

Martin Voss (Hrsg.)

Der Klimawandel

Martin Voss (Hrsg.)

# Der Klimawandel

Sozialwissenschaftliche Perspektiven



**VS VERLAG FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

1. Auflage 2010

Alle Rechte vorbehalten

© VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2010

Lektorat: Katrin Emmerich | Marianne Schultheis

VS Verlag für Sozialwissenschaften ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.  
[www.vs-verlag.de](http://www.vs-verlag.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Ten Brink, Meppel

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in the Netherlands

ISBN 978-3-531-15925-6

# Inhalt

*Martin Voss*

Einleitung: Perspektiven sozialwissenschaftlicher Klimawandelforschung.....9

*Arved Fuchs*

Klima und Gesellschaft .....41

## **Klimadiskurs**

*Jan-Hendrik Passoth*

Diskurse, Eisbären, Eisberge:

Material-Semiotische Verwicklungen und der Klimawandel.....49

*Stephan Lorenz*

Das Klima erkennen, verhandeln, prozessieren –

Ein Einblick und Vorschlag zur transdisziplinären Diskussion .....61

*Fritz Reusswig*

Klimawandel und Gesellschaft. Vom Katastrophen-

zum Gestaltungsdiskurs im Horizont der postkarbonen Gesellschaft .....75

## **Klimawandel-Governance**

*Jobst Conrad*

Sozialwissenschaftliche Analyse von Klimaforschung, -diskurs

und -politik am Beispiel des IPCC .....101

*Christian Holz*

Möglichkeiten und Grenzen der Partizipation –

CDM-Kritik in den UN-Klimaverhandlungen .....117

*Larry Lohmann*

Climate Crisis: Social Science Crisis .....133

*Klaus Eisenack*

Die ökonomische Rahmung der Adaptation an den Klimawandel.....155

*Angela Oels*

Die Gouvernementalität der internationalen Klimapolitik:

Biomacht oder fortgeschritten liberales Regieren? .....171

## Klimagerechtigkeit

*Josef Bordat*

Ethik in Zeiten des Klimawandels.....189

*Sivan Kartha, Paul Baer, Tom Athanasiou, Eric Kemp-Benedict*

The right to development in a climate constrained world:  
The Greenhouse Development Rights framework .....205

*Felix Ekardt*

Recht, Gerechtigkeit, Abwägung und Steuerung im Klimaschutz –  
Ein 10-Punkte-Plan für den globalen und europäischen Klimaschutz .....227

## Wahrnehmung des Klimawandels

*Katharina Beyerl*

Der Klimawandel in der psychologischen Forschung.....247

*Falk Schützenmeister*

Hybrid oder autofrei? – Klimawandel und Lebensstile.....267

*Cristina Besio, Andrea Pronzini*

Unruhe und Stabilität als Form der massenmedialen Kommunikation  
über Klimawandel .....283

*Bernd Rieken*

Wiederentdeckung des teleologischen Denkens?  
Der anthropogene Klimawandel aus ethnologisch-psychologischer und  
wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive .....301

*Alejandro Pelfini*

Endogenes oder exogenes Lernen? Globale Wege zur Problematisierung  
des Klimawandels am Beispiel Argentiniens und Deutschlands.....313

## Anpassung an den Klimawandel

*W. Neil Adger*

Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change' .....327

*Christoph Görg*

Vom Klimaschutz zur Anpassung:  
gesellschaftliche Naturverhältnisse im Klimawandel.....347

*Klaus Wagner*

Der Klimawandel als Auslöser eines rapiden Wandels  
im „Naturgefahrenmanagement“ .....363

*E. Lisa F. Schipper*

Religion as an integral part of determining and reducing Climate Change  
and Disaster Risk: An agenda for research.....377

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren.....395

# Einleitung: Perspektiven sozialwissenschaftlicher Klimawandelforschung

*Martin Voss*

## 1 Einleitung

Als der schwedische Chemiker und Physiker Svante Arrhenius (1859-1927) im April des Jahres 1896 seine Überlegungen zum Einfluss von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) auf die Temperatur auf der Erdoberfläche veröffentlichte, war die Welt alles andere als erschrocken. Die überschaubare Zahl akademischer Kollegen, die seine Schrift zur Kenntnis nahmen, fand darin nichts Spektakuläres. Hinweise etwa auf menschengemachte Veränderungen des Weltklimas, die schon der Generation seiner Ur-Ur-Enkel zur ernsthaften Bedrohung werden könnten, entnahm der Leser dem Text keinesfalls.

Über einhundert Jahre später liest sich der so häufig als „Geburtsschrift“ der „Treibhaustheorie“ zitierte Arrhenius-Text ganz anders. Spätestens seit dem Erscheinen der sog. *Stern-Review* des britischen Ökonomen Nicholas Stern im Jahr 2006, der die Kosten eines ungebremsten Klimawandels für die Weltwirtschaft vorrechnete und des vierten Sachstandsberichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, auch *Weltklimarat* genannt) im Jahr 2007, wird der Mensch als zentrale treibende Kraft im für den Menschen existenziell bedrohlich gewordenen Klimageschehen gesehen. Drastisch warnt das IPCC: „Eine Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig (...). Die weltweiten Treibhausgasemissionen sind aufgrund menschlicher Aktivitäten seit der vorindustriellen Zeit angestiegen (...). Der größte Teil des beobachteten Anstiegs der mittleren globalen Temperatur seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist *sehr wahrscheinlich* durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen verursacht“ (IPCC 2007a: 2, 5, 6, Hervorhebung im Original).

Die entscheidenden Annahmen über das Klimageschehen, die diesen Warnungen zugrunde liegen, fanden sich bereits in der Publikation Svante Arrhenius' aus dem Jahr 1896. Seine Überlegungen zu den wichtigsten Determinanten für historische Schwankungen der oberflächennahen mittleren Durchschnittstemperatur (englisch: global mean temperature, GMT) sind bis heute klimawissenschaftlich weitgehend anerkannt. So gelangte Arrhenius bereits zu dem Schluss, dass es in erdgeschichtlich relativ kurzer Zeit – gedacht ist hier noch in Zeiträumen von einigen tausend Jahren – zu großen quantitativen Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration und dadurch zur Ein- und Ausleitung von Eiszeiten kommen konnte und dass dafür verschiedene Prozesse ausschlaggebend gewesen sein könnten; auch die mechanisch-industrielle Freisetzung von CO<sub>2</sub> bspw. durch die Verbrennung von Kohle kommt in dieser Bilanz vor (Arrhenius 1896: 270-272). Zehn Jahre später wird Arrhenius sogar postulieren, „dass der (...) Kohlensäuregehalt der Atmosphäre durch die Einwirkung der Industrie im Laufe von *einigen Jahrhunderten* merkbar verändert werden kann“ (Arrhenius 1908: 49, Original 1906, Hervorhebung M.V.). In einem wichtigen Punkt lag Arrheni-

us allerdings aus heutiger Sichtweise „daneben“: Die wichtigste Quelle für CO<sub>2</sub>-Emissionen vermutete er in vulkanischen Aktivitäten (1896: 272, 1908: 49).

Es scheint, als wäre Arrhenius bereits vor über 100 Jahren ganz nah an der heutigen „unbequemen Wahrheit“ (Al Gore) gewesen. Er hatte die wichtigsten Einflussgrößen bereits im Blick, die auch heute noch im Mittelpunkt der Diskussionen stehen, er konnte nur die Dynamik der technologisch-industriellen Entwicklung des 20. Jh.s nicht erahnen. So hatte er keine Vorstellung davon, wie drastisch sich die Emissionen bis zum Ende des ersten Jahrzehntes im 21. Jh.s erhöhen und dadurch in unwahrscheinlich kurzer Zeit zu einem entscheidenden Faktor im Klimageschehen werden würden. Im Jahr 1896 wurden nach heutigen Schätzungen weltweit etwa 1,7 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert.<sup>1</sup> Heute sind es etwa 28 Mrd. Tonnen pro Jahr (Sterk 2009).

Spätestens zur Mitte des 20. Jhs. war dieser Trend jedoch durchaus bereits ersichtlich. Warum also dauerte es noch bis zum Beginn des 21. Jh.s, bis aus dem lange vorhandenen „Wissen“ ein „Alarm“ wurde? Im Grunde verbergen sich hinter dieser einen zwei Fragen: Auf welcher Wissensbasis treffen Gesellschaften für sie existenziell bedeutende Entscheidungen? Und unter welchen Bedingungen gelangen sie zu Handlungen? Es braucht offensichtlich mehr als fundierte Theorien und empirische Belege, um aus Messwerten einen Impuls für Reflexionen und Handlungen zu machen. Die für diesen Schritt relevanten Bedingungen sind vornehmlich im Sozialen zu suchen. Probleme und Problemsichten sowie die Bereitschaft zur Handlung konstituieren sich im sozialen Raum, in der *Interaktion* von Menschen in ihren jeweiligen Umwelten. So ist es an den Sozialwissenschaften, zum Verständnis dieser Konstitutionsprozesse beizutragen und anderen gesellschaftlichen Akteuren für deren Entscheidungen relevantes Hintergrundwissen bis hin zu konkreten Lösungsansätzen zur Verfügung zu stellen.

Die sozialwissenschaftliche Klimawandelforschung – sowohl die bereits etwas ältere Forschung zum Klimaschutz (Mitigation) als auch die sehr junge, vielleicht erst seit dem Jahr 2007 bedeutend werdende Anpassungsforschung (Adaptation) – befindet sich noch in ihren Anfängen. Grundlagenforschung ist erforderlich, mittels derer sich die Sozialwissenschaften ein eigenes, kritisch aufgeklärtes Verständnis des hyperkomplexen, unscharfen, bedeutungsüberschüssigen Phänomens Klimawandel erarbeiten und sich zu den IPCC-Berichten (die für sich beanspruchen, den gegenwärtigen internationalen Forschungsstand zum Klimawandel zusammen zu führen) ins Verhältnis setzen. Doch auch die anwendungs- bzw. handlungsorientierte sozialwissenschaftliche Forschung zum Klimawandel steht vor vielen Fragestellungen, deren Konturen sich erst abzeichnen. Dieser Band soll – nicht mehr, aber auch nicht weniger – einen Eindruck von der Vielfalt der sozialwissenschaftlichen Klimawandelforschung vermitteln. Er versammelt dazu Beiträge aus Politikwissenschaft, Philosophie, Psychologie, Soziologie, Volkskunde, Ökonomie, Medienwissenschaften und Disziplinen übergreifenden Forschungsfeldern. Die Beiträge fokussieren auf sehr unterschiedliche Facetten des Klimawandels. Sie untersuchen diskursive Prozesse der Konstruktion des Klimawandels und daraus abgeleiteter Handlungsoptionen, sie analysieren die Genese der Wissensbasis, sie hinterfragen die institutionellen Rahmenbedingungen und politischen Konsequenzen, sie suchen nach Kriterien zur sozio-ökonomischen Bewertung

---

<sup>1</sup> Arrhenius ging von jährlich 900 Mio. Tonnen verfeuerter Kohle für das Jahr 1904 aus, was nach heutigen Berechnungen einer CO<sub>2</sub>-Emission von ca. 2,4-2,9 Mrd. Tonnen entsprechen hätte (1908: 49). Der Wert von etwa 28 Mrd. Tonnen für 2009 umfasst lediglich verbrennungsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen.



seiner Ursachen und seiner Folgen, sie diskutieren normative Fragen, sie richten den Blick auf soziale Ungleichheit, Lebensstile, Kognition, Glauben u.a.

Den hier versammelten Beiträgen wird im Folgenden eine kleine Geschichte der Treibhaustheorie sowie eine knappe Skizze des Forschungsstandes nach dem „IPCC-Konsens“ vorangestellt. Dabei werden die zu dessen Verständnis wichtigsten Begriffe, Abkürzungen, Formeln usw. eingeführt. Vor diesem Hintergrund lassen sich dann einige grundlegende Fragestellungen an sozialwissenschaftliche Klimawandelforschung benennen, die die abschließend im Einzelnen vorzustellenden Beiträge rahmen.

## 2 Vom Klimadeterminismus zur ersten „Treibhaustheorie“

Über das „Klima“ im weitesten Sinne reflektiert der Mensch spätestens seit der „neolithischen Revolution“, also seitdem er – begünstigt bspw. durch die beginnende Warmzeit im vorderen Orient vor ca. 11.500 Jahren – Ackerbau und Viehzucht betreibt. Hippokrates (um 460-370 v. Chr.) und Aristoteles (384-322 v. Chr.) spekulierten darüber, dass der Mensch und seine Organisationsformen im Wesentlichen durch das Klima geprägt seien (dazu Hippocrates 1934; Aristoteles 1990: 251). Dieser „Klimadeterminismus“ wurde in der Zeit der Aufklärung etwa durch Montesquieu (1689-1755) oder Hume (1711-1776) nochmals untermauert und war bis zur Mitte des 20. Jh.s weit verbreitet (von Storch/Stehr 1997). Doch auch die Annahme, dass der Mensch seinerseits das Klima relevant beeinträchtigen könnte, ist keineswegs so neu, wie häufig angenommen. Bereits Christoph Columbus (1451-1506) soll nach Berichten seines Sohnes überzeugt gewesen sein, dass es einen Zusammenhang zwischen der Kultivierung von Forstbeständen und Niederschlagsmengen gebe (Thompson 1980: 47). In seiner Historie des Klimawandels nennt James R. Fleming einen Text aus dem Jahr 1634 als ein frühes schriftlich überliefertes Beispiel für die These vom menschlichen Einfluss auf das Klima (1998: 27). Die ersten amerikanischen Siedler waren davon überzeugt, dass sie durch Ackerbau, Trockenlegung von Sümpfen und Waldrodung das Klima zu ihren Gunsten (wärmer, weniger variabel, gesünder) beeinflussen könnten (ebd.). Doch zum Ende des 18. Jh.s gerieten die bislang eher subjektiven, literarisch gehaltenen Empfindungsberichte gegenüber empirischen Messungen und experimentell gewonnenen physikalischen „Fakten“ in die Defensive. Damit begann der wissenschaftliche, genauer, der *physikalische* Abschnitt der Vorgeschichte der Klimaforschung im heutigen Verständnis.

Jean Fouriers Schrift „Remarques Générales Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires“ aus dem Jahr 1824 wird häufig genannt, wenn es um die Frage des „Ersten“ geht, der den Begriff des Treibhauses (bzw. „Hothouse“) verwendete. Dabei wies Fourier selbst auf weit frühere Quellen hin, insbesondere auf eine Publikation von Edme Mariotte aus dem Jahr 1681 (nach Fleming 1998: 64). Mariotte stellte darin den Vergleich an, dass das Sonnenlicht und die von der Sonne ausgehende Wärme wie in einem Treibhaus ungehindert durch Glas und transparente Materialien dringe, Hitze, die von anderen Quellen ausginge (oder bspw. von der Erde reflektiert werde), hingegen nicht. Die erste, auch nach heutigem Verständnis noch weitgehend korrekte Theorie des Temperaturausgleichs zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre lieferte Claude S. M. Poillet im Jahr 1838. Er entwickelte sie auf Basis von Experimenten Horace Bénédict de Saussures aus dem Jahr 1774, die bereits Fourier zu der Idee gebracht hatten, dass sich Unterschiede im Absorpti-

onsverhalten der Atmosphäre auf die Temperatur auswirken könnten (ebd.: 59; auch van der Veen 2000).

Unklar blieb für Fourier noch, wie sich das unterschiedliche Absorptionsverhalten von Wärme erklären ließe. Mit dem ersten Differenzspektrometer (ratio spectrophotometer) bewies John Tyndall dann im Jahr 1859 (publiziert 1861) die Theorie Fouriers, dass Wärme (Infrarotstrahlung) durch atmosphärische Gase absorbiert werden kann (Fleming 1998: 69). Er entdeckte, dass die in der Atmosphäre nur in geringer Masse vorkommenden Gase Wasserdampf, CO<sub>2</sub> und Ozon dabei eine weit bedeutendere Rolle spielten als andere (wie bspw. Stickstoff, Sauerstoff und Argon, die den weitaus größten Anteil ausmachen). Dies führte ihn zu der Überlegung, dass Änderungen der Wasserdampf- und der CO<sub>2</sub>-Konzentration die Temperatur auf der Erdoberfläche beeinträchtigen müssen.

In seiner Schrift aus dem Jahr 1896 konnte Svante Arrhenius also bereits auf eine längere Diskussion um die Erklärung von Temperaturschwankungen und das Zustandekommen von Eiszeiten rekurren. Der Einfluss von Strahlungsabsorption durch Gase auf das Klimageschehen war seit längerem Thema der wissenschaftlichen Debatten (siehe auch Brückner 1890, Stehr/von Storch 2000). Svante Arrhenius' globaler Blick beeindruckt noch heute: Er führte Messdaten aus aller Welt zusammen, verglich Temperaturschwankungen über der Arktis mit der über den Ozeanen und gelangte derart zu der Hypothese, dass die GMT bei etwa 15 °C liege, ein Wert, der heute noch gilt. Es beeindruckt andererseits auch die Vielzahl der bereits Ende des 19. Jh.s diskutierten Prozesse und Wechselwirkungen<sup>2</sup> – etwa Wolkenbildung, Schnee- und Eisdecke, die Aufnahmekapazitäten des Ozeans, Mineralien oder Botanik –, dies alles ganz ohne Unterstützung durch Hochleistungsrechner. Arrhenius gelangte zu dem Schluss, dass es in relativ kurzer Zeit zu großen quantitativen Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration und dadurch zur Einleitung von Eiszeiten hat kommen können. Die wichtigste Quelle für CO<sub>2</sub> Emission sah er, wie bereits gesagt, jedoch in vulkanischen Aktivitäten (Arrhenius 1896: 272).

Arrhenius war mit seiner 1896er-Schrift also nicht der „Entdecker“ der Treibhaustheorie, wohl aber war er derjenige, der das verstreute Datenmaterial seiner akademischen Kollegen zusammentrug, es kritisierte, kommentierte, eigene Messungen und Rechnungen ergänzte und alles in die Form eines gesetzmäßigen Zusammenhanges zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und Oberflächentemperatur komprimierte. So gelangte er zu seiner Berechnung, dass eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre um 50 Prozent eine Temperaturverringerung von 4 bis 5 °C bewirken würde, was dem Einbrechen einer Eiszeit entspräche. Eine Verdreifachung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes hätte hingegen einen Temperaturanstieg um 8 °C zur Folge (Arrhenius 1903: 171). In seiner ebenfalls berühmten Schrift „Das Werden der Welten“ formulierte Arrhenius im Jahr 1906 (deutsch: 1908) seine „Treibhaustheorie“ sehr prägnant:

---

2 Arrhenius zitiert dazu „seinen Freund“ Högbom: „Carbonic acid is supplied to the atmosphere by the following processes: (1) volcanic exhalations (...); (2) combustions of carbonaceous meteorites (...); combustion and decay of organic bodies; (4) decompositions of carbonates; (5) liberation of carbonic acid mechanically inclosed in minderals (...). The carbonic acid of the air is consumed chiefly by the following processes: (6) formation of carbonates from silicates on weathering; and (7) the consumption of carbonic acid by vegetative processes. The ocean, too, plays an important role as a regulator of the quantity of carbonic acid in the air by means of the absorptive power of its water, which gives off carbonic acid as its temperature rises and absorbs it as it cools. The processes named under (4) and (5) are of little significances, so that they may be omitted (...)“ (Högbom zitiert nach Arrhenius 1896: 272).

„Daß die Lufthülle eine gegen Wärmeverlust schützende Wirkung ausübt, wurde schon um 1800 herum von dem großen französischen Physiker Fourier angenommen. Seine Ideen wurden nachher von Pouillet und Tyndall weiter entwickelt. Ihre Theorie wird die Treibhaustheorie genannt, weil sie annehmen, dass die Atmosphäre auf dieselbe Art wie das Glas eines Treibhauses wirkt. Glas besitzt nämlich die Eigenschaft, sogenannte helle Wärme durchzulassen, d.h. Wärmestrahlen, die unser Auge auffassen kann; dagegen nicht dunkle Wärme, zum Beispiel solche, wie sie von einem warmen Kachelofen oder einer erwärmten Erdmasse ausstrahlt. Die Wärme der Sonne ist zum größten Teil hell, sie dringt durchs Glas des Treibhauses und erwärmt die Erde darunter. Die Strahlung von dieser ist dagegen dunkel und kann daher nicht durch Glas dringen, das also gegen Wärmeverlust schützt, ungefähr wie ein Überrock den Körper gegen allzustranke Ausstrahlung schützt“ (ebd.: 46f.).

Die Wissenschaftsgeschichte erscheint retrospektiv oft gleichsam als linearer Fortschritt. All die Kontroversen, gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und kulturellen „Leitplanken“, die Diskurse über Kanäle zu Flüssen zusammenführen und so bestimmte Entwicklungen und Debatten forcieren, geraten allmählich in Vergessenheit, verblassen, verstummen. Übrig bleibt ein Felsen gleich dem Cathedral Rock in Arizona, dem nicht mehr anzusehen ist, was ihn einst umgab, der vielmehr dasteht, als wäre er direkt in den Himmel gewachsen um genau so zu sein, wie er eben heute erscheint. Arrhenius schrieb in einen anhaltenden Diskurs hinein, nämlich jenen um das Zustandekommen historischer Eis- und Warmzeiten, an dem sich eine (wenngleich überschaubare) Reihe seiner Fachkollegen seit Jahren arbeitete. So konnte er zurückgreifen auf die Arbeiten anderer, die ihre mehr oder weniger genauen Erkenntnisse im Lichte der jeweiligen kulturellen Denkgewohnheiten und technisch-experimentellen Möglichkeiten gewannen. Er rezipierte, was seiner Argumentation entgegen kam, er kritisierte zwecks Konturierung seiner Thesen, er suchte und fand Verbündete, die seine Ideen stützten. Er ging damit vor wie seine namhaften Wissenschaftlerkollegen auch; Wissenschaft ist seit jeher ein Arbeiten entlang bestimmter wissenschaftskulturell gerahmter Verfahren und Praktiken (siehe bspw. Robert K. Mertons Schrift dazu aus dem Jahr 1938, siehe ders. 2001). Arrhenius war kein einsamer Genius, er war nicht bloß Schöpfer. Arrhenius war auch ein Geschöpf seiner Zeit und so sah er, was ihn seine Zeit zu sehen lehrte, auf die Art und Weise wie man eben zu dieser Zeit die Welt betrachtete. Heutige (Klima-)Wissenschaftler arbeiten unter anderen wissenschaftskulturellen Rahmenbedingungen, die wesentlich in ihre Befunde einfließen, sie konturieren, strukturieren und stilisieren.

Dann wiederum ähneln die Diskussionen von heute jenen um das Jahr 1896 zum Teil doch sehr. So sah sich Arrhenius mit Skeptikern konfrontiert, die den Kern der Theorie anzweifeln. Sein Zeitgenosse Knut Johan Ångström stritt bspw. mit Arrhenius über die Bedeutung der Gasdichte für das Absorptionsverhalten von Gasen (Ångström 1901: 172f.). Vor allem aber kritisierte er Arrhenius' Berechnung der Absorptionswerte,<sup>3</sup> bei der er zu gänzlich anderen Werten gelangte (Ångström 1900: 731f., nochmals bekräftigt in 1901: 173, dazu Arrhenius 1909: 2). Verschiedene Zeitgenossen folgten dieser Kritik und sahen Arrhenius widerlegt. Clemens Schäfer führte experimentell den „Beweis“, dass „Änderungen des atmosphärischen Kohlendioxidgehalts überhaupt keinen Einfluss auf die Erdtemperatur haben, solange die Abnahme der Kohlendioxid unter 80 Prozent der bisherigen Menge bleibt“ (Schäfer 1905, zitiert nach Arrhenius 1909: 2). Robert W. Wood bezweifelte im

---

3 „Dass (...) die [Arrhenius'sche] Berechnung der quantitativen Werte der Absorption sehr fehlerhaft ausfallen muss, ist ziemlich klar“ (Ångström 1900: 731).

Jahr 1909: „It seems to me very doubtful if the atmosphere is warmed to any great extent by absorbing the radiation from the ground, even under the most favourable conditions.“ Wilhelm Eckardt veranlassten ein Jahr später die Ergebnisse Ångströms und Schäfers ebenfalls zu einem Abgesang auf die Klimalehre Arrhenius’:

„Eine Zeitlang erblickte man in dem wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure die Hauptursache der Änderungen des Klimas im Laufe der geologischen Epochen (...). Wenn nun auch an sich kein triftiger Grund gegen eine zeitweise in der Atmosphäre in größerem Maße vorhandene Kohlensäuremenge angeführt werden kann, so ist doch auf Grund exakter Forschungen nachgewiesen [eben durch Ångström und Schäfer]: Erst wenn der Kohlensäuregehalt unter 1/5 seines jetzigen Betrages stände, würde sich ein Einfluss in negativem Sinne auf das Klima geltend machen können, jede weitere Zunahme des Betrages an diesem Gase aber würde vollkommen wirkungslos bleiben“ (Eckardt 1910: 92f.).

Im Umfeld dieser Kritiken musste Arrhenius bestehen. Eckardts Abgesang erwies sich später als unfundiert, er basierte auf einem falschen Experimentaufbau und daraus resultierenden fehlerhaften Messdaten Ångströms; Arrhenius konnte sich zu seiner Zeit dessen jedoch keinesfalls gewiss sein.

Bis in die 1930er Jahre hinein erfuhr die „Treibhausthese“ keine nennenswerte Beachtung. Zu den wenigen früheren Studien, die die Arrhenius’schen Befunde bekräftigten, gehörte eine kaum beachtete Schrift Edward O. Hulburts aus dem Jahr 1931.<sup>4</sup> Hulburt nutzte die noch sehr junge Quantenmechanik zum detaillierteren Studium von Absorptionsprozessen. Er bezog sich explizit auf die Studien von Fourier und Arrhenius und bekräftigte die dort gemachten Grundannahmen. Seine Conclusio lautete, „(...) the carbon dioxide theory of the ice ages is at least a possible one, and that objections which have been raised against it by some physicists are not valid.“ Hulburt wies zugleich darauf hin, dass es „fruitless“ wäre, über die exakten Konsequenzen eines Anstieges der GMT um ein paar Grad zu spekulieren, weil zu viele Faktoren zusammenwirken würden.

Sieben Jahre später, im Jahr 1938 also, korrelierte Guy S. Callendar Daten zur Temperaturentwicklung und zur atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration. Er stellte fest, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration über die vergangenen 100 Jahre um 10 Prozent zugenommen hatte und glaubte, dass dies den in den ersten drei Dekaden des 20. Jh.s beobachteten Temperaturanstieg erklären könnte. Auch Callendar fand darin allerdings noch nichts Bedrohliches: er hielt einen Temperaturanstieg von 2 °C besonders der kälteren Weltregionen bei einer Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration über die nächsten Jahrhunderte für möglich, und er sah, wie Arrhenius 30 Jahre zuvor (1909), darin nur Gutes:

„In conclusion it may be said, that the combustion of fossil fuel (...) is likely to prove beneficial to mankind in several ways, besides the provision of heat and power. For instance the (...) small increase of temperature would be important at the northern margin of cultivation (...)“ (Callendar 1938: 236).

---

4 Eine interessante Erklärung dafür, dass dieser Text weitgehend unbeachtet blieb, findet sich bei Weart (2009: 5): „Hardly anyone noticed this paper. Hulburt was an obscure worker at the U.S. Naval Research Laboratory, and he published in a journal, the *Physical Review*, that few meteorologists read. Their general consensus was the one stated in such authoritative works as the American Meteorological Society’s 1951 *Compendium of Meteorology*: the idea that adding CO<sub>2</sub> would change the climate ‘was never widely accepted and was abandoned when it was found that all the long-wave radiation [that would be] absorbed by CO<sub>2</sub> is [already] absorbed by water vapour’ (Brooks 1951).“

Callendar wurde in den folgenden Jahren zwar gelegentlich referiert, doch überwog die Kritik an den von ihm verwendeten Datensätzen, insbesondere was den postulierten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalt betraf; vorgeworfen wurde ihm aber auch die Vernachlässigung von Konvektion (dem Wärmeaustausch zwischen verschiedenen Komponenten des Klimasystems) und dass er den Einfluss der sich im Zuge der Erwärmung verändernden Wolkenbildung nicht adäquat berücksichtigt habe.<sup>5</sup> Spätere Forschungen zeigten in der Tat, dass der von ihm beobachtete Temperaturanstieg auf andere Prozesse zurückgeführt werden kann. Die wissenschaftliche Qualität dieser heute häufig als wegweisend genannten Arbeit aus dem Jahr 1938 war demnach nicht unbedingt herausragend.<sup>6</sup> Und doch hielt Callendar damit die Diskussion am Laufen und er gab – auf Basis unkorrekter Annahmen – den Anstoß für eine stärkere Fokussierung auf den „menschlichen Anteil“ am Klimageschehen (Weart 2009: 6f.; auch Fleming 2007). In späteren Arbeiten (1949, 1958, 1961) stützte Callendar die Arrhenius'sche Hypothese allerdings durch weitere, noch heute anerkannte Analysen (IPCC 2007b: 101; Jones/Henderson-Sellers 1990: 7).

1941 hielt auch Hermann Flohn für möglich, dass der Mensch „Ursache einer erdumspannenden Klimaänderung“ sein könnte<sup>7</sup>, während sechs Jahre später Hans Ahlmann auf Basis von Langzeituntersuchungen ausschließlich natürliche Fluktuationen als Ursache für Klimaschwankungen ins Feld führte, die obendrein auch nicht global, sondern lediglich regional zu beobachten seien (Ahlmann 1947; Sörlin 2009: 243). Keineswegs vertrat Ahlmann die Ansicht, wie im vierten IPCC-Report (2007b: 105) zu lesen ist, dass die von ihm seit dem 19. Jh. beobachtete Temperaturerhöhung von 1,3 °C in der Arktis auf Treibhausgase zurückzuführen wäre. Für Ahlmann spielten diese keine Rolle. Er sah im verstärkten Zufluss tropischer Luft in Richtung der Pole in den vorangegangenen Dekaden den zentralen Grund für Temperaturanstieg und Gletscherschmelze. Er teilte allerdings mit Arrhenius, Callendar und anderen Treibhaustheoretikern auch in späteren Publikationen in den 1950er Jahren noch den Optimismus, dass sich die beobachteten Änderungen überwiegend günstig auf das europäische Klima auswirken würden (Sörlin 2009: 243f.).

In den 1950er Jahren dann kamen erstmals elektronische Rechner zum Einsatz. Gilbert Plass kalkulierte mit deren Unterstützung im Jahr 1956, dass durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe jährlich 6 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangten. Er bekräftigte die Befunde Callendars, dass weitere Abholzung und andere menschliche Aktivitäten bis zum Ende des 20. Jh.s zu einer Gesamtsteigerung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration um 30 Prozent führen würden, wodurch die GMT in diesem Zeitraum um 1,1 °C steigen könnte (Plass 1956: 384). Eine Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration könnte ohne Berücksichtigung anderer Prozesse wie Wolkenbildung, verändertes Absorptionsverhalten der Ozeane usw. sogar einen Anstieg um 3,6 °C zur Folge haben (ebd.: 377). Er schlussfolgert:

„The carbon dioxide theory (...) predicts that the temperature must continue to rise for at least several centuries over the entire world. The accumulation of carbon dioxide in the atmosphere from continually expanding industrial activity may become a real problem in several genera-

---

5 Die Bewertung von Konvektion und Wolkenbildung ist auch heute noch umstritten, siehe dazu Gliederungspunkt 3 weiter unten.

6 Im vierten IPCC-Report (IPCC 2007b) findet die Kritik an Callendars „Pionierarbeit“ aus dem Jahr 1938 keine Erwähnung.

7 „Dabei müssen wir drei Gruppen von *anthropogenen Klimafaktoren* unterscheiden: *Bauwerke jeder Art, Land- und Forstwirtschaft* sowie die *Verbrennungsvorgänge* auf primitiver und höchster Kulturstufe“ (Flohn 1941: 14, Hervorhebungen im Original gesperrt).

tions. If at the end of this century, measurements show that the carbon dioxide content of the atmosphere has risen appreciably and at the same time the temperature has continued to rise throughout the world, it will be firmly established that carbon dioxide is an important factor in causing climatic change” (ebd.: 387).<sup>8</sup>

Was Plass noch weitgehend ausklammerte wurde dann in den Folgejahren mit zunehmenden Rechnerkapazitäten zum expliziten Forschungsgegenstand, nämlich die Frage der Rück- bzw. Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflussgrößen, die den durch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration zu erwartenden Temperaturanstieg positiv oder negativ beeinflussen (Jones/Henderson-Sellers 1990: 7). Zeitgleich gelang es besonders Charles D. Keeling Ende der 1950er Jahre, mit viel persönlichem Engagement, Mittel für umfangreiche und kostspielige Messungen auf der Mauna Loa Base auf Hawaii einzuwerben und damit die Datenlage zur Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration maßgeblich zu verbessern (Weart 2008). Die ersten eindimensionalen Klimamodelle (Möller 1963; Manabe/Wetherald 1967) konnten somit mit genaueren CO<sub>2</sub>-Messdaten rechnen, die relative Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung waren jedoch noch nicht dynamisch kalkulierbar. Damit kamen sie zu Schätzungen zwischen 1,5 °C und 2,4 °C Temperatursteigerung bei einer Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. In den 1970er Jahren gerieten Aerosole (ein Gemisch aus kleinsten Schwebeteilchen und Gas, das natürlichen und anthropogenen Ursprungs sein kann) und andere „Treibhausgase“ wie Methan (CH<sub>4</sub>), Stickstoff-Monoxid (Lachgas, N<sub>2</sub>O) und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW's) langsam ins Visier der Forschung (zu denen bis heute allerdings bei weitem keine so umfangreichen Messreihen vorliegen, wie für das CO<sub>2</sub>). So wurde seither diskutiert, wie der Einfluss der verschiedenen Gase zu gewichten ist und inwiefern der vornehmlich industriell bedingte enorme Anstieg des atmosphärischen Aerosolgehaltes die Erwärmung bremsen würde (das sog. „Global Dimming“, vgl. zum aktuellen Forschungsstand Ramanathan 2007). Mit weiterentwickelten Modellierungstechniken konnten zunehmend auch Wolken- und Wasserdampfbildung als Feedback-Mechanismen berücksichtigt werden (zuerst Kaplan 1960 zur Wolkenbildung und Möller 1963 zum Einfluss von Wasserdampf). 1983 wiesen Ramanathan/Pitcher/Malone et al. darauf hin, dass unterschiedliche Wolkentypen und -lagen sehr unterschiedliche Einflüsse auf atmosphärische Prozesse haben. Seit dem Ende der 1980er Jahre fanden Eis-Albedo (Wärmerückstrahlung) und ozeanische Dynamiken Berücksichtigung in den nun durch Supercomputer gewaltig ausgeweiteten Modellierungen, in den 1990er Jahren dann auch dynamische Vegetationsprozesse.

### 3 Zum klimawissenschaftlichen Forschungsstand nach dem „IPCC-Konsens“

An dieser Stelle kann eine ausführliche Rezeption des klimawissenschaftlichen Forschungsstandes nicht erfolgen.<sup>9</sup> Ein knapper Blick *auf* diesen erscheint aber geboten, schließlich bilden die klimawissenschaftlichen Untersuchungen und insbesondere deren Normierung in den Sachstandsberichten des IPCC eine zentrale Referenz auch für sozialwissenschaftliche Studien. Freilich kann dies hier nur höchst begrenzt aus der Sicht eines

8 Dieses Zitat findet sich gekürzt auch im vierten IPCC-Sachstandsbericht (2007b: 105). Weil dort der erste Zitatteil fehlt, liest es sich dort wie eine konkrete Warnung.

9 Zum Forschungsstand siehe IPCC 2007b, ein „Update“ zum aktuellen Forschungsstand gibt UNEP 2009a, als Einführung in die Klimawandelforschung zu empfehlen ist bspw. Latif 2009.

Sozialwissenschaftlers erfolgen, der nicht mit jenem geochemischen und geophysikalischen Fachwissen formulieren kann, das der Klimawissenschaftler mitbrächte. Geübter ist der Sozialwissenschaftler darin, „Wissenstatbestände“ in gesellschaftliche Bezüge hinein zu denken.

Den Ausgangspunkt aller klimawissenschaftlichen Überlegungen bildet der „natürliche Treibhauseffekt“ ohne den die Temperatur der Erdoberfläche für höhere Lebewesen zu niedrig wäre. Die globale Durchschnittstemperatur, die gegenwärtig etwa 15 °C beträgt, läge um etwa 33 °C tiefer, also bei etwa -18 °C, wenn zwischen der Wärme ausstrahlenden Sonne und der Wärme empfangenden Erde ein Vakuum herrschte. Die Temperatur war in der Vergangenheit stets großen Schwankungen unterworfen, von extremen Eiszeiten mit einer globalen Schneebedeckung bis zu Warmzeiten mit einem vollständig eisfreien Nordpolarmeer. Im Mittel sorgte die Atmosphäre jedoch für die günstigen Lebensbedingungen, die den Evolutionsprozess der Arten einschließlich der Entwicklung des Homo sapiens ermöglichten. Zum groben Verständnis des natürlichen Treibhauseffektes reicht es an dieser Stelle, die freilich eigentlich weitaus komplexer aufgebaute Atmosphäre als ein Konglomerat aus Wolken, Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan und anderen hier weniger relevanten Gasen zu denken. Die Sonne strahlt kurzweilig in Richtung Erde. Diese Strahlung wird von der Erde teilweise aufgenommen und teilweise, nun allerdings langwellig als Wärmestrahlung zurückgestrahlt. Diese langwellige Strahlung wird von Wolken und Gasen anteilig und in unterschiedlicher Intensivität absorbiert, so dass sich die Atmosphäre erhitzt. Zugleich schirmt die Atmosphäre z.B. durch Wolken den bodennahen Bereich gegen die kurzweilige Einstrahlung der Sonne ab, was den Erwärmungseffekt abmildert und die Temperatur auf jene durchschnittlichen 15 °C reguliert.

Dieses Schema des natürlichen Treibhauseffektes (der genau genommen anders funktioniert als die Erwärmung in Treibhäusern, Fouriers Benennung war also eigentlich irreführend, siehe z.B. Plimer 2009: 365) ist nun nicht mehr als eine grobe phänomenologische Matrix, die sich zeitlich und räumlich unendlich fortschreiben lässt. Andere Matrizen wie bspw. theologische oder naturphilosophische wären denkbar. Doch seit Jahrhunderten hat sich dieses physikalisch-chemische Schema – zumindest im Kulturbereich des Industriekapitalismus – gegenüber anderen behauptet. Einer grundlegenden Kritik bspw. ihrer metaphysisch-epistemologischen Implikationen war diese Matrix wohl seit Anfang bzw. Mitte des 19. Jh.s nicht mehr ausgesetzt. Das grundlegende physikalisch-objektivistische Erkenntnismuster ist seither kulturell eingebettet und eng mit anderen gesellschaftlich-technologischen Entwicklungen verwoben. Bereits Arrhenius arbeitete, wie oben gezeigt, mit diesem Schema und gelangte so zu seiner Hypothese, dass Veränderungen der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration Temperaturänderungen zur Folge haben könnten. Seither wird diese Matrix mit allgemeinen physikalischen Grundsätzen auf die verschiedensten Teilkomponenten des übergreifenden Klimasystems aufgegliedert und mit Beobachtungen, Messungen und mathematischen Kalkulationen zu komplizierten physikalischen Zusammenhängen unterfüttert.

Finalisieren lässt sich dieser Prozess prinzipiell nicht. Der Untersuchungsgegenstand der erst knapp 40 Jahre jungen, weitgehend physikalisch geprägten Klimawissenschaften ist ein Paradebeispiel eines komplexen, dynamischen und nichtlinearen Systems. Es ist nicht möglich, solche Systeme jemals vollständig zu beschreiben, weil minimale Änderungen im Verlauf bei gleichen Ausgangsbedingungen wie auch geringfügige Unterschiede in den Anfangsbedingungen leicht zu qualitativ vollständig anderen weiteren Entwicklungen und

Systemzuständen führen können (der sog. „Schmetterlingseffekt“). Mindestens ebenso wichtig wie eine solide Kenntnis der zugrunde liegenden Größen ist daher das Verständnis der dynamischen Prozesse, die diese Größen miteinander und gegeneinander über Zeit und Raumskalen hinweg durchlaufen – und: welche Rolle der Mensch dabei spielt.

Atmosphärische Größen, wie Änderungen der Temperatur und des Niederschlags, stehen mit anderen Komponenten des Erdsystems wie den Ozeanen und dem Wasserkreislauf, Eis und Schnee, Tieren und Vegetation, Boden und Gestein und schließlich mit den Handlungen von heute fast sieben Milliarden Menschen in komplexen Wechselwirkungen. Die verschiedenen Komponenten entwickeln sich mit stark unterschiedlichen Geschwindigkeiten und in sehr verschiedenen räumlichen Ausprägungen. So verändern sich Oberflächentemperaturen über den Tagesverlauf in relativ begrenzten Räumen während sich das Eis der Antarktis über Jahrtausende veränderten klimatischen Faktoren anpasst und dabei selbst wiederum Einfluss auf deren Entwicklung nimmt, bspw. auf die Temperatur in anderen Weltregionen. Die Dynamik gesellschaftlicher Entwicklung gewann erst in den letzten Jahrhunderten derart an Einfluss, dass gleichsam von einem „neuen“ Faktor gesprochen werden muss. Die Komponenten, die das Klima beeinflussen, sind also unterschiedlich träge und auch in ihrem Zusammenwirken verschieden flexibel. So können Veränderungen periodisch ausfallen, andere können den Zustand des ganzen Klimasystems grundlegend und ggf. irreversibel verändern. Ein Setting aus vielen verschiedenen Faktoren kann sich über sehr lange Zeiträume in einem dynamischen Gleichgewicht halten und schließlich durch eine einzige, vielleicht bis dahin unbekanntere weitere Einflussgröße (wie eben bspw. durch den Menschen) radikal ändern. Positive und negative Rückkopplungen verstreuen, vermitteln und potenzieren Impulse in die eine oder die andere Richtung. Man muss sich diese Eigenschaften komplexer Systeme vergegenwärtigen, denn das Ziel der am IPCC-Konsens orientierten klimawissenschaftlichen Forschung zum *anthropogenen* Klimawandel ist es, Abweichungen von der *natürlichen* Entwicklung dieses komplexen Geo-Ökosystems durch *menschliche* Einflüsse nachzuweisen und deren möglicherweise destruktiven und somit politisch relevanten Konsequenzen aufzuzeigen.

Selbst wenn man dem Klimageschehen unter Ausklammerung des Faktors Mensch *lineares* Verhalten unterstellte, man also die erdgeschichtlich immer vorhandene Möglichkeit plötzlicher Veränderungen von Systemzuständen und Skalensprüngen ausklammerte, wäre die Komplexität nicht einzuholen. Bspw. mögen immer mehr Messdaten in geographisch und zeitlich variierender Dichte und Qualität zusammengetragen werden und die Scientific Community mag sich für eine sukzessive Qualitätssteigerung im Sinne wissenschaftlicher Gütekriterien einsetzen. Mittels paleoklimatischer Methoden wie der Analyse mariner Sedimente oder von Pollen oder der Eiskern-Stratigraphie wird sich das Netz, das Klimawissenschaftler über die reale Komplexität werfen, nach und nach verdichten. Angesichts der Vielzahl miteinander über Zeit und Raum in Wechselwirkung stehender Einflussgrößen wird dabei jedoch das Problem des „Rauschens“ bleiben oder gar an Bedeutung gewinnen: Das für die zukünftige Entwicklung bedeutungsvolle Signal muss aus der wachsenden Masse an Daten herausgefiltert werden. Das ist v. a. deshalb so problematisch, weil die Bedeutung des Signals, nach dessen Ausprägung und Einfluss dann geforscht wird, immer schon im Vorhinein zumindest rudimentär definiert sein muss, andernfalls wüsste man nicht, wonach zu suchen ist.

Nur ist das Klima kein lineares, sondern ein *dynamisches* komplexes System. Was im IPCC-Report von 2007 weitgehend ausgeklammert bleibt, ist die Möglichkeit von abrupten



Skalensprüngen und plötzlichen Vorzeichenwechseln von Einflussgrößen bei Erreichen von weitgehend unbekanntem kritischen Schwellenwerten („Tipping Points“/Threshold) und den (Rück-)Wirkungen dieser abrupten Änderungen auf die Temperaturentwicklung. Beispielfähig seien Ausschnitte aus möglichen „Katastrophenszenarien“ skizziert: Der die Steigerung der GMT verursachte Rückgang von Eisschildern, Meereis, Permafrost und Schneegrenze reduziert den Albedo-Effekt, es wird weniger Sonneneinstrahlung reflektiert und mehr absorbiert. Dadurch heizen sich zum einen die Ozeane schneller auf, es fließt zusätzliches Süßwasser in die Ozeane, der Salzgehalt und die Schichtung des Meerwassers verändert sich zum einen mit der Folge der Verschiebung von Lebensräumen, etwa des Planktons, zum anderen mit ggf. abrupten katastrophalen Folgen für die thermohaline Zirkulation. Die Dichte des Oberflächenwassers verringert sich in Folge der Zunahme von Niederschlägen und der Wassererwärmung. Durch die Erwärmung der Ozeane und durch die wachsende Konzentration des bereits aufgenommenen CO<sub>2</sub> nimmt deren CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität schneller ab. Die Erwärmung der Meere führt zugleich zur Steigerung der Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre, dem laut IPCC wichtigsten Treibhausgas überhaupt (zu dessen Erwärmungspotenzial [eng.: Global Warming Potential, GWP] sich allerdings in den Berichten keine Zahlenangabe finden lässt).<sup>10</sup> Außerdem steigt die Wahrscheinlichkeit der ggf. katastrophalen abrupten Freisetzung großer Methanvorkommen – wobei angenommen wird, dass emittiertes Methan zwischen 21 (IPCC 1995) und 25 (IPCC 2007b) mal so stark zum Treibhauseffekt beiträgt wie CO<sub>2</sub> (vgl. kritisch zu diesen Umrechnungen von Treibhausgasen in sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalente MacKenzie 2009 und Lohmann 2009, ders. in diesem Band).

Heutige Modelle können die Schwellenwerte, die einen abrupten Phasenübergang einleiten könnten, nicht adäquat berechnen. Sie sind bei Klimaprojektionen „(...) auf numerische Simulationen angewiesen, die in einer Art Ersatzrealität das hochkomplexe Klimasystem, seine interne Dynamik und den Einfluss von externen Faktoren, wie den des Menschen, darzustellen versuchen“ (Latif 2009: 162). Die Lage der „Tipping Points“ lässt sich aus diesen linear ausgerichteten Modellierungen nicht ablesen. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Komplexität und Dynamik des Klimasystems auch „Anastrophenszenarien“ bereithält. Wenn auch in den IPCC-Reports davon ausgegangen wird, dass die positiven Rückkopplungen die negativen klar überwiegen und somit Negativszenarien für wesentlich wahrscheinlicher gehalten werden, könnte es theoretisch auch aus Sicht des IPCC-Konsens über negative Rückkopplungen (z.B. den Düngereffekt durch CO<sub>2</sub> oder eine

---

10 Es ist dem nicht klimawissenschaftlich geschulten Autor nicht gelungen, einen CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwert für H<sub>2</sub>O zu recherchieren, weder in den IPCC-Berichten, noch in anderen Quellen. Jedoch heißt es im vierten Sachstandbericht: „Water vapour is the most abundant and important greenhouse gas in the atmosphere. However, human activities have only a small direct influence on the amount of atmospheric water vapour. Indirectly, humans have the potential to affect water vapour substantially by changing climate. For example, a warmer atmosphere contains more water vapour. Human activities also influence water vapour through CH<sub>4</sub> emissions, because CH<sub>4</sub> undergoes chemical destruction in the stratosphere, producing a small amount of water vapour“ (IPCC 2007b: 135) und weiter: „Uncertainties for the indirect GWPs [= Global Warming Potential] are generally much higher than for the direct GWPs. The indirect GWP will in many cases depend on the location and time of the emissions. For some species (e.g., NO<sub>x</sub>) the indirect effects can be of opposite sign, further increasing the uncertainty of the net GWP. (...) Thus, the usefulness of the global mean GWPs to inform policy decisions can be limited“ (ebd.: 214). An dieser Stelle sei nochmals hervorgehoben, dass keine der hier gemachten Äußerungen zum klimawissenschaftlichen Forschungsstand als Beitrag zum selbigen, sondern allein als Versuch der für sozialwissenschaftliche Klimaforschung relevanten Skizze der klimawissenschaftlichen Problembehandlung mit allen damit verbundenen fachlichen Unzulänglichkeiten gesehen werden sollte.

vermehrte Wolken-Albedo durch die zusätzliche Emission von Wasserdampf) zur Selbstregulation des Klimasystems kommen.

#### 4 Fragen an die Sozialwissenschaften

Es ist freilich nicht möglich, das ganze Spektrum sozialwissenschaftlicher Klimawandelforschung in einem einzigen Sammelband abzubilden, dazu sind zu viele Disziplinen mit abermals sehr vielen unterschiedlichen Zugängen in diesem – ja auch trans- und interdisziplinär – gleichsam entgrenzten Forschungsfeld engagiert. Die folgenden Fragen an sozialwissenschaftliche Klimawandelforschung können daher nicht mehr sein als ein Versuch, einige aus Sicht des Herausgebers zentrale Themenfelder quer zu den hier versammelten Beiträgen, aber auch über diese hinausgehend, zu fokussieren und damit auf die im Anschluss vorzustellenden Beiträge einzustimmen.

##### 4.1 Umgang mit Unsicherheit

Massenmedial, aber auch in Fachartikeln wird spätestens seit dem Erscheinen des vierten IPCC-Sachstandsberichtes der Eindruck vermittelt, dass das Problem Klimawandel heute hinreichend belegt ist und seine wichtigsten *Ursachen* in ihren zentralen Parametern bekannt sind. Die globale mittlere Temperatur steigt analog, wenn auch zeitversetzt, zum Anstieg der Treibhausgaskonzentration (THG), dabei insbesondere der Kohlenstoffdioxidkonzentration (CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre. So richten sich die Aufmerksamkeiten v.a. auf mögliche Wege zur Reduktion der Emissionen, um den Temperaturanstieg zu drosseln und einen „gefährlichen Klimawandel“ (eine Temperatursteigerung von über 2 °C gegenüber der vorindustriellen GMT, siehe bspw. IPCC 2007c, insbes. Kap. 4 und 19; Schellnhuber/Jaeger 2006) zu verhindern. Allerdings bestehen auch aus Sicht der an den IPCC-Berichten beteiligten Klimawissenschaftler große Unsicherheiten (z.B. den Einfluss von Wolkenbildung oder von Aerosolen betreffend; vgl. zu den vom IPCC genannten Unsicherheiten insbes. IPCC 2007b: 81-91). Wie sind diese, von den Autoren des „IPCC-Konsens“ selbst gelisteten Unsicherheiten zu bewerten?

Wer die Annahme eines relevanten anthropogenen Einflusses auf die Temperaturentwicklung heute immer noch nicht teilt – die Kritik ist freilich keinesfalls verstummt (siehe bspw. U. S. Senate Minority Report 2009) – hat es im Kreise der „akademischen Community“ sehr schwer (Yearley 2009). Uneinigkeit besteht allerdings nach wie vor auch unter jenen, die diese Grundannahme teilen, über das *Ausmaß* des Problems: Haben wir uns auf eines der vier im letzten (2007) IPCC-Bericht skizzierten Szenarien einzustellen, die unterschiedliche Annahmen über Entwicklungen bspw. von Bevölkerung, Technologie, Ökonomie und Konsumverhalten zugrunde legen und auf dieser Basis zu dem Spektrum eines erwartbaren Temperaturanstiegs zwischen 1,1 °C und 6,4 °C bzw. gemittelt zwischen 1,8 °C und 4,0 °C gelangen? Ist dabei von einem linearen Verlauf des Temperaturanstiegs auszugehen, wie in allen IPCC-Szenarien angenommen? Oder wie ist die Möglichkeit „katastrophischer Skalensprünge“ zu gewichten, die zur sprunghaften Temperaturänderung auch fern der vom IPCC erwarteten Werte führen könnten?

Ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor bei diesen Projektionen ist die gesellschaftlich-technologische Entwicklung. Svante Arrhenius konnte die Entwicklungsdynamik des 20.

Jh.s nicht absehen. Heute, im Globalisierungszeitalter, ist es um die Prognose gesellschaftlicher Prozesse eher noch schlechter bestellt (zum Prognoseproblem grundlegend Clausen 1994: 169-180). Aus sozialwissenschaftlicher Sicht muss jedenfalls bezweifelt werden, dass sich sozio-ökonomische Entwicklungen für das 21. Jh. oder auch nur für die kommenden drei Jahrzehnte annähernd vorhersagen ließen. Fehler in der Einschätzung damit zusammenhängender Parameter könnten die heutigen Szenarien jedoch schnell hinfällig werden lassen und so besteht das Risiko, einer falschen Vorstellung von der Zukunft anzuhängen. Ohne Projektion bliebe die Zukunft wiederum gänzlich im Dunklen, man wüsste nicht, wo Handlungen heute ansetzen sollten – Handlungen blieben im Zweifelsfall angesichts verbreiteter Kurzsichtigkeit politischer Akteure vielleicht einfach aus. Die den Szenarien zugrunde gelegten Annahmen haben wiederum selbst Einfluss auf Mitigation und Anpassung. Bspw. könnten optimistische Annahmen über die technische Entwicklung zu einer Verlagerung der Kosten in die Zukunft verleiten (zu der hier angesprochenen Diskontierungsfrage siehe bspw. Stern 2009: 110ff.) – umgekehrt würden pessimistische Annahmen eine stärkere Belastung der heute lebenden Menschen einfordern. Somit ist es von großer Relevanz zu hinterfragen, wie und von wem unter Einfluss welcher Interessen diese Parameter ermittelt werden.

#### 4.2 Wahrnehmung und Bewertung des Klimawandels

Die gesellschaftliche Entwicklung ist also – wie der Klimawandel – mit großen Unsicherheiten behaftet. Entsprechend wage bleibt auch das Bild möglicher Zukünfte, nach dem wir heutige Handlungen ausrichten. Werden Gesellschaften zur Mitte des 21. Jh.s über die Ressourcen und politischen Institutionen verfügen, die wir ihnen heute – vor dem Hintergrund der Entwicklung der vergangenen Prosperitätsjahrzehnte – bei der Projektion unterstellen? Wenn dies nicht als sicher gelten kann, könnte alles auch viel schlimmer kommen, und wie wären für diesen *pessimalen* Fall die heute vorhandenen Ressourcen einzusetzen? Könnten sich nicht auch selbstregulativ, ohne menschliches Zutun also, Prozesse einstellen, die den Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts bremsen oder gar zu einem Ausgleich führen? Wenn doch noch Unsicherheiten bestehen, sollten wir angesichts knapper Ressourcen doch lieber noch innehalten, dem postmodern-hedonistischen Lebensstil weiter frönen und damit zugleich „Arbeitsplätze sichern“, und allenfalls technologische Entwicklungen forcieren? Welche Maßnahmen sind unter diesen unsicheren Bedingungen zu empfehlen, um den Ursachen des Klimawandels zu begegnen und so den Temperaturanstieg zu bremsen, ohne dabei kontraindizierte Effekte zu bewirken? Und welche ökonomischen, materiellen, sozialen und kulturellen Ressourcen *wollen* Gesellschaften (und wer wären dann „die Gesellschaften“?) dafür aufbringen, wenn es doch keine eindeutige, unumstrittene Lagebeurteilung gibt? Sind diese Mittel optimal eingesetzt oder sollten sie doch lieber dort hin fließen, wo heute ersichtlich großer Bedarf besteht, etwa in die Bekämpfung von Mangelernährung oder von Krankheiten (z.B. HIV-AIDS), wie bspw. im „Copenhagen Consensus“ gefordert (bspw. Lomborg 2001, 2007a, 2007b)? Was ist der Gesellschaft also die Bekämpfung der vom IPCC identifizierten Ursachen des Klimawandels im ökonomischen, aber auch im kulturellen und sozialen Sinne im Verhältnis zu anderen drängenden Problemen *wert*?

### 4.3 Wissenschaft im Klimawandel

Wie der Klimawandel wahrgenommen wird, wird entscheidend durch die Wissenschaften geprägt. Die Struktur wissenschaftlicher Forschung hat sich seit dem Erscheinen des Arrhenius-Artikels im Jahr 1896 grundlegend geändert. Verfasste der spätere Nobelpreisträger seinen Text noch unter den Bedingungen einer Wissenschaft, die sich seit Jahrzehnten darum bemühte, sich von den „Verblendungen“ durch Glauben, Ideologien und Politik zu befreien, ist heute kaum überhaupt noch die Rede von „freier Forschung“ – geschweige denn, dass für sie gestritten würde. Forschung ist zu Beginn des 21. Jh.s, wie es Helmut Krauch bereits 1970 ausdrückte, mehr denn je „organisierte Forschung“. Sie wird weitgehend von Drittmittelgebern und politischen Programmen „geplant“ (van den Daele/Krohn/Weingart 1979). Dies gilt gerade auch im Bereich der Klimawandelforschung (Halfmann/Schützenmeister 2009). Können sich Gesellschaften unter diesen Rahmenbedingungen darauf verlassen, das „Richtige“ zu beobachten, wenn sie sich doch, wie es zumindest scheint, immer weniger an der Welt in ihrem So-Sein abarbeiten, sondern entlang ökonomischer, politischer und technologischer, also innergesellschaftlich generierter Entwicklungsdynamiken und Programme, die gleichermaßen einengen, *was Gesellschaften sehen wollen*, wie sie Pfade vorzeichnen, *wie Gesellschaften das Gesehene bewältigen wollen*? Woher nehmen sie die Gewissheit, dass sie den Klimawandel als vielleicht existenzielle Herausforderung heute adäquat deuten, dass Gesellschaften im 21. Jh. also dieses mal vollbrächten, was ihnen in der Vergangenheit allzu häufig nicht gelang, nämlich eine beobachtete Bedrohung nach dem *Bedrohungspotenzial* zu beurteilen anstatt nach den gesellschaftlich vorhandenen Problemlösungen? Was wollen und was dürfen Gesellschaften von ihrer Wissenschaft erwarten, welche Rolle kann Wissenschaft im Klimawandel spielen (dazu Hulme 2009)?

Die Praxis der Forschung wirkt wiederum auf die Struktur der Wissenschaften zurück. Auch die Beobachtung dieser Dynamik gehört in den Untersuchungsbereich der Sozialwissenschaften. Wird im Zuge der Klimawandeldiskussion eine Polarisierung in schlecht ausgestattete Grundlagenforscher auf der einen und besser budgetierte Politikberatungsforschung auf der anderen Seite forciert? Oder kann sich die Wissenschaft eine kritische Distanz bewahren, allem „Post-Demokratischen Populismus“ (Swyngedouw 2009) zum Trotz, der sich der „Ecology of Fear“ (Davis 1998) bedient, um soziale Ungleichheiten und gesellschaftliche Strukturprobleme zu übertönen? Ist die Wissenschaft also in der richtigen Verfassung?

Mit der Frage nach der „Verfassung“ der Wissenschaft(en) stellen sich freilich weitere Fragen danach, wer oder vielleicht auch was über die „Richtigkeit“ einer Beobachtung oder eines Forschungsansatzes, über den Abschluss eines Forschungsprozesses (wann halten gilt unter der Bedingung fundamentaler Unsicherheit etwas für „bewiesen“ oder „wahr“?), darüber, was populistischer Alarmismus ist oder wohlbegründeter begründeter Alarm (Risbey 2008), aber auch über den Einsatz von Methoden und von Ressourcen zur Problemlösung zu *entscheiden* hat. Ist dies den Geophysikern und -chemikern zu überlassen, den Modellierern unter den Klimawissenschaftlern, dem IPCC, der Politik? Kann sich die multikulturelle Weltgesellschaft im Angesicht der IPCC-Szenarien gleichsam „basisdemokratische“ Aushandlungs- und Reviewverfahren im wissenschaftlichen Forschungsprozess leisten? Oder bedarf es dieser, in Form eines „Parlaments der Dinge“ etwa, wie von Bruno