen, dessen Basis der verantwortungsethische Imperativ ist:

117 Jonas 1986 :74.

118 Vgl. Jonas 1987 :84 ff.

119 Jonas 1986 :70.

120 Ebda :84.

121 Vgl. Ebda :86 ff., insb. :89, :292.

„Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“¹²²

Folglich steht die vorangehende Generation stets in einer Verantwortung, einer Pflicht zur Antwort, zur Rechenschaft jemandem gegenüber. Verantwortung bedeutet Rechenschaft ablegen, impliziert eine Relation. Jemand hat „eine Zuständigkeit, die (1) bei jemandem, (2) für etwas, (3) gegenüber jemandem und (4) nach Maßgabe bestimmter Kriterien.“¹²³ Diese Relation gehört implizit zum Menschsein und seiner Verantwortung dazu.

3.2.6 Zwischenfazit

Die Gegebenheiten haben sich aufgrund der technischen Entwicklungen der letzten 100 Jahre bedeutend geändert. Insbesondere die letzten 50 Jahre, die von einer besonderen Beschleunigung geprägt sind, haben neue Dimensionen der Macht und Tragweite eröffnet. Zudem sind viele biologische und soziale Prozesse noch immer nicht ausreichend erforscht, sind umhüllt von Komplexität. So entsteht ein Umfeld des Ungewissen. Voreilige und zunächst einfach zu vermittelnde Entscheidungen können nicht-intendierte Folgen nach sich ziehen und nicht zuletzt die Menschheit selbst bedrohen. Des Weiteren hat die Technologie eine Eigendynamik entwickelt, die sich den menschlichen Handlungsmöglichkeiten entziehen kann, womit der Mensch das Heft des Handelns aus der Hand gibt und seiner Pflicht zur Verantwortung nicht mehr nachkommen kann. Denn es ist der Mensch, der sowohl gegenüber der vorherigen als auch der nachkommenden Generation, aber auch der Natur in der Verantwortung steht.

122 Jonas 1986 :36.

123 Vogt 2009 :12.; vgl. Jonas 1986 :185.

Die Forderung einer Rückkehr zu ‚alten Zeiten‘ ist ebenso wenig hilfreich um die Schöpfung zu bewahren, wie eine strikte Ablehnung technischer Hilfsmittel. Aber es ist das Maß der Handlungen und die restriktive Handhabung der Technologie, die zu einer Bewahrung der Schöpfung durch Wissen führen können. Dabei spielt insbesondere die Forschung eine wichtige Rolle, die jedoch von Jonas harsch kritisiert wird. Denn es ist gerade die Wissenschaft, die der Natur jegliches Eigenrecht abspricht, „als etwas zu Achtendes zu denken – hat sie diese doch zu der Indifferenz von Notwendigkeit und Zufall reduziert und aller Würde von Zwecken entkleidet.“¹²⁴

Die Verantwortung der Forschung beziehungsweise der Forscher wird im folgenden Kapitel näher analysiert.

3.3 Verantwortung in der Wissenschaft

Während sich Jonas in „Prinzip Verantwortung“ dem theoretischen Teil der Verantwortung widmet, betrachtet er in seiner zweiten großen Monographie „Technik Medizin und Ethik“¹²⁵ den angewandten Teil der Verantwortung als Prinzip.

Wie bereits erwähnt wurde, ist nach Jonas der genuine Impuls akademischer Natur, sodass insbesondere sie in der Verantwortung steht. Und da insbesondere die Naturwissenschaft zum einen, den Menschen als Gegenstand hat, und zum anderen, eine Nähe zur praktischen Anwendung inhärent vorhanden ist, widmet Jonas ebendiesem Forschungsbereich besondere Aufmerksamkeit. Dabei bezieht sich Jonas explizit auf Robert J. Oppenheimer, dem Leiter des *Manhattan-Project* und ‘Vater der Atom-

¹²⁴ Jonas 1986 :29.

¹²⁵ Jonas 1987.

bombe'¹²⁶, dessen Forschungen von 1942 bis 1945 in der Zündung der ersten atomaren Bombe kulminierten, der sogenannten *The Gadget* (Das Spielzeug), Codename *Trinity* (Dreifaltigkeit). Der erste Test erfolgte noch auf US-amerikanischem Boden. Tests Nummer zwei und drei (Hiroshima und Nagasaki) hingegen fielen viele Menschen zum Opfer. Nach der Detonation der Bombe auf Hiroshima, hielt Robert Oppenheimer eine Rede im Massachusetts Institute of Technology (MIT), bei der insbesondere ein Satz vielfach zitiert wurde: „In some sort of crude sense which no vulgarity, no humor, no overstatement can quite extinguish, the physicists have known sin; and this is a knowledge which they cannot lose.“¹²⁷ Die Wissenschaft hat die Sünde kennengelernt. Dabei nimmt er spezifischen Bezug auf den Moment der Zündung der *The Gadget*. So offenbarte Oppenheimer 1965 in einem Fernsehinterview, Momente nach ebendieser Zündung an den Satz aus der Baghavad Gita gedacht zuhaben: „Now I am become death, the destroyer of worlds.“¹²⁸

Jonas' Fragen der Forschungsfreiheit und der Verantwortung des Forschers basieren auf diesem historischen Hintergrund.

3.3.1 Verantwortung und Verpflichtung

Es ist der Philosoph, der basale Fragen der Relation zwischen Wissenschaft und Wertsphäre in den Fokus der Forschung lenken kann. So richtet Jonas elementare Fragen an die Forschung, an die Naturwissenschaft im Speziellen: Trägt der Forscher bei seinen Untersuchungen eine Verantwortung? Wie steht es um die Frage der Schuld und Schuldvermeidung? Kann der Forscher alleine aufgrund seiner Forschung Schuld auf sich laden, wenn seine Ergeb-

126 Der Physiker wurde 1942 damit beauftragt, mit Wissenschaftlern seiner Auswahl die Kernwaffenforschung voranzutreiben und dem nationalsozialistischen Deutschland zuvorzukommen. Gleichwohl jedoch Deutschlang besiegt wurde, führten die USA die Forschungen unter Oppenheimers Ägide fort.

127 Oppenheimer 1955 :89-90.

128 Hijiya 2000 :123.

nisse Anwendung finden und Übel hervorbringen?

Dazu differenziert Jonas zunächst zwischen Verantwortung und Verpflichtung. Erstere ist der spezielle Fall, hat im Vergleich zu Verpflichtung einen externen Bezug. Man hat die Verpflichtung gewisse Regularien einzuhalten, eine „interne Pflicht zur »Strenge«“. ¹²⁹ Seine Schöpfung, seine Forschung jedoch kann aufgrund seiner Wirkung das Außen, die Welt, betreffen und sie tiefgreifend beeinflussen. Sie hat also einen externen Bezug und führt zu Verantwortung. Diese Wirkung ist in der Naturwissenschaft praktisch implizit, da die Forschung an sich herauszufinden versucht, wie die Natur funktioniert und dieses Funktionieren nachahmt oder beeinflusst, „[m]an findet heraus, wie die Natur es »macht«, und kann dann selber etwas mit ihr machen.“ ¹³⁰

3.3.2 Der Dualismus in der Forschung

Jonas beschreibt die naturwissenschaftliche Forschung auch „Forschungsindustrie, die so oft Industrieforschung ist“ ¹³¹, weil die Industrie dem Wissenschaftler von Beginn an die Aufgabe erteilt (und oft auch die Mittel), gewisse Forschungen zu betreiben. Das ist auch heute ein Aspekt kritischer Auseinandersetzung. Darf objektive Forschung von der Wirtschaft finanziert werden? Führt die Nähe zwischen Industrie und Wissenschaft nicht zugleich zu eingeschränkten Prämissen und damit zu angepassten Ergebnissen? Zudem, so Jonas, wird der Löser der Aufgabe auch gleichzeitig zum Handlanger. Wird der Forscher durch die Bereitstellung seiner praktisch anwendbaren Lösungen mitverantwortlich? Sollte er in Absehbarkeit seiner Ergebnisse, die Forschungsaufgaben ablehnen, Ergebnisse gar geheim halten? Was bedeutet das umgekehrt für die Be-

¹²⁹ Jonas 1987 :77.

¹³⁰ Ebda :77.

¹³¹ Ebda :78.

reitestellung lebensfördernder Maßnahmen? Hier stellt Jonas nicht *expressis verbis* die Frage von Gut und Böse, die Janusköpfigkeit der Forschung, sie ist aber aus dem Kontext zu eruieren, schwingt stets im Text mit. Das Problem bei diesem Dualismus ist der Forschungsergebnisse oftmals inhärent, denn die Ergebnisse der Forschung können zum Schaden oder Nutzen dienen und unterliegen in dieser letzten Konsequenz nicht mehr dem Einfluss des Forschers, so Jonas. „[D]aß Macht eine Macht für beides ist und oft ohne den Willen des Ausübers vollbringt, sogar im gleichen Zuge des Gebrauchs.“¹³² Erschwerend hinzu kommt der von Jonas im Kontext der Verantwortung und Technik stets mahnende Hinweis auf die „die kausale Reichweite [...], die schiere Größenordnung der Fernwirkungen und oft auch ihre Unumkehrbarkeit.“¹³³

Die Gesellschaft kann aber auf Forschung nicht verzichten, schon alleine wegen der Abwendung oder Korrektur alten Übels nicht.¹³⁴ Die Technik ist also bereits zu weit fortgeschritten, sie hat bereits zu viele Bereiche des menschlichen Lebens eingenommen, als dass man sie aufhalten könnte. Lediglich zügeln kann man sie, wie in seinem Hauptwerk vermerkt. Und hierbei kann die „sehende Furcht (...) etwas zu seiner [der Technologie] Zügelung tun.“¹³⁵ Das Postulat der 'Heuristik der Furcht'¹³⁶ kehrt im Forschungsbereich wieder. Gleichwohl ist auch hier anzumerken, dass die Heuristik der Furcht allein im Konnex mit der Verantwortung verstanden werden kann.

Man muss die Forschung gewähren lassen und keine Selbstzensur betreiben. Jedoch sollen den Forschern Entscheidungsgremien beiseite stehen. „Es bräuchte einen »Rat der Weisen« (...) wie die Philosophenherrscher in Platos Staat.“¹³⁷ Angesichts des oftmals globalen Ausmaßes

132 Jonas 1987 :78.

133 Jonas 1986 :9; ähnlich in Jonas 1987 :78.

134 Vgl. Jonas 1987 :78.

135 Ebda :79.

136 Vgl. Jonas 1986 :8.

137 Jonas 1987 :79.

mancher Forschung, müsste der Staat aber ein Weltstaat sein. Andernfalls hätte jeder Staat einen eigenen Rat, der nationaler Judikative, Legislative und Exekutive unterliegt, sodass primär die nationale Souveränität im Fokus stünde, mit all den ökologischen, ökonomischen, sozialen und auch militärischen Folgen. Es sind aber Fragen des Politischen, zu denen Hans Jonas keine konkreten praktischen Anweisungen geben möchte, da er Philosoph und nicht Politologe ist. Lediglich einen kurzen Hinweis, der doch so bedeutungsvoll im Hinblick auf das Prinzip Verantwortung ist, liefert er doch: Zur Problemlösung fordert Jonas die „*Bewußtseinsbildung*“¹³⁸, in der die Wissenschaft durch kritische Reflektion das eigene Verständnis neu justieren könnte.

Jonas greift zu dieser kritischen Rezeption zwei Überzeugungen auf, die schon implizit in der Wissenschaft eingeschrieben zu sein scheinen. Die Wertefreiheit und die Freiheit an sich. Dieses Selbstverständnis will Jonas kritisch untersuchen.

3.3.3 Wertefreiheit der Wissenschaft

Die Wertefreiheit der Wissenschaft ist ein an die Forscher gerichteter Imperativ.

„Halte Deine eigenen persönlichen Werthaltungen oder Neigungen aus der Untersuchung des Gegenstandes heraus“¹³⁹, sei objektiv. Es ist eine methodologische Haltung, so Jonas. Der Erkenntnisgegenstand selbst ist dabei wertfrei. Hierbei handelt es sich um eine ontologische Haltung über jene Wahrheit des Objektes. Sie ist aber zugleich epistemologisch-begrifflich hinsichtlich des Wertes selbst, der subjektiv anthropogen erzeugt wird. Der Wert hat seinen Sitz ausschließlich in wertenden menschlichen

138 Jonas 1987 :80.

139 Jonas 1987 :81.

Subjekten, gehört also nicht zur Objektivität und wird auf die Dinge projiziert.

Dies würde weiter bedeuten, dass beispielsweise die Natur als Forschungsgegenstand objektiv betrachtet weder Gut noch Böse, schlechter oder besser kennt. Sie ist auch nicht zweckgerichtet, sondern weist bestimmte Ergebnisse auf, die Folge eines bestimmten Zufalls sind. Somit ist die Natur auch nicht zweckgerichtet. Diese „Reduktion zum wertneutralen Objekt“¹⁴⁰ bringt zwei Folgerungen mit sich. Einerseits kann man sich an der Natur und damit auch dem Menschen, nicht versündigen. Für Jonas ein Freibrief an die Wissenschaft zur grenzüberschreitenden Forschung. Andererseits wird jegliche Normativität verworfen. Es gibt nur ein *ist*, aber kein *soll*, keine Richtung.

3.3.4 Kritik am Reduktionismus der Naturwissenschaftler

Jonas erscheint das Postulat der zweckfreien Natur ein naturwissenschaftliches Konstrukt zu sein, „eine künstlich abgeblendete Ansicht.“¹⁴¹

Jonas argumentiert hingegen, dass es dem Menschen und auch dem Tier in ihrem Sein stets um etwas geht, um dieses Sein selbst. Der Mensch ist zur Subjektivität fähig und kann somit „nicht bloße Natur der Physik sein.“¹⁴² Liegt es nicht im Interesse der Natur, dass der Mensch und auch das Tier „zum Bewußtsein seiner selbst komme?“¹⁴³ Ist also die Erkenntnis des Naturwissenschaftlers, des Physikers oder des Chemikers beispielsweise, nicht auch ein Teil zur Erschaffung eines bestimmten Naturbildes? Dadurch ergibt sich eine implizit tiefe Vernetzung zwischen Mensch und Natur, Mensch und Tier, die einem Postulat des Dualismus widerspricht. Das Sein des Menschen ergibt

140 Jonas 1987 :83.

141 Ebda :84.

142 Ebda :84.

143 Ebda :84.

sich folglich immer auch aus der Natur, es ist ein „becoming with“¹⁴⁴, kulminierend in der Erkenntnis des Selbst. Diese Erkenntnis ist so tragend, dass der Mensch verpflichtet ist, nicht nur die dekonstruierte Weltanschauung zu einem Ganzen, dem Ursprünglichen zusammenzusetzen. Er hat aufgrund der neu entdeckten Ehrfurcht vor der Natur¹⁴⁵ auch Verantwortung zu tragen, für sie und auch für sich selbst. Es gibt, so Jonas, also neben „[der] Freiheit des Gebrauchs auch die Pflicht der Bewahrung (...) - sogar unabhängig von der nüchtern-utilitaristischen Erwägung.“¹⁴⁶

3.3.5 Forschungsfreiheit und das öffentliche Wohl

Der Forschungsfreiheit widmet Jonas ein ganzes Kapitel, insbesondere in Verbindung mit dem öffentlichen Wohl. Im Laufe der Wissenschaftshistorie sind die Grenzen zwischen Theorie und Praxis, zwischen der eigentlichen Forschung und dem praktischen Nutzen aus ihr, permeabel geworden. Jonas zufolge sind vier Aspekte dieser Permeabilität vorhanden, die sich heutzutage mehr denn je einer Debatte stellen.

Die Wissenschaft ist *erstens* abhängig vom „intellektuellen feedback“¹⁴⁷, der *zweitens*, die weitere Forschungsrichtung mitbestimmt. *Drittens* profitiert der Forscher von technischen Fortschritten, sie haben also selbst Vorteile aus weiteren Forschungsbereichen. *Viertens* ist die finanzielle Unterstützung für die Wissenschaft aufgrund der oftmals sehr hohen Forschungskosten ein eminent wichtiger Bestandteil.

Infolgedessen wird die Wissenschaft exogen beein-

144 Haraway 2008. Ihr zufolge ist der menschliche Exzeptionalismus inkorrekt und inkohärent. Der Einzelne wird nie alleine durch sich selbst Mensch, sondern immer nur durch andere und mit anderen - Menschen, Tiere, die ihn umgebende Natur. Es ist ein reziprokes Verhältnis, zwischen den Spezies. "If we appreciate the foolishness of human exceptionalism, then we know that becoming is always becoming with—in a contact zone where the outcome, where who is in the world, is at stake." Ebda :244.

145 Vgl. Jonas 1987 :85.

146 Ebda :86.

147 Ebda :86.

flusst und nicht mehr alleine durch endogene wissenschaftliche Prämissen und Ideen geleitet.¹⁴⁸

Besondere Brisanz erhält die wissenschaftliche Erkenntnis durch ihre Größenordnung. Raum und Zeit haben sich auch in der Experimentalphase verändert und erweitert. Zunächst auf dem Computer – durch umfassendere Modellrechnungen – folgend auch in Feldforschungen. Es sind ausschließlich letztere, denen Einhalt geboten werden muss:

„Die Welt selber ist zum Laboratorium geworden, und man findet heraus, indem man im Ernste tut, was man nach dem Herausfinden vielleicht nicht getan zu haben wünscht. (...) und ethische Neutralität endet spätestens da, wo es zu menschlichen Subjekten kommt. Was ihnen getan wird, ist eine reale Tat, für deren Sittlichkeit das Erkenntnisinteresse keine Blankodeckung erteilt. (...) Schon daraus folgt, daß die Freiheit der Forschung nicht unbedingt sein kann.“¹⁴⁹

Die Grenze der Forschung ist dort zu ziehen, wo Menschenleben fahrlässig riskiert und die Würde verletzt wird. Die in der (Natur-)Wissenschaft immanente Reduzierung auf das bloße Objekt muss ethisch kritisiert werden, ja, es erfordert, wenn man Jonas im Subtext liest, einen interdisziplinären Austausch, damit die Trennung von Mensch und Natur widerrufen werden kann. Dabei kommt der bereits erwähnten „Bewußtseinsbildung“¹⁵⁰ eine tragende Rolle zu.

148 Vgl. Jonas 1987 :96.

149 Ebda :99.

150 Ebda :80.

„We have become so small, the world has become so fragile, our weapons have become so powerful, that we cannot use those weapons any longer, that we cannot subject the Earth to the tortures we can now inflict upon it. The only way we can solve a problem is by a human solution, a totally human solution, an international solution, a cooperative solution. It is important that the world get together and be sufficiently a unit to face the problems which attack us as a unit. The problems with the ocean, with the atmosphere, with the soil, with the population, with pollution, with anything you want to aim – do not distinguish among us!“¹⁵¹

Issak Asimov

„Während die Menschheit des post-industriellen Zeitalters vielleicht als eine der verantwortungslosesten der Geschichte in der Erinnerung bleiben wird, so ist zu hoffen, dass die Menschheit vom Anfang des 21. Jahrhunderts in die Erinnerung eingehen kann, weil sie großherzig ihre schwerwiegende Verantwortung auf sich genommen hat.“¹⁵¹

Papst Franziskus

151 Asimov 1989. Papst Franziskus 2015 :118.

Gesamtfazit und Schlussbetrachtung

Die Aspekte zur Einflussnahme des Menschen auf das Wetter und das Klima sind mannigfaltig. Insgesamt gibt es rund 45 verschiedene Ansätze zur Beeinflussung des Wetters, von denen einige hochspekulativ sind. Hier wurden Ansätze mit der größten Rezeption dargestellt. So destilliert sich ein komplexer Diskurs, der noch am Anfang steht und aufgrund der drängenden Klimafrage weiter an Geschwindigkeit und Gewicht gewinnen wird. Verbindliche, multilaterale Verpflichtungen zur Bekämpfung des Klimawandels sind nicht vorhanden. Relevante Beschlüsse werden verschoben, Verhandlungen scheitern stets an nationalökonomischen Interessen – mit verheerenden Folgen für Natur und Mensch. Die kommenden Verhandlungen in Paris werden dabei weitreichende Bedeutung erlangen.

Bis zu Paul Crutzens Artikel im Jahre 2006 befand sich die Idee, das Klima großskalig zu beeinflussen, noch immer im Bereich der Science-Fiction, obschon im Laufe des 20. Jahrhunderts vereinzelt Versuche zur Modifikation des Wetters unternommen wurden. Es waren meist kleine, durch das Militär getestete Experimente. Doch vieles, was sich zunächst in Science-Fiction-Büchern finden ließ, ist nun Realität. Climate Engineering gehört dazu. Es ist ein real diskutiertes Maßnahmenbündel, basierend auf Technologie, Biophysik und Biochemie, um das Klima zu beeinflussen. Noch befindet sich der Diskurs dazu in einem kleinen, von Naturwissenschaftlern dominierten Rahmen. Sukzessive treten weitere wissenschaftliche Disziplinen hinzu. Aber der Diskurs hat seit 2006 an Geschwindigkeit zugenommen. Ergebnisse haben gezeigt, dass viele Parameter fehlerhaft und die Auswirkungen auf das Klima

nicht eindeutig definierbar sind. Eindeutig aber ist, dass die Wirkmacht dieser Prozesse und auch deren Dynamik unvorhergesehene Folgen haben könnten, für uns Menschen und die Natur, zu der wir gehören. Just in einer solchen Unsicherheit fordert Jonas der Unheils prophezeiung¹⁵² mehr Gehör zu verleihen als der Heilsprophezeiungen. Die Anwendung von CE-Technik wäre damit zum jetzigen Zeitpunkt zu verbieten. Hinsichtlich der ungenauen Messergebnisse von Computersimulationen und auch gescheiteter Feldforschungen, ist diese Forderung verantwortungsvoll.

Ein Stillstehen, ein Verharren in der Gegenwart ist aber auch für Hans Jonas wenig sinnvoll, denn die Technik hat bereits eine Vielzahl an Bereichen menschlichen Lebens erobert. Der Wunsch einer Rückkehr zu alten Zeiten ist wenig hilfreich, um insbesondere zukünftige Herausforderungen zu meistern. Wichtig ist, genaue Leitplanken in Wirtschaft und Forschung zu definieren. Besonderer Fokus wurde in dieser Arbeit dabei auf die Wissenschaft, deren Verpflichtung zu Stringenz dabei ebenso wichtig ist, wie ein Gefühl ob der Verantwortung für das öffentliche Wohl. Die Methoden zur Veränderung des Klimas sind weitestgehend unausgereift und in den Ergebnissen inkonsistent, da die Prämissen divergieren und die Modelle unvollständig sind. Folglich ist eine weitere Erforschung, sowohl der Methoden, aber insbesondere des Systems Klima wichtig. Die Erdsystemmodelle müssen zunächst präzisiert werden. Computermodelle müssen präzisiert und um derzeit unbekannte Faktoren erweitert werden. Dazu bedarf es weiterer, intensiver Forschung, um unser Verständnis für die Komplexität des Klimas zu erweitern. Wir sind verpflichtet, zukünftigen Generationen hinreichende Optionen zu einem menschenwürdigen Leben zu

152 Vgl. Jonas 1987 :86.

bieten, basierend auf dem sittlichen Eigenrecht und der Schöpfungsverantwortung.

Zentral ist für Jonas dafür auch ein interdisziplinärer Austausch, ein intellektuelles feedback¹⁵³ und die Ausbildung eines neuen Selbstverständnisses innerhalb der Wissenschaft. Ehrfurcht führt nicht zwangsläufig zu einem Verharren im status quo, sondern zu einer Haltung des Maßhaltens, des bewussten Handelns. Zentral dafür ist die „Bewußtseinsbildung“¹⁵⁴. Ihr implizit ist eine Neujustierung des Selbst und der Umwelt und ein damit einhergehendes neues Verständnis von Verantwortung.

Unsere Errungenschaften, unsere technischen Möglichkeiten und der sich dadurch ergebende, tiefgreifende Einfluss auf den Planeten, erfordern ein ganz neues Pflichtbewusstsein gegenüber der Schöpfung. Wir besitzen die Haushalterschaft und damit die Verantwortung, auch und insbesondere über die Natur, von der die Menschen sich im Übrigen nicht entkoppeln können, da sie ein Teil von ihr sind. Es bedarf einer Ethik des Maßhaltens¹⁵⁵ und einer nachhaltenden Nutzung¹⁵⁶ in allen drei Dimensionen menschlichen Lebens, der Ökonomie, Ökologie und des Sozialen.

Das Klima anhand biochemischer, biophysischer und technischer Anwendungen zu beeinflussen, birgt ein großes Risiko in sich. Zunächst einmal gilt zu konstatieren, dass Mechanismen und Rückkopplungsprozesse des Systems Klima noch nicht vollständig verstanden worden sind. Weiter, kennt das Klima keine regionalen oder nationalen Grenzen. Luft- und Meeresströme bilden ein komplexes System, das sich auf den Rest der Natur auswirkt. Somit kann eine anthropogene Einflussnahme auf regionaler Ebene globale Auswirkungen hervorrufen, die möglicherweise irreversibel sind.

153 Vgl. Jonas 1987.

154 Ebda :299.

155 Vgl. Ebda :79.

156 Vgl. Carlowitz 1713/2013.

Nicht nur, dass die Kosten der Anwendung momentan noch sehr hoch sind. Die Folgekosten sind unbekannt und wären, wie bereits jetzt hinsichtlich der unkompensierten Folgen durch Emissionen, als externe Kosten anzusehen. Wer für welche Schäden in welchen Höhen aufkommt wird genauso schwierig zu definieren sein.

Obzwar das Thema CE sich noch im akademischen Bereich befindet, liegt es in der Hand der Wissenschaft, den Diskurs transparent und verantwortungsbewusst zu lenken. Dabei obliegt der Geistes- und Sozialwissenschaften eine Hauptverantwortung, den Weg kritisch zu begleiten, mitzuformen und die Öffentlichkeit daran teilzuhaben. Ein Verzicht darauf würde die Gefahr bergen, Sphären des Einflusses zu verlieren und die Weiterentwicklung zu verpassen.

Literaturverzeichnis

Allenby, Brad (2005): Engineering The Earth. In: Robert Olson und David Rejeski (Hg.): Environmentalism And The Technologies Of Tomorrow. Washington: Island Press, S. 80–86.

Asimov, Isaak (1989): Rede zur Konstituierung der ersten Humanist Institute Annual Dinner. New York Society for Ethical Culture, 14.01.1989.

<http://www.ubcome.com/AsimovSaveCivilization.html>

zuletzt geprüft am 29.11.2015.

Betz, Gregor; Cacean, Sebastian (2011): Climate Engineering. Ethische Aspekte, Studie erstellt im Auftrag vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Bojanowski, Axel (2014): Vulkangase: Schwefelwolke des Bárðarbunga erreicht Deutschland.

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/bardarbunga-gaswolke-vom-vulkan-auf-island-erreicht-deutschland-a-993285.html#ref=rss>

zuletzt geprüft am 04.12.2014.

Borsa, Adrian A.; Agnew, Duncan C.; Cayan, Daniel R. (2014): Ongoing drought-induced uplift in the western United States. In: 345 (6204), S. 1587–1590.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew (2014): The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. First Edition. New York: W.W. Norton & Company, Inc.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2013): Weiterentwicklung des internationalen Klimaschutzes - auf dem Weg zu einem Klimaabkommen für das 21. Jahrhundert. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

Carlowitz, Hans Carl von (1713/2013): Sylvicultura oeconomica oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht, neue Edition, J. Hamberger (Hg.), München: Oekom-Verlag.

Carson, Rachel (2002): Silent Spring. 40th anniversary ed., 1st Mariner Books ed. Boston: Houghton Mifflin.

Cole, Steve (2015): NSA, NOAA find 2014 warmest year in modern record. Hg. v. NASA und NOAA. NASA und NOAA.

<http://www.nasa.gov/press/2015/january/nasa-determines-2014-warmest-year-in-modern-record/>

zuletzt geprüft am 15.01.2015.

Corner, Adam; Pidgeon, Nick (2014): Like Artificial Trees? The effect of framing by natural analogy on public perceptions of geoengineering. Special issue on "Multidisciplinary perspectives on climate ethics", Volume 130, Issue 3, S. 425-438.

Crist, Eileen (2013): On the Poverty of Our Nomenclature. In: Environmental Humanities, 2/2013, S. 129-147.

Crutzen, Paul J. (2002): Geology of mankind. In: Nature 415 (6867).

Crutzen, Paul J. (2006): Albedo Enhancements by stratospheric sulfur injections. A contribution to resolve a policy dilemma? In: Climatic Change (77), S. 211–219.

Crutzen, Paul J.; Stoermer Eugene F. (2000): The 'Anthropocene'. In: Global Change Newsletter (41), S. 17–18.

Dlugokencky, Ed; Tans, Pieter (2014): Annual Mean Global Carbon Dioxide Growth Rates. National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory.

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

zuletzt geprüft am 15.01.2015.

Grunwald, Armin (2011): Der ingenieurstechnische Blick auf das Weltklima. In: Matthias Marnig (Hg.): Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing; KIT Scientific Publishing (4), S. 219–226.

Hamilton, Clive (2013): Earthmasters. The dawn of the age of climate engineering: Yale, Yale University Press.

Hamwey, Robert M. (2007): Active amplification of the terrestrial albedo to mitigate climate change: an exploratory study. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (12/4), S. 419–439.

Hansen, James et al. (2008): Target Atmospheric CO₂: Where should Humanity aim? In: The Open Atmospheric Science Journal (2), S. 217–231.

Hansen, James et al. (1981): Climate Impact Of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. In: Science 1981 (4511).

Haraway, Donna Jeanne (2008): When species meet. Minneapolis: University of Minnesota Press (3).

Heimbach-Steins, Marianne (2011): Christliche Sozialethik für die Welt von heute. In: Kirche und Gesellschaft (203), S. 2–16.

Heintzenberg, Jost et al. (2011): Near-global aerosol mapping in the upper troposphere and lowermost stratosphere with data from the CARIBIC project. In: Tellus B (63), S. 875–890.

Hijiya, James A. (2000): The Gita of J. Robert Oppenheimer. In: Proceedings of the American Philosophical Society (144/2), S. 123–167.

Huri, Helene; Kristjansson, Jon. E.; Storelvmo, Trude; Pfeffer, Melissa (2012): Modifications of cirrus clouds in a geoengineering framework. Präsentation, University of Oslo - Department of Geosciences, 2012.

International Geosphere-Biosphere Programme IGBP (2014): Planetary dashboard shows “Great Acceleration” in human activity since 1950.

<http://www.igbp.net/news/pressreleases/pressreleases/planetarydashboardshowsgreataccelerationinhumanactivitysince1950.5.950c2fa1495db7081eb42.html>

zuletzt geprüft am 29.11.2015.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Vierter Sachstandsbericht; Climate Change 2007: Synthesis Report. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014a): Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014b):

Fünfter Sachstandsbericht des IPCC – Synthesebericht. Hg. v. Intergovernmental Panel on Climate Change. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

Jean de Salisbury (2009): Metalogicon. Quebec City:

Pr De L'Universite Laval.

Jickells, Tim D. et al. (2005): Global iron connections between desert dust, ocean biogeochemistry, and climate. In: *Science* (308), S. 67–71.

Jonas, Hans (1986): Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. [5. Aufl.]. Frankfurt am Main: Insel Verlag.

Jonas, Hans (1987): Technik, Medizin und Ethik. Zur Praxis des Prinzips Verantwortung. 2. Aufl. Frankfurt am Main: Insel Verlag.

Korhonen, Heidi; Carslaw, Ken S.; Romakkaniemi, Sami (2010): Enhancement or marine clouds albedo via controlled sea spray injections. A global model study of the influence of emission rates, microphysics and transport. In: *Atmospheric Chemistry and Physics* (10), S. 4133–4143.

Lee, David S.; Fahey, David W.; Forster, Piers M.; Newton, Peter J.; Wit, Ron C. N.; Lim, Ling L.; Owen, Bethan; Sausen, Robert (2009): Aviation and global climate change in the 21st century. In: *Atmospheric Environment* (43), S. 3520–3537.

Len, Barrie; Geir, Braathen (2006): WMO Greenhouse Gas Bulletin. No 1: 14 March 2006.

Lin, Albert C. (2013): Prometheus reimaged. Technology, environment, and law in the twenty-first century. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Malm, Andreas; Hornborg, Alfred (2014): The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative. In: *The Anthropocene Review* 1 (1), S. 62–69.

Marnig, Matthias (Hg.) (2011): Fallstudien zur Ethik in Wissen-

schaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Schriftenreihe des Zentrums für Technik und Wirtschaftsethik am Karlsruher Institut für Technologie. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Martínez-García, Afredo; Sigman, Daniel M.; Ren, Haojia; Anderson, Robert F.; Straub, Marietta; Hodell, David A.; Jaccard, Samuel L. Eglinton; Haug, Gerald H. (2014): Iron Fertilization of the Subantarctic Ocean During the Last Ice Age. In: Science 21 March 2014: Vol. 343 Nummer 6177, S. 1347-1350.

McLuhan, Marshall (1962/ 2011): The Gutenberg Galaxy. The making of typographic man. [New] edition. Hamburg, Berkeley, Calif: Gingko Press.

Meadows, Donella (Hg.) (1977): Limits To Growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. [S.l.]: New Amer Library.

Meyers, Robert A. (Hg.) (2012): Encyclopedia of sustainability science and technology. New York, NY: Springer New York.

Mitchell, David L.; Finnegan, William (2009): Modification of cirrus clouds to reduce global warming. In: Environmental Research Letters 4, S. 45102.

National Aeronautics and Space Administration - Goddard Institute for Space Studies (2015): Global Annual Mean Surface Air Temperature Change

http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/Fig.A2.txt
zuletzt geprüft am 29.11.2015.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - National Weather Service Earth System Research Laboratory (2015a): The NOAA Annual Greenhouse Gas Index Global Radiative Forcing.

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>
zuletzt geprüft am 29.11.2015.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Weather Service, Climate Prediction Center (2015b): Description of Changes to Oceanic Niño Index.

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_change.shtml

zuletzt geprüft am 29.11.2015.

Olson, Robert; Rejeski, David (Hg.) (2005): Environmentalism And The Technologies Of Tomorrow. Washington: Island Press.

Oppenheimer, Julius R. (1955): The Open Mind. 1. Auflage. New York: Simon and Schuster.

Ornstein, Leonard; Aleinov, Igor; Rind, David (2009): Irrigated afforestation of the Sahara and Australian Outback to end global warming. In: Climatic Change (97), S. 409–437.

Ott, Konrad (2011): Argumente für und wider "Climate Engineering". In: Matthias Marnig (Hg.): Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing; KIT Scientific Publishing (4), S. 198–210.

Papst Benedikt XVI. (2009): Liebe in Wahrheit - Caritas in Veritate. Augsburg: Sankt Ulrich Verlag.

Papst Franziskus (2015): Laudato Si`. Über die Sorge für das gemeinsame Haus. Rom. Libreria Editrice Vaticana.

Papst Johannes Paul II. (1991): Centesimus annus. Rom: Libreria Editrice Vaticana.

Papst Johannes XXIII. (1961): Mater et magistra. Rom: Libreria Editrice Vaticana.

Papst Paul VI. (1965): Gaudium et spes. Rom: Libreria Editrice Vaticana.

Rademacher, Franz Josef (2014): Nachhaltigkeit, in: Vajna, Sándor. (Hg.): Integrated Design Engineering. Ein interdisziplinäres Modell für die ganzheitliche Produktentwicklung, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, S. 287-308.

Renn, Ortwin; Scheer, Dirk (2014): Public Perception of geoengineering and its consequences for public debate. In: Climatic Change 125 (125 / 3-4), S. 305–318.

Rickels, Wilfried; Klepper, Gernot; Dovern, Jonas (Hg.) (2011): Gezielte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering. Sondierungsstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Robock, Alan (1978): Internally and Externally Caused Climate Change. In: American Meteorology Society 1978 (35), S. 1111–1122.

Rose, Deborah; van Dooren, Thom; Chrulew, Matthew; Cooke, Stuart; Kearnes, Matthew; O’Gorman, Emily (2012): Thinking Through the Environment, Unsettling the Humanities, in: Environmental Humanities 1/2012, S. 1-5.

Sardemann, Gerhard (2011): Mensch und Klima. In: Matthias Marnig (Hg.): Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing; KIT Scientific Publishing (4), S. 211–218.

Satterthwaite, David (2009): The implications of population growth and urbanization for climate change. In: Environment & Urbanization (21), S. 545–567.

Schneider, Stephen H.(1984): On the empirical verification of model-predicted CO₂-induced climatic effects. In: J. E. Hansen and T. Takahashi (Hg.) Climate Processes and Climate Sensitivity, American Geophysical Union, Washington, D. C.

Solomon, Susan (Hg.) (2007): Climate change 2007. The physical science basis : contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Steffen, Will et al. (2004): Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure. Executive Summary. Hg. v. IGBP Secretariat. Royal Swedish Academy of Sciences.

Steffen, Will et al. (2015): The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. In: Anthropocene Review 2015, S. 1–18.

Steffen Will, Crutzen Paul J.; McNeill John R. (2007): The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? In: Ambio (36), S. 614–621.

Steinberg, Theodore (2002): Down to earth. Nature's role in American history. Oxford, New York: Oxford University Press.

Taha, Haider (2008): Urban surface modification as a potential ozone air-quality improvement strategy in California: a mesoscale modelling study. In: Boundary-Layer Meteorol (127), S. 219–239.

Twomey, Sean (1977): The influence of pollution on the short wave albedo of clouds. In: *Atmos Sci* (34/7), S. 1149–1152.

Twomey, Sean (1991): Aerosols, clouds and radiation. In: *Atmos Environ* (25(11)), S. 2435–2442.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. United Nations Framework Convention on Climate Change.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2011): Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010.

US Government (Hg.) (2012): Climate Extremes. Recent Trends With Implications For National Security.

Vaughan, Lenton (2011): A review of climate geoengineering proposals. In: *Climatic Change* (109), S. 745–790.

Vogt, Markus (2009): Prinzip Nachhaltigkeit. Ein Entwurf aus theologisch-ethischer Perspektive, München: Oekom-Verlag.

Vogt, Markus (2009): Verantwortung und Risiko. Vorlesungsskript SS09. Ludwig-Maximilians-Universität, 2009.

Weber, Max (2008/1919): Politik als Beruf. Stuttgart: Philipp Reclam jun. GmbH & Co.

Wiesnet, Sebastian (2012): Katastrophendiskurs oder Diskurs-katastrophe? Eine wissenssoziologische Kritik an der Diskussion um den anthropogenen Klimawandel. Hamburg: Kovac (Schriftenreihe Socialia, 120).

Worster, Donald (1979): Dust Bowl. The Southern Plains in the 1930s. New York: Oxford University Press.

Zhang, Yang; Macke, Andreas; Albers, Frank (1999): Effect of crystal size spectrum and crystal shape on stratiform cirrus radiative forcing. In: *Atmospheric Research* 1999 (52), S. 59–75.

Zhou, Shiyu; Flynn, Peter C. (2005): Geoengineering Downwelling Ocean Currents: A Cost Assessment. In: *Climatic Change* 2005 (71), S. 203–220.



Wolfgang Thoma

geb. 1980, Studium der Politologie, Katholischen Theologie und Ethnologie.

Ehem. Pressesprecher einer mildtätigen Stiftung. Es folgte eine Anstellung in der Internen Kommunikationsabteilung eines mittelständischen Unternehmens. Derzeit als Mitarbeiter für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit in einem digitalen Druckunternehmen tätig und Teilnehmer des zweijährigen Zertifikatsprogramms des Rachel Carson Center for Environment and Society. Dabei entstand diese Arbeit zum Thema „Climate Engineering“ im Fachbereich der Christlichen Sozialethik bei Prof. Dr. Markus Vogt.

Thoma und Vogt sind beide Mitglieder des Vereins für Nachhaltigkeit.

Noch klingt es nach Science-Fiction: Sonnenschilder, die das Sonnenlicht über der Erde reflektieren. Das Entstehen oder Auflösen lassen von Wolken. Die Zirkulation des Meerwassers beschleunigen oder mit Eisen düngen. Diese und weitere Methoden werden jedoch bereits erforscht, getestet und könnten Realität werden. Die ökologischen Folgen sowie die gesellschaftliche Steuerbarkeit jedoch sind jedoch ungewiss. Die Macht zu besitzen, aktiv in den Klimakreislauf einzuwirken bedeutet, eine neue Dimension der Verantwortung zu haben, der wir Menschen uns stellen müssen.

ISBN 978-3-945630-01-3



Laubsänger-Verlag, Freising