

Vierte wissenschaftliche Tagung
Economic Governance und Ordonomik

**Beiträge zur Tagung 2016 im Festsaal des Siedehauses
des Technischen Halloren- und Salinemuseums**

Ulrich Blum (Hrsg.)

Series in Political Economy and Economic Governance 10

Die Veranstaltung

Die Nutzung von Ressourcen – mehr als eine ökonomische Fragestellung -

fand im Rahmen des Universitätsseminars
Dialog Wissenschaft und Praxis
im Rahmen der „Universitas-Förder-Initiative“

in Kooperation mit
dem Fraunhofer Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen
und
der University of International Business and Economics (UIBE) Beijing

gefördert von der Hanns Martin Schleyer-Stiftung
und der
Alexander von Humboldt-Stiftung,
statt.

Herausgeber:

Prof. Dr. Dr. h.c. Ulrich Blum, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und -forschung,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Hausanschrift: Große Steinstraße 73, D-06108 Halle (Saale)

Postanschrift: D-06099 Halle (Saale)

Telefon: +49 (0) 345 55 23377

Telefax: +49 (0) 345 55 27445

Internetadresse: <http://wipof.wiwi-halle.de>

© Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung,
Martin-Luther- Universität Halle-Wittenberg
Alle Rechte vorbehalten

Druck: REPROCENTER GmbH
Am Steintor 23, D-06112 Halle (Saale)

ISSN: 2199-3602 (Druckausgabe)

ISSN: 2364-7523 (Onlineausgabe)

ISBN: 978-3-86829-870-3 (Druckausgabe)

ISBN: 978-3-86829-871-0 (Onlineausgabe)

Die Kosten des 2°-Ziels und seine klimapolitischen Herausforderungen

Hermann Held

Einführung

Das Klimaproblem zu lösen, zählt zu den entscheidenden Herausforderungen dieses Jahrhunderts. Sie richtet sich an eine globale Gesellschaft, in der sich vielfältige Interessen überlagern. Im Folgenden werden das „2°-Ziel“ der Klimapolitik eingeführt und Schlüsselerkenntnisse des Weltklimarats IPCC („Intergovernmental Panel on Climate Change“, IPCC-III, 2014) zu seiner Umsetzbarkeit zusammengefasst. Schließlich wird eine subjektive Auswahl von Mechanismen vorgelegt, die eine kurzfristige Umsetzung des 2°-Ziels erschweren, die jedoch allesamt adressierbar wären.

Ausgangspunkt sei hier die Feststellung des IPCC „Es ist extrem wahrscheinlich, dass menschengemachte Treibhausgase für den seit dem 19. Jahrhundert beobachteten Anstieg der globalen Mitteltemperatur verantwortlich sind“ (IPCC-I, 2013). Diese Aussage stellt ein Kernergebnis des jüngsten Sachstandsberichts des IPCC dar. Der kausale Nexus zwischen anthropogenen Treibhausgasemissionen und globaler Erwärmung wird daher im Folgenden vorausgesetzt. In diesem Zuge wendet sich der klimapolitische Diskurs zunehmend der Frage zu, wie Klimapolitik sinnvoll zu gestalten sei.

Zur Logik des 2°-Ziels

Klimawandel ist für Gesellschaften über seine regionalen Ausprägungen, das „tatsächlich Erfahrene“, von Interesse. Die globale Mitteltemperatur (GMT) stellt für diese Regionalklimate einen ausgezeichneten Prediktor dar (siehe z.B. Frieler et al., 2012). Dies erklärt die zentrale Rolle, die die GMT in der Klimadebatte einnimmt. Hier drängt sich die Analogie zur Rolle der Körpertemperatur des Menschen im Rahmen einer medizinischen Diagnose auf. Die Körpertemperatur als solche ist praktisch uninteressant, stellt jedoch einen leicht zugänglichen Indikator für gewisse medizinische Indikationen des Patienten dar.

In Bezug auf die globale Erwärmung stellt sich daher die Frage: „Auf welchen Wert relativ zum vorindustriellen Zustand sollte die GMT begrenzt werden?“ Um diese Frage zu beantworten, fordert das Standard-Entscheidungsinstrument der Umweltökonomie, die Kosten-Nutzen-Analyse, die Kosten der Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen gegenüber dadurch vermiedenen Schäden abzuwägen und so das „Wohlfahrts-Optimum“ zu bestimmen. Innerhalb der Klimaökonomie wird dieser Standard-Zugang seit den 1990er Jahren verfolgt. Leider erweisen sich deren Ergebnisse als derart emp-

findlich gegenüber schwer zu bestimmenden Eingangsgrößen, dass mit Hilfe dieses Instruments nahezu jede klimapolitische Empfehlung gerechtfertigt werden könnte (siehe Nordhaus, 2008; Nordhaus, 2013; Weitzman, 2013), um einen Eindruck von den Antipoden zu erhalten. Als ursächlich hierfür sind zum einen die Komplexität von Natur- und Kultursphäre zu nennen, die vom Klimawandel betroffen sein könnte. Zum anderen wäre es derzeit sehr schwierig, eine entsprechende ökonomische Bewertung vorzunehmen, selbst wenn „die wesentlichen“ Klimawandelfolgen sächlich bekannt wären. Des Weiteren herrscht innerhalb der klimaökonomischen Zunft noch Dissenz darüber, wie vermiedene Klimawandelfolgen, die sich auf Grund der verzögernden Klimadynamik immer erst dreißig bis fünfzig Jahre nach einer klimapolitischen Umsetzung bemerkbar machen, zu diskontieren seien. Aus meiner Sicht stellt die Kosten-Nutzen-Analyse das derzeit axiomatisch am besten abgesicherte Entscheidungswerkzeug dar (Kunreuther et al., 2014), das jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit dem Klimaproblem überfordert ist. Darum verweist der IPCC auch auf konkurrierende Entscheidungs-Unterstützungs-Angebote der Klimaökonomie (Kunreuther et al., 2014).

Handelte es sich hierbei allein um eine faszinierende Forschungsfrage, wäre es ausreichend, „nur“ weitere Forschungsanstrengungen zu unternehmen, um die existierenden Lücken im Klimawandelfolgenwissen in hinreichendem Maße zu schließen. Letzteres ist in jedem Fall zu empfehlen. Jedoch steht die Menschheit *heute* vor der Frage, in welchem Umfang sie noch in den fossilen Energiesektor, den Hauptverursacher der derzeitigen und künftigen globalen Erwärmung, investieren sollte. Dies rückt andere Entscheidungskalküle (jenseits von Kosten-Nutzen-Analyse) in den Blick, die mit einer schmalen Wissensbasis zu haushalten verstehen. Etwa können Akteure, die sich mit dem Vorsorgeprinzip identifizieren, dieses nutzen, um derzeit fehlendes Wissen über eine Bewertung der Gesamtheit der Klimawandelfolgen zu überbrücken und so bereits heute zu Entscheidungen zu finden.

In der Logik des Vorsorgeprinzips wird für den guten System-Indikator GMT eine Grenze gesucht, die vorläufig (solange kein ausreichend entlastendes Wissen über Klimawandelfolgen generiert wurde) nicht überschritten werden sollte. Im Fall sehr geringen Wissens zu Folgen von Handlungen ist es ein natürlicher Zugang zu fragen, welches die Schwankungsbreite der Natur vor dem Eingriff des Menschen gewesen sei. Genau dieses Prinzip brachte Schellnhuber in Anschlag, als er in den 1990er Jahren nach einer Umsetzung des Vorsorgeprinzips im Klimakontext fragte (Schellnhuber, 2015). Auf ihn geht der vermutlich einflussreichste Strang klimapolitischer Beratung zu Klimazielen zurück, der schließlich in die Proklamation des „2°-Ziels“ auf globaler Ebene mündete (UNFCCC, 2011).

Am Anfang stand die Beobachtung, dass „während der Evolution des modernen Menschen die GMT niemals höher gelegen hat als etwa 1,5°C über dem Niveau zu Beginn der industriellen Revolution“ (Schellnhuber, 2015, S. 453). Im Vertrauen auf eine „gewisse Klimaelastizität unserer Zivilisation“ schlug er schließlich den etwas weniger stringenten Wert „2°“ als maximal erlaubte Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Zustand vor. Im Zuge einer sich dann anschließenden 20-jährigen Beratungs- und Aushandlungsgeschichte gesellten sich viele weitere Argumente hinzu, denn für viele Sek-

toren lassen sich mittlerweile unerwünschte Folgen des Klimawandels explizieren (IPCC-II, 2014). Auch aus der Vorsorgeperspektive lässt sich das 2°-Ziel weiter rahmen: Fragt man etwa, wann denn zuletzt eine GMT geherrscht habe, wie wir sie am Ende dieses Jahrhunderts im Falle ungebremster Erwärmung erzielen würden, so lautet die Antwort: „vor zehn Millionen Jahren“ (Zachos et al., 2001), was ungebremsten Klimawandel als noch abenteuerlicher erscheinen lässt. Setzte man der GMT eine 2°C-Grenze, läge die GMT dann gerade noch näher an derjenigen des Standardklimas¹ als an der uns erwartenden Temperatur ab dem Jahrhundertende im Falle ungebremster Erwärmung.

Eine kosteneffiziente Umsetzung des 2°-Ziels

Im Folgenden gehen wir vom 2°-Ziel als klimapolitische Randbedingung aus und fragen, ob und wie dieses Ziel möglichst kostengünstig zu erreichen ist, wie also sinnvollerweise unser Energiesystem umzurüsten wäre. Auch das Energiesystem stellt ein komplexes System dar, in dem Auswirkungen von Politikeingriffen nur mit Unsicherheit zu prognostizieren sind. Jedoch können wir davon ausgehen, dass dieses System als menschengemachtes System deutlich weniger komplex zu beschreiben ist als die Natur, aus der wir selbst in einem evolutionären Prozess hervorgegangen sind.

Die somit aufgeworfene, schlankere Fragestellung (schlanker als diejenige der Kosten-Nutzen-Analyse) benötigt Beiträge aus drei Fachrichtungen: den Klimawissenschaften, um den Zusammenhang zwischen Treibhausgasemissionen und globaler Erwärmung herzustellen, der Energieökonomie, um die technoökonomischen Eingangsgrößen festzulegen, und schließlich der Wachstumsökonomie, um den langfristigen Einfluss von Politikmaßnahmen zu projizieren.

Zur Arbeitsweise des IPCC

Im Folgenden werden entscheidende Einsichten des IPCC vorgestellt. Aus diesem Grunde seien einige Bemerkungen zum Zustandekommen der Ergebnisse vorausgeschickt.

Es stellt einen in der Wissenschaftsgeschichte einmaligen Vorgang dar, dass eine wissenschaftliche Community periodisch den Sachstand ihres Faches zusammenfasst. Dieses bedeutet einen bedeutsamen Kondensationsschritt, so dass der Gesellschaft das generierte Wissen überhaupt zugänglich wird, das sonst in seiner Breite, Vielfalt und Fragmentierung für Nicht-Experten kaum einschätzbar wäre. Im Zuge des IPCC-Prozesses erhält die Öffentlichkeit die Möglichkeit, Vorversionen zu kommentieren, etwa um auf etwaige Verzerrungen oder übersehene Literatur aufmerksam zu machen.

¹ D.h. des Klimas des Holozäns, der geologischen Epoche der letzten 10.000 Jahre.

Jeder Kommentar ist im Anschluss von den Autoren des IPCC öffentlich zu beantworten.

Der erste Sachstandsbericht wurde 1990 veröffentlicht, der jüngste (fünfte) in drei Etappen von 2013 bis 2014. Drei Arbeitsgruppen widmen sich (i) den geophysikalischen Mechanismen des Klimawandels, (ii) den Auswirkungen einer globalen Erwärmung (und etwaigen Anpassungsoptionen) sowie (iii) Möglichkeiten der Vermeidung oder Abschwächung von menschengemachtem Klimawandel. Jede Arbeitsgruppe liefert ihren Teilbericht auf vier Aggregationsstufen: Zunächst gliedert sich der Bericht in rund zwanzig Kapitel à 60 Seiten, die je von einem Duzend Autoren („Leitautoren“) verfasst werden. Diese tagen insgesamt viermal, um sich auf ein gemeinsam verfasstes Kapitel zu verständigen. Weitere Autoren können fallweise hinzugezogen werden, um Expertise zu ergänzen. Es soll aus dem Kapitel hervorgehen, worüber Einigkeit herrscht und wovüber in welchem Grade Dissenz. Ein sogenanntes „Executive Summary“ fasst ein Kapitel zusammen. Sämtliche Kapitel bilden im Anschluss die Basis für das sechzigseitige „Technical Summary“ (TS). Wiederum auf dessen Basis verfassen IPCC-Autoren, aber auch am IPCC beteiligte Regierungen schließlich ein dreißigseitiges „Summary for Policymakers“ (SPM).

Die Beteiligung der Regierungen am SPM ist möglich, weil es sich beim IPCC um eine gemeinsame Veranstaltung von Wissenschaft und Regierungen handelt. Natürlich dürfen Regierungen keine Inhalte verändern, wohl jedoch die Art der Formulierung beeinflussen. In der Regel erhöht dies die Verständlichkeit des Textes. Da sie am Ende dem Text zustimmen müssen, können sie steuern, welche Inhalte überhaupt über das SPM kommuniziert werden. Sie haben demnach die Möglichkeit zu „filtern“. Wer als Nicht-Experte auf durch Regierungen garantiert ungefilterte Informationen zurückgreifen möchte, dem sei das (lediglich doppelt so lange) Technical Summary empfohlen.

Man mag aus wissenschaftlicher Sicht ein Mitspracherecht der Regierungen am SPM, der höchsten Aggregationsstufe, bedauern. Die „Gegenleistung“ besteht jedoch darin, dass dieser Text für alle beteiligten Regierungen verbindlich ist, d.h. die darin aufgeführten wissenschaftlichen Erkenntnisse als offizielle Randbedingungen von regierungsseitigem Argumentieren und Handeln gelten. Erkenntnisse aller drei Arbeitsgruppen fließen schließlich in den „Synthesbericht“ ein, dem die Regierungen ebenfalls zustimmen müssen. So legt der IPCC seine Erkenntnisse auf insgesamt fünf Aggregationsstufen vor, was den Zugang für Außenstehende maximal erleichtert.

Im Folgenden wird, wo möglich, auf das SPM zurückgegriffen.

Energieökonomische Aussagen des IPCC

Was kostet uns das 2°-Ziel? Stellt man diese Kernfrage, ist zunächst zu klären, was genau mit „Kosten“ in diesem Zusammenhang gemeint ist. Hier wird eine Zukunft mit aktiviertem 2°-Ziel mit einer Fantasiewelt ohne Klimaproblem, Klimaschäden oder Klimaschutzanstrengungen verglichen. Für letztere wird ein Wirtschaftswachstum erwartet,

das es erlaubt, den globalen Konsums um 1,6% pro Jahr bis 3,0% pro Jahr zu steigern. (Der Grund für Wirtschaftswachstum ist laut dem gängigen Modellansatz, dass Volkswirtschaften nicht das in einer Periode Produzierte komplett verkonsumieren, sondern stets einen gewissen Anteil für Investitionen in Produktionsfaktoren (Kapital, Energie, Arbeit) zum Vorteil künftiger, somit gesteigerte Produktion zurücklegen (Ramsey, 1928)).

Wird nun dem Wirtschaftssystem ein 2°-Ziel auferlegt, muss ein zunehmender Teil des Energiesystems auf Niedrigemissionstechnologien umgerüstet werden (Erneuerbare Energiequellen, Effizienzsteigerung, CCS (Kohlendioxidabscheidung und -verpressung in geologische Formationen), Kernenergie). Diese sind zumindest zunächst kostspieliger als konventionelle Energieträger und würden daher ohne einen Eingriff des Staates nicht im erforderlichen Umfang eingesetzt. Unter einem 2°-Ziel muss daher pro Energieeinheit ein größerer Anteil der erwirtschafteten Produktion eingesetzt werden, wodurch weniger für den Konsum zur Verfügung steht.

Der IPCC findet nach Auswertung von über eintausend Szenarien², dass unter Erlaubnis sämtlicher Vermeidungstechnologien das 2°-Ziel mit fortgesetztem Wirtschaftswachstum kompatibel wäre. Die jährliche Wachstumsrate würde danach um 0.06%-Punkte abgesenkt (IPCC-WGIII, 2014). Diese Zahl ist klein sowohl im Vergleich zum erwarteten Wirtschaftswachstum als auch zu seiner Unsicherheit. Insofern kann man das 2°-Ziel als „kleine Versicherungsprämie“ gegen unsichere Klimaschäden im Falle ungebremster Erwärmung verstehen. Vor uns liegt nun die gesellschaftliche Entscheidung, ob oder bis zu welchem Grade diese Gebühr gezahlt wird.

Wie würden sich unter einem 2°-Ziel die Investitionsströme idealerweise verändern? Zwischen 2010 und 2029 würden Investitionen in den Niedrigemissionssektor erhöht (in absteigender Priorität: Effizienz, Erneuerbare, fossil betriebene Kraftwerke mit CCS, Kernenergie), zugleich würde sie von fossil betriebenen Kraftwerken ohne CCS sowie dem Extraktionssektor (über 300 Milliarden US\$₂₀₀₀/Jahr) abgezogen (vgl. IPCC-WGIII, 2014, Abb. SPM 9). Der Anteil der Niedrigemissionstechnologien am Primärenergieverbrauch vervierfacht sich zwischen 2010 und 2050 (vgl. IPCC-WGIII, 2014, Abb. SPM 4). Dies bedeutet die Transformation des Welt-Energiesystems. Der größte Beitrag an der Emissionsminderung wäre vom Elektrizitätssektor zu erwarten (vgl. IPCC-WGIII, 2014, Abb. SPM 7). Falls CCS erlaubt würde, würde der Bioenergie eine Rolle in ähnlicher Größenordnung zufallen, weil sie in Verbindung mit CCS sogenannte „negative Emissionen“ gestattet: Die Biosphäre entzieht im Zuge des Pflanzenwachstums der Atmosphäre Kohlendioxid. Wird Biomasse verbrannt und das dabei entstehende Kohlendioxid nicht in die Atmosphäre entlassen, sondern abgeschieden und in den geologischen Untergrund verpresst, wird netto der Atmosphäre Kohlendioxid entzogen. Dies ist ökonomisch attraktiv, weil es erlaubt, die Umrüstung des Energiesystems langsamer durchzuführen: Es wird zunächst zu viel Kohlendioxid emittiert, das dann in der

² Eingeteilt in 5 Kategorien des Ausmaßes an Klimaschutzanstrengungen, wovon eine Kategorie in etwa dem 2°-Ziel entspricht

zweiten Jahrhunderthälfte wieder entzogen wird. (Diese Bemerkung ignoriert zunächst die ökologischen Nebenwirkungen dieser Option.)

Man kann sich zudem die Frage stellen, ob alle genannten Technologien wirklich notwendig sind, um das 2°-Ziel zu „akzeptablen Kosten“ umzusetzen. Zumindest in Deutschland stellt die Kernenergie keine gesellschaftlich anerkannte Option mehr dar und auch CCS gilt als hochumstritten. Auch hierzu hat sich der IPCC geäußert. Er hat Szenarien ausgewertet, zu deren Generierung neben dem 2°-Ziel dem Wirtschaftssystem weitere umweltpolitische Restriktionen auferlegt wurden, etwa, kein CCS zu nutzen oder jenseits der im Bau befindlichen Kernkraftwerke keine weiteren Kernkraftwerke hinzuzufügen. Es zeigt sich, dass im letzteren Fall die Kosten des 2°-Ziels um 10% steigen würden, im Fall von CCS jedoch um 250% (Edenhofer et al., 2014, Abb. TS 13). Jemand, der das 2°-Ziel als für bezahlbar bewertet, mag dieses Urteil dann auch noch auf ein kombiniertes 2°-Ziel/Kernenergie-Ausstiegsszenario ausdehnen.

Schließlich hat sich der IPCC auch zu Politikinstrumenten geäußert, die dazu dienen können, eine Emissionsminderung ins Werk zu setzen (Stavins et al., 2014). Die vielleicht wichtigste Aussage bezieht sich auf die Frage, ob es sinnvoll sei, mehrere Instrumente simultan einzusetzen. Hier hinein fällt auch unsere nationale Debatte, ob eine Einspeisevergütung (für erneuerbar generierten Strom) gewährt werden sollte, während gleichzeitig ein europäisches Zertifikate-Handelssystem operiert. Hier wird einer solchen Möglichkeit Raum gegeben, zugleich darauf hingewiesen, dass unabgestimmte Instrumente zu Ineffizienzen führen können³.

Warum ist bindender Klimaschutz nicht längst implementiert?

Die oben erwähnten Kosten des 2°-Ziels, die von vielen als relativ niedrig wahrgenommen werden, können nicht überraschen, weil diese Größenordnung bereits im Stern-Bericht von 2007 an die britische Regierung ausgewiesen wurden (wenngleich auch auf der Basis weniger komplexer Energiesystemmodelle). Daher war die Klimaverhandlungs-Konferenz 2009 in Kopenhagen („Conference of the Parties“) im Vorfeld mit großen Vorschusslorbeeren beschenkt worden, um dann anschließend als Desaster wahrgenommen zu werden. Immerhin gelang es erstmals, ein globales Klimaziel (eben das 2°-Ziel) vorzuformulieren.

Warum tut sich die Weltgemeinschaft jedoch mit tatsächlich umgesetztem Klimaschutz derart schwer – globale Emissionen steigen weiter nahezu ungebremst (IPCC-III, 2014, Abb. SPM 1)? Selbst das als Erfolg gefeierte rechtlich nicht bindende Pariser Abkommen von 2015 entspricht eher einem 2.8°C-3.5°C- als einem 2°-Ziel. Sollte nun nicht mit der Ausweisung niedriger Kosten eine Hauptbesorgnis von Entscheidungsträgern aus dem Weg geräumt worden sein? Selbst Kritiker des Vorsorgeprinzips, auf dem das

³ Eine aussagekräftigere Beschreibung der jeweiligen Bedingungen findet sich in Kalkuhl et al., 2012.

2°-Ziel noch immer wesentlich beruht, könnten doch zumindest diese „Versicherungsgebühr“ tolerieren?

Im Folgenden möchte ich eine subjektive Liste von Gründen angeben, jeder derer es wesentlich erschwert, zu einem globalen Abkommen über Emissionsminderungen zu gelangen, das mit dem proklamierten 2°-Ziel kompatibel wäre. Sie alle wurzeln in dem Problem, dass es sich um die komplexeste Koordinationsaufgabe handelt, die die Menschheit je zu bewältigen hatte.

1. Das Klimasystem reagiert dreißig bis fünfzig Jahre verzögert auf Emissionsänderungen⁴ (siehe z.B. IPCC-I, 2014, Abb. SPM 7a – die „Zukünfte“ beginnen sich erst nach 30 Jahren zu unterscheiden). Dieses stellt einen Zeithorizont dar, der es der Politik schwermacht, erfahrbare Erfolge im Gegenzug für erfolgte Anstrengungen vorzuführen. (Entschwefelungsmaßnahmen stellen im Gegensatz hierzu ein dankbares Feld von Umweltschutzpolitik dar, weil eine Schwefelbelastung bereits zwei Wochen nach Entschwefelung durch den Niederschlag ausgewaschen ist.) Wegen der intergenerationellen Entkopplung von Ursache und Wirkung von Klimaschutz existieren kaum Akteure in der Gesellschaft, die ein unmittelbares Interesse an Klimaschutz haben. Neben Lobbyisten von Niedrigemissions-Technologien verbleibt einzig die Zivilgesellschaft, insoweit sie durch die Belange der Kinder- und Enkelgeneration (oder auch der Natur jener Generation) emotional affizierbar ist. Insofern wird der Erfolg von Klimapolitik wesentlich davon abhängen, in welchem Maße es gelingt, der Zivilgesellschaft Zutritt zu den nötigen Wissensbeständen, aber auch den emotionalen Aspekten misslungener Klimapolitik zu verschaffen.
2. Analog zur temporalen intergenerationellen Entkopplung gibt es eine räumliche intragenerationelle (Edenhofer et al., 2010). Die „Täter-Staaten“ werden in der Regel nicht zugleich die „Opfer“ (durch Klimawandelschäden) sein. Hiermit umzugehen bedeutet, darüber sprechen zu müssen, wie wir uns eine gerechte Weltordnung vorstellen – etwas, das seit Ende des Kolonialismus nur ansatzweise gelungen ist (Edenhofer, 2014, pers. Mitteilung). Zumindest unter Entwicklungsländern könnte Unterstützung generiert werden, wenn Klimaschutz mit einem ernsthaften Versuch einherginge, eine gerechtere Weltordnung zu schaffen. Die Aufwertung der Rolle der Ethik im letzten IPCC-Bericht kann hier als ermutigendes Zeichen gewertet werden.
3. Nachdem die EU das 2°-Ziel etwa ein Jahrzehnt vertreten hatte, begann in einzelnen Mitgliedsstaaten der Rückhalt zu schwinden, nachdem die Konsequenzen des 2°-Ziels besser verstanden wurden: Ein naturwissenschaftliches Kernergebnis des letzten IPCC-Berichts ist, dass der globalen Mitteltemperatur approximativ eine einzige kohlendioxidbasierte Kennzahl gegenübergestellt werden kann: das sogenannte „Kohlenstoff-Budget“ (IPCC-I, 2013, Abb. SPM 10; Meinshausen et al., 2009). Dieses bezeichnet das zeitliche und globalräumliche Integral al-

⁴ Der Schluss von Emissionen auf Temperaturerhöhung stellt einen doppelt-integrativen quasilinearen Prozess mit entsprechenden Zeitskalen dar (Hasselmann et al., 1997).

ler Emissionen (seit 2000) – eine Art „Emissions-Kuchen“, der global gegessen werden darf, um das 2°-Ziel noch einzuhalten. Es ist demnach nicht so wichtig, wann emittiert wird, sondern nur, wieviel insgesamt. Daraus folgt auch: überschießen wir das Budget in der ersten Jahrhunderthälfte, müssen in der zweiten (kostspieliger) negative Emissionen zum Einsatz kommen. Ist auch deren Potential erschöpft, ist das 2°-Ziel nicht mehr zu halten. Bei gleichen Pro-Kopf-Emissionsrechten wäre für jeden EU-Bürger das Budget in ca. 10 Jahren erschöpft (Wicke et al., 2010). Dies trug nicht zur Popularität des 2°-Ziels innerhalb der EU bei. Allerdings könnte ein möglicher Zertifikatehandel den reichen Industrienationen einige Jahrzehnte Zeit für die Umrüstung ihrer Energiesysteme gewähren. Etliche der ärmsten Staaten sind ökonomisch derart unterentwickelt, dass sie bei gleichen Pro-Kopf-Rechten ihre Zertifikate zunächst nicht vollständig nutzen könnten. Die Differenz verkaufen zu können würde ihnen einen Zustrom an Kapital verschaffen, der gegenüber bislang geleisteter Entwicklungshilfe in einer neuen Größenordnung liegen dürfte. Für die EU würden sich die Kosten hierbei am oben beschriebenen globalen Mittelwert orientieren.

4. Beim Klimaschutz als globalem Gut greift ein Trittbrettfahrer-Mechanismus: reduziert ein Land seine Emissionen und hat dementsprechenden Konsumverlust zu erleiden, profitieren alle, während nur dieses eine Land „zahlt“. Wir erleben bei bereits eingerichteten globalen, etwa durch die UNO organisierten Gütern, wie schwer es ist, die entsprechende Unterstützung durch die Mitgliedsstaaten nachhaltig sicherzustellen⁵. Hier können „Klimakoalitionen“ helfen, die Schwelle zu einem 2°-kompatiblen globalen Abkommen zu senken (Lessmann et al., 2009).
5. Wirksamer Klimaschutz bedeutet eine De-facto-Enteignung der Besitzer fossiler Ressourcen. Da letztlich 10% des Welt-Bruttosozialprodukts dem (noch immer fossil dominierten) Energiesektor zugerechnet werden können, sprechen wir über eine der einflussreichsten Lobbygruppen überhaupt. Es darf bezweifelt werden, dass die Zivilgesellschaft bereits gut genug gerüstet ist, um im medialen Meinungsgetöse die entscheidenden Denkfiguren ausreichend durchdringen und entsprechend gegenhalten zu können. Eine verbesserte Kommunikation zwischen Zivilgesellschaft und Akademia könnte hier entscheidend sein. Etwa ist die Größenordnung der Kosten gut organisierten Klimaschutzes nach wie vor kaum in der Breite bekannt. Hingegen ist es der naturwissenschaftlichen Community offenbar inzwischen (zumindest) in Deutschland gelungen, ihren Teil des Sachstandes darzulegen (Engels et al., 2013) – dies mag auf den jahrzehntelangen Forschungsvorsprung gegenüber der klimaökonomischen Community zurückzuführen sein. Eine nochmalige mehrjahrzehntige Kommunikationsspanne würde jedoch der Aktualität der Energiedebatte nicht gerecht. Hier wäre zu fragen, welche effizienteren Kommunikationsformen als die bislang realisierten es geben könnte.

⁵ (Siehe etwa die Kürzung der Mittel für das UN-Flüchtlingshilfswerk als wesentlicher Trigger einer Migrationsbewegung in Richtung Europa).

6. Großtechnischer Einsatz von Niedrigemissionstechnologien birgt neue Risiken. Aus meiner Sicht ist wohl einzig die Solarthermie (inkl. *concentrated solar power*) im Wesentlichen frei von Nebenwirkungen. Das klimaökonomische Optimum wird jedoch durch einen Energietechnologie-Mix charakterisiert. Hier mag eine frühzeitige Bürgerbeteiligung helfen, als fair empfundene Lösungen zu generieren. Auch können ökonomische Anreizsysteme helfen, berechtigtes Vertrauen aufzubauen. Dazu zählt auch eine Einbettung von CCS in Bondsysteme, die Unternehmen die bestmöglichen Formationen nutzen lassen (Edenhofer et al., 2004; Held et al., 2006; Held & Edenhofer, 2009).
7. Kaum war das 2°-Ziel, in den 1990ern politisch in Umlauf gesetzt (Jaeger & Jaeger, 2011; Schellnhuber, 2010), nach fünfzehn Jahren auf die globale Agenda gelangt, wird es aus der wissenschaftlichen Community heraus verstärkt hinterfragt. Ein Kritikstrang richtet sich auf die anhaltende Diskrepanz von proklamiertem Temperaturziel und danach inadecuaten Emissionsminderungen. Diese, in Verbindung gebracht mit dem Kohlendioxid-Budget-Mechanismus, der allenfalls noch Verzögerungen auf der Skala von zehn Jahren erlaubt, lässt Zweifel aufkommen, dass das 2°-Ziel noch zu halten ist („Das Ende der Klimapolitik, wie wir sie kannten“, Geden, 2011). Dieselbe Wirkung könnte von neuen Erkenntnissen zur Empfindlichkeit („Klimasensitivität“ (KS) genannt) des Klimasystems gegenüber erhöhten Treibhausgas-Konzentrationen ausgehen: würden wir durch neue Forschungsergebnisse lernen, dass KS eher im oberen Bereich einer heute angenommenen Verteilung liegt, könnte es bereits heute zu spät sein. Beide Mechanismen weisen aus, dass strikte Temperaturziele (auch wenn als normativ sinnvoll empfunden) als zu starre Konstrukte ein intrinsisches Glaubwürdigkeitsproblem haben könnten. Wir arbeiten derzeit daran, das hinter dem 2°-Ziel liegende Wertesystem herauszuarbeiten und es in eine in diesem Sinne nicht länger verwundbare Zielsetzung zu gießen (Neubersch et al., 2014; Roth et al., 2015). Erste Ergebnisse weisen aus, dass das 2°-Ziel danach durch moderate Uminterpretation „heilbar“ ist und sich dementsprechend neue Empfehlungen kaum von denjenigen der 1000 im IPCC-Bericht ausgewerteten Szenarien unterscheiden werden.

Diese subjektive, meinen wissenschaftlichen Kompetenzbereich im engeren Sinne überschreitende Liste kann nicht vollständig sein und soll auch keinen weiteren Raum einnehmen, weil sich hier wissenschaftliche Durchdringung und lediglich anekdotisches Wissen notwendig die Hand geben.

Sie kann aus zwei Perspektiven gelesen werden: zum einen könnte man zu dem Schluss kommen, dass eine derart große Zahl hemmender Mechanismen Klimaschutz kaum eine Chance lässt. Andererseits hilft sie zu erklären, weshalb bislang kaum Klimaschutz ins Werk gesetzt wurde: er bedeutet eine viel komplexere organisationstheoretische Aufgabe, als es Umweltschützern und Naturwissenschaftlern jahrzehntelang bewusst war. Sind hemmende Mechanismen erkannt, können sie durch geeignete Politikinstrumente bearbeitet werden. Aus makro-wohlfahrtstheoretischer Sicht sollten die Chancen gut stehen, dass die Menschheit die kommenden Jahrzehnte nutzt, Friktionen abzubauen,

um dem besseren Systemzustand den Boden zu bereiten – falls sie das 2°-Ziel tatsächlich erreichen möchte!

Literatur

- COP, 2009, <http://www.copenhagendiagnosis.org>, Fig. 22 .
- Edenhofer, O., Lotze-Campen, H., Wallacher, J., Reder, M. (Hrsg.), 2010, *Global, aber gerecht: Klimawandel bekämpfen, Entwicklung ermöglichen*. Beck Verlag.
- Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, S. Kadner, J. C. Minx, S. Brunner, S. Agrawala, G. Baiocchi, I. A. Bashmakov, G. Blanco, J. Broome, T. Bruckner, M. Bustamante, L. Clarke, M. Conte Grand, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, S. Dhakal, N. K. Dubash, P. Eickemeier, E. Farahani, M. Fischel, M. Fleurbaey, R. Gerlagh, L. Gómez-Echeverri, S. Gupta, J. Harnisch, K. Jiang, F. Jotzo, S. Kartha, S. Klases, C. Kolstad, V. Krey, H. Kunreuther, O. Lucon, O. Masera, Y. Mulugetta, R. B. Norgaard, A. Patt, N. H. Ravindranath, K. Riahi, J. Roy, A. Sagar, R. Schaeffer, S. Schlömer, K. C. Seto, K. Seyboth, R. Sims, P. Smith, E. Somanathan, R. Stavins, C. von Stechow, T. Sterner, T. Sugiyama, S. Suh, D. Ürge-Vorsatz, K. Urama, A. Venables, D. G. Victor, E. Weber, D. Zhou, J. Zou, and T. Zwickel, 2014: Technical Summary. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J. C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Engels, A., Hüther, O., Schäfer, M., Held, H., 2013, *Public climate-change skepticism, energy preferences and political participation*, *Global Environmental Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.008> .
- Geden, O., 2011, *Das Ende der Klimapolitik, wie wir sie kannten*. In: Barbara Lippert, Volker Perthes (Hrsg.): *Ungeplant ist der Normalfall. Zehn Situationen, die politische Aufmerksamkeit verdienen*, SWP-Studien 2011/S 32, November 2011, 50 Seiten, S. 19-22.
- Hasselmann, K., Hasselmann, S., Giering, R., Ocaña, V., Storch, H. v., 1997, *Sensitivity Study of Optimal CO₂ Emission Paths Using a Simplified Structural Integrated Assessment Model (SIAM)*, *Clim. Change* 37, 345–386.
- Held H., Edenhofer O., 2008, *Handbook of Transdisciplinary Research*, edited by Hirsch Hadorn G., Hoffmann-Riem H., Biber-Klemm S., Grossenbacher-Mansuv W., Joye D., Pohl C. et al., Springer, Heidelberg.
- IPCC-I, 2013, *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> .
- IPCC-II, 2014, *Summary for policymakers*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> .
- IPCC-III, 2014, *Summary for Policymakers*, In: *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/> .
- Jaeger, C. C., Jaeger, J., 2011, Three views of two degrees, *Regional Environmental Change*, 11, 15–26.
- Kalkuhl, M., Edenhofer, O., Lessmann, K., 2012, *Learning or lock-in: optimal technology policies to support mitigation*. In: *Resource and Energy Economics* 34 (1), 1–23.
- Kunreuther H., S. Gupta, V. Bosetti, R. Cooke, V. Dutt, M. Ha-Duong, H. Held, J. Llanes-Regueiro, A. Patt, E. Shittu, and E. Weber, 2014, *Integrated Risk and Uncertainty Assessment of Climate Change Response Policies*. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working*

- Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lessmann, K., Marschinski, R., Edenhofer, O., 2009, *The Effects of Tariffs on Coalition Formation in a Dynamic Global Warming Game*. In: Economic Modelling 26(3):641-649.
- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J., Allen, M. R., 2009, *Greenhouse-Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2 °C*. In: Nature, 458, 1158-1163.
- Neubersch, D., Held, H., Otto, A., 2014, *Operationalizing Climate Targets under Learning: An Application of Cost-Risk Analysis*. In: Climatic Change, 126, 305-318.
- Nordhaus, W. D., 2008, *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, vol. 87, Yale University Press.
- Nordhaus, W. D., 2013, *The Climate Casino: Risk, uncertainty and economics for a warming world*, New Haven & London: Yale University Press.
- Ramsey, F. P., 1928, *A mathematical theory of saving*.
- Roth, R., Neubersch, D., Held, H., 2015, *Evaluating Delayed Climate Policy by Cost-Risk Analysis*, EAERE2015 article.
- Schellnhuber, H.J., 2010, *Tragic Triumph*. In: Climatic Change 100, 229–238.
- Schellnhuber, H.J., 2015, *Selbstverbrennung: Die fatale Dreiecksbeziehung zwischen Klima, Mensch und Kohlenstoff*, C. Bertelsmann, ISBN 987-3-570-10262-6.
- Stavins R., J. Zou, T. Brewer, M. Conte Grand, M. den Elzen, M. Finus, J. Gupta, N. Höhne, M.-K. Lee, A. Michaelowa, M. Paterson, K. Ramakrishna, G. Wen, J. Wiener, and H. Winkler, 2014, *International Cooperation: Agreements and Instruments*. In: Climate Change 2014: Mitigation of climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Stern, N.H., 2007, *The Economics of Climate Change*. In: The Stern Review, Cambridge.
- UNFCCC, 2011, *Report of the Conference of the Parties on its seventeenth session, held in Durban from 28 November to 11 Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its seventeenth session*. Decision 1/CP.17: Establishment of an Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action FCCC/CP/2011/9/Add 1 .
- Weitzman, M. L., 2009, *Additive Damages, Fat-Tailed Climate Dynamics, and Uncertain Discounting*. In: SSRN Electronic Journal, 3, 1-24.
- Wicke, L., Schellnhuber, H.J., Klingensfeld, D., 2010, *Die 2°max-Klimastrategie - Ein Memorandum. (The 2°max Climate Strategy - A Memorandum)*. LIT: Münster.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K., 2001, *Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present*, In: Science, 292, 686- 693.