

TRAJEKTE

Eine Reihe des Zentrums für
Literatur- und Kulturforschung Berlin

Herausgegeben von

Sigrid Weigel und Karlheinz Barck †

Daniel Weidner · Stefan Willer · Hrsg.

Prophetie und Prognostik

Verfügungen über Zukunft
in Wissenschaften, Religionen
und Künsten

Wilhelm Fink

Die dieser Publikation zugrunde liegende Tagung und die Drucklegung dieses Bandes wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01UG0712 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Herausgebern.

Umschlagabbildung:

Johann Heinrich Füssli: Therasias erscheint dem Ulysseus während der Opferung, 1785-85, Graphische Sammlung der Albertina Wien, <http://www.zeno.org/Kunstwerke/B/Füssli,+Johann+Heinrich%3A+Therasias+erscheint+dem+Ulysseus>

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.

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Dies betrifft auch die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder durch alle Verfahren wie Speicherung und Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien, soweit es nicht §§ 53 und 54 UrhG ausdrücklich gestattet.

© 2013 Wilhelm Fink Verlag, München
(Wilhelm Fink GmbH & Co. Verlags-KG, Jühenplatz 1, D-33098 Paderborn)

Internet: www.fink.de

Einbandgestaltung: Evelyn Ziegler, München
Printed in Germany.

Herstellung: Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG, Paderborn

ISBN 978-3-7705-5359-4

Intertextualität und Projektionspotenzial von Klimamodellen

Der anthropogene Klimawandel avancierte in den letzten Jahren zur paradigmatischen Projektionsfläche prognostischer wie prophetischer Vorstellungen. Manche der diskutierten Zukunftsszenarien für die nächsten Jahrzehnte sorgen dabei für apokalyptische Stimmungen, wenn beispielsweise von einer möglichen Erhöhung der globalen Jahrestemperatur bis 2100 von 6,4°C und mehr ausgegangen wird. Der Vergleich mit Prophetie und Apokalypse scheint lediglich ein metaphorischer zu sein, doch bei näherer Betrachtung zeigen sich einige interessante Ähnlichkeiten. Obwohl Prognose und Prophetie unterschiedlichen Kontextsystemen unterliegen, haben sie eine ähnlich antizipative Temporalität. Beide adressieren Zukunft, wenn auch in unterschiedlicher Weise. Während die Prophetie im Kontext einer Glaubensgemeinschaft angesiedelt ist, nimmt die Prognose für sich in Anspruch, Kern einer Wissensgemeinschaft zu sein, nämlich der naturwissenschaftlichen *scientific community*. Sie avancierte deshalb zum epistemischen Dogma und Prüfinstrument wissenschaftlichen Wissens, da nur durch zutreffende Prognosen bestätigte Hypothesen und Theorien als wissenschaftlich gelten.

Insofern seit dem 19. Jahrhundert das naturwissenschaftliche Weltverständnis zum paradigmatischen Verständnis der modernen, technologischen Gesellschaft geworden ist, beanspruchen wissenschaftliche Prognosen zunehmend einen universellen Geltungsanspruch. Dieser zeigt sich nicht zuletzt an den aktuellen Debatten zum Klimawandel. Doch die scheinbar so sichere Position, von der aus die wissenschaftliche Prognose im Kontext der Klimafrage operiert, gilt es zu hinterfragen. Denn einerseits ist ihr Geltungsbereich ein sehr eingeschränkter, andererseits ist sie ein rein methodisches Instrument wissenschaftlicher Evaluierung. Seit den 1980er Jahren wird ihr von der Politik das Geschäft der Zukunftsvorhersage zugemutet, und diese Transformation von einem Prüf- in ein Vorhersageinstrument ist äußerst problematisch. Zum einen, da die klimatischen Vorhersagezeiträume mehrerer Jahrzehnte für die Funktion der Bestätigung heutiger Annahmen ungeeignet sind, zum anderen, da genau diese Vorhersagen durch gesellschaftliches Handeln verhindert werden sollen. Daher vermeidet die Klimaforschung seit einigen Jahren den Begriff der Prognose und spricht von Klimaprojektionen.

Die zweite, weniger offenkundige Ähnlichkeit zwischen Prognose und Prophetie besteht in der verschrifteten Tradition, in welcher beide stehen. Im Falle der Prognosen – korrekter gesprochen: Projektionen – zum Klimawandel kann durchaus von einem ‚kanonischen‘ Konvolut an Schriften gesprochen werden. Schriften meinen hier jedoch die Tausende von Codezeilen der globalen Klimamodelle. Dieses Konvolut basiert als Computercode auf einer Traditionslinie, die 1954 mit dem Aufkommen der ersten Programmiersprache Fortran beginnt, die jedoch auf wis-

senschaftliche Erkenntnisse der letzten vierhundert Jahre referiert und diese im Code ‚re-artikulierte‘. Dabei handelt es sich nicht um beliebige Klimamodelle, sondern um zwei Dutzend Modelle, die durch die Prozeduren des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen evaluiert worden sind.

Mit Fug und Recht lässt sich daher behaupten, dass Klimamodelle zu den einflussreichsten Schriften des 20. und 21. Jahrhunderts gehören. Ihr soziopolitischer Einfluss besteht vor allem darin, Zukunft verhandelbar machen. In den bisherigen wissenschaftstheoretischen Diskussionen über Klimamodelle bleibt allerdings ihr Textcharakter unberücksichtigt. Um diesem Rechnung zu tragen, werden im Folgenden die wesentlichen textuellen Relationen verdeutlicht. Der vorliegende Beitrag stellt daher einen ersten Versuch dar, die Intertextualität von Klimamodellen zu analysieren, um dann die Verankerung der Klimaprojektionen im deterministischen Wissenschaftsverständnis der neuzeitlichen Physik sowie ihr Projektionspotenzial zu untersuchen.

1. Anthropogener Klimawandel

Es ist erstaunlich, dass die Ursachen des aktuell diskutierten anthropogenen Klimawandels seit 1896 bekannt sind. Damals beschrieb der schwedische Meteorologe Svante Arrhenius den Einfluss von Wasserdampf und atmosphärische Beimengungen wie Kohlendioxid korrekt als Treibhauseffekt, der zu Abkühlung bzw. Aufheizung der Atmosphäre führen konnte.¹ Ohne diesen Treibhauseffekt läge die globale Jahrestemperatur bei -18°C , doch dank des Treibhauseffekts der Atmosphäre sind es überlebensnotwendige $+14^{\circ}\text{C}$ bis $+15^{\circ}\text{C}$. Der Aufheizungseffekt von Kohlendioxidemissionen wurde dann erstmals 1938 von dem britischen Ingenieur Guy S. Callendar auf einen jährlichen Anstieg der globalen Jahrestemperatur um $0,003^{\circ}\text{C}$ geschätzt, basierend auf den mehr als 150.000 Millionen Tonnen Kohlendioxid, die bis 1938 durch die Industrialisierung freigesetzt worden waren.² Wie auch andere Forscher seiner Zeit ging Callendar jedoch von einer bevorstehenden Eiszeit aus und wertete das Aufheizen der Atmosphäre durch den Menschen als willkommenen Effekt. Deshalb, so Callendar, würde „the combustion of fossil oil [...] prove beneficial to mankind.“³ Doch Ende der 1950er Jahre änderte sich die Meinung der Forscher. Es wurde nachgewiesen, dass die Aufnahmeleistung der Ozeane mit dem rapiden Ausstoß von Kohlendioxid nicht mithalten konnte⁴ und die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre immer stärker anstieg: von 280 ppmv (1750) auf aktuell

1 Svante Arrhenius: „On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground“, in: *Philosophical Magazine and Journal of Science* 41 (1896), S. 237–276.

2 Guy S. Callendar: „The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature“, in: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 64 (1938), S. 223–240.

3 Ebd., S. 236.

4 Roger Revelle/Hans E. Suess: „Carbon Dioxide Exchange between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO_2 During the Past Decades“, in: *Tellus* 9 (1957), S. 18–27; Bert Bolin/Erik Eriksson: „Changes in the Carbon Dioxide Content of the At-

390 ppmv (2010).⁵ Von einer drohenden Eiszeit wandelte sich die Debatte zu einer mitunter apokalyptisch anmutenden Diskussion der Aufheizung des Klimas von bis zu 6,4°C und mehr bis 2100.⁶

Dies macht deutlich, dass zuverlässige Voraussagen über den anthropogenen Klimawandel heute für die Menschheit überlebenswichtig sind. Doch die Berechnung der Folgen des enormen Anstieges der Kohlendioxidkonzentration ist alles andere als einfach. Dies hat mit der Natur des Klimasystems als vielfältig rückgekoppeltem System zu tun. So lässt sich zwar eindeutig berechnen, dass eine Kohlendioxid-Verdoppelung von 280 ppmv (1750) auf 560 ppmv in einem Klimasystem ohne Rückkopplungseffekte zu einem Anstieg der globalen Jahrestemperatur von rund 1°C führen würde. Doch da das Klima ein vielfältig rückgekoppeltes System ist, variieren aktuelle Berechnungen zwischen 2,4°C und 4,1°C.⁷ Zwar ist die Menschheit von einer Verdopplung der Kohlendioxid-Konzentration noch entfernt, aber seit den 1980er Jahren nimmt der Ausstoß an Treibhausgasen überproportional zu. Die besorgniserregendsten Szenarien gehen sogar von weitaus höheren Emissionswerten bis 2100 aus und dementsprechend von einem wesentlich stärkeren Anstieg der globalen Jahrestemperatur bis 2100.⁸

2. Klimamodelle, Emissionsszenarien und IPCC-Berichte

Vor dem skizzierten Hintergrund wird deutlich, dass Klimamodellen eine enorme gesellschaftspolitische Funktion zukommt. Sie halten uns einen Spiegel vor, wie eine Zukunft unter bestimmten Bedingungen aussehen könnte. Dabei sind Klimamodelle weniger bloße ‚Zukunftsprojektionsmaschinen‘ als vielmehr Selbstreflexionstechnologien menschlichen Handelns. Denn mit ihnen erforschen die Klimawissenschaftler, welche Auswirkungen unser Verhalten auf klimatische Prozesse hat. Dazu müssen sie zuerst das Klimasystem als prozessuales System verstehen und modellieren, erst dann können sie anthropogene Einflüsse untersuchen, um sie schließlich auf die Zukunft zu projizieren. Da Experimente mit dem Klima kaum möglich und vor allem kaum wünschenswert sind – sieht man von dem Realexperiment von mehr als 7 Milliarden

mosphere and Sea Due to Fossil Fuel Combustion“, in: Bert Bolin (Hg.): *The Atmosphere and the Sea in Motion*, New York: Rockefeller Institute Press 1957, S. 130–142.

5 ppmv = parts per million by volume. 1750 markiert den Beginn der Industrialisierung und wird als wichtigster Vergleichswert im Kontext des Klimawandels verwendet.

6 Susan Solomon/et al.: *Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge MA: Cambridge University Press 2007, S. 810.

7 Stefan Rahmstorf: „Anthropogenic Climate Change: Revisiting the Facts“, in: Ernesto Zedillo (Hg.): *Global Warming: Looking Beyond Kyoto*, Washington D. C.: Brookings Institution Press 2008, S. 34–53.

8 Nebojsa Nakicenovic/Rob Swart: *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge MA: Cambridge University Press 2000. Einen Überblick über die Geschichte des anthropogenen Klimawandels gibt Spencer Waert: *The discovery of global warming*, Cambridge MA: Harvard University Press 2003.

Menschen ab – und da Messungen nur Auskunft über den aktuellen Zustand des Wettersystems geben, sind Klimamodelle die einzigen Erkenntnisinstrumente, die in die Zukunft projizieren können. Sie sind zudem die einzigen Instrumente, mit denen man Experimente machen kann, wenn auch nur mit einem digitalen Klima. Daher gehören Klimamodelle zu den einflussreichsten Schriften des 20. und 21. Jahrhunderts. In ihnen wird unsere Zukunft verhandelt, und dies hat soziopolitisch wie ökonomisch Auswirkungen – vor allem für die kommenden Jahrzehnte.

Die nähere Betrachtung dieser Schriften zeigt ein Konvolut verschiedener Textgattungen, das historisch gewachsen und immer noch im Entstehen begriffen ist. Um Klimaprojektionen machen zu können, bedarf es einerseits avancierter Modelle, andererseits sozioökonomischer Emissionsszenarien, die mögliche gesellschaftliche Entwicklungspfade und deren zu erwartender Emissionen aufzeigen.⁹ Aufgrund dieser Emissionsszenarien lassen sich dann zukünftige Trends berechnen und in Berichten publizieren. Das Interessante an dieser Entwicklung ist, dass sich in den letzten Jahren ein ‚Kanon‘ an Modellen, Szenarien und Berichten herausgebildet hat, dessen Gewährleistung maßgeblich durch das von den Vereinten Nationen eingesetzte Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verantwortet wird. Gewährleistung meint hier die durch wissenschaftliche Evaluations- und Begutachtungsverfahren sichergestellte Güte der beteiligten Modelle und Szenarien, die den Standards der Klimaforschung Genüge leisten müssen. Beispielsweise waren am vierten IPCC-Bericht von 2007 insgesamt 24 globale Klimamodelle aus 12 europäischen, nordamerikanischen und asiatischen Ländern sowie Australien beteiligt.¹⁰ Auch wenn die Modelle westlicher Industriestaaten dominieren, da Klimamodelle aufwendige und daher kostenintensive Instrumente sind, stehen die berechneten Daten über Internetplattformen der gesamten Klimaforschung zur Verfügung. Aus der Analyse der Vergleichsdaten der 24 globalen Klimamodelle entstanden so mehr als 200 Artikel, die in begutachteten Journalen eingereicht wurden, um für den vierten IPCC-Bericht berücksichtigt zu werden.

Bisher wurden vier IPCC-Berichte publiziert, ein fünfter ist für 2014 in Vorbereitung. Diese Berichte sind selbst einzigartige Schriftstücke, die von Hunderten von Autoren kollaborativ verfasst wurden, unter Berücksichtigung Zehntausender von Kommentaren der gesamten Klimaforschung. Jeder IPCC-Bericht besteht aus drei Teilen, für die jeweils eine Arbeitsgruppe zuständig ist (vgl. Tab. 1). Jeder dieser drei Teile wird durch ein „Summary for Policy Makers“ (SPM) begleitet, das in einem Treffen der Autoren mit Vertretern aller Regierungen Wort für Wort ausgehandelt wird,¹¹ denn die Deutung der projizierten Ergebnisse für soziopolitische

⁹ Beispielsweise Nakicenovic/Swart: *Special Report on Emissions Scenarios* (Anm. 8).

¹⁰ Ebenso gibt es gut zwei Duzend regionale Modelle, die an der Entstehung der IPCC Berichte beteiligt sind.

¹¹ Arthur C. Petersen: *Simulating Nature: A Philosophical Study of Computer-Simulation Uncertainties and Their Role in Climate Science and Policy Advice*, Apeldoorn, Antwerpen: Het Spinhuis Publishers (2006); Arthur C. Petersen: „Climate Simulation, Uncertainty, and Policy Advice – The Case of the IPCC“, in: Gabriele Gramelsberger/Johann Feichter (Hg.): *Climate Change and Policy. The Calculability of Climate Change and the Challenge of Uncertainty*, Heidelberg u. a.: Springer 2011, S. 91–112.

Handlungsempfehlungen obliegt der Politik. Auf globaler Ebene hat sich dazu seit der ersten Weltklimakonferenz in Genf 1979 eine internationale Struktur herausgebildet, die nicht nur Wissenschaft und Politik in Dialog bringt, sondern Handlungsempfehlungen in die Tat umsetzt. Mit der Gründung des Intergovernmental Negotiating Committee on Climate Change (INC) und des United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) wurden zwei überstaatliche Gremien geschaffen, um die Stabilisierung der Treibhausgase international verbindlich festzuschreiben. Diese Bemühungen führten schließlich 1997 zur Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls (1997–2012), das Vereinbarungen bezüglich der Reduktion von Treibhausgasen bis 2012 festlegte. Seither treffen sich Regierungs- und Wissenschaftsvertreter zu den jährlichen Conferences and Meetings of the Parties (COP, MOP) des Kyoto-Protokolls. Beispielsweise versammelte die Kopenhagen Konferenz (COP-15) im Jahr 2009 rund 45.000 Teilnehmer aus Wissenschaft, Politik, Medien und Nichtregierungsorganisationen – allerdings ohne den erhofften Erfolg bezüglich der Verlängerung des Kyoto Protokolls zu erzielen.¹²

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	
Working Group I	The Science of Climate Change
Working Group II	Impacts, Adaptation, Vulnerability
Working Group III	Mitigation of Climate Change
FAR	First Assessment Report 1990
SAR	Second Assessment Report 1995
TAR	Third Assessment Report 2001
4AR	Fourth Assessment Report 2007
5AR	Fifth Assessment Report 2014
Emission Scenarios	SA90 (FAR), IS92 (SAR), SRES 2000 (TAR, 4AR), RCP (5AR)

Tab. 1: Arbeitsgruppen, Berichte und Szenarien des IPCC.¹³

12 Joachim Krause: „Nach Kopenhagen. Welchen Multilateralismus benötigt erfolgreiche Klimapolitik?“, in: *Internationale Politik* 2 (2009), S. 106–113; Aant Elzinga: „Shaping Worldwide Consensus: The Orchestration of Global Climate Change Research“, in: Aant Elzinga/Catharina Landström (Hg.): *Internationalism in Science*, London: Taylor & Graham 1995, S. 223–255.

13 Zit. nach www.ipcc.ch (letzter Zugriff: 27.3.2012).

3. Intertextualität der Klimamodelle

Klimamodelle sind der operative Kern des beschriebenen Textkonvoluts zum anthropogenen Klimawandel. Als solche sind sie keine geschlossenen Texte, sondern sie sind intertextuell vielfältig verwoben. Daher bietet es sich an, sie mit literaturwissenschaftlichen Termini zu beschreiben.¹⁴ Bevor dies geschieht, sei darauf verwiesen, dass es kein Novum ist, Wissenschaft als ein System von Sätzen zu verstehen. Aus wissenschaftstheoretischer Perspektive besteht das Unternehmen der Wissenschaft gerade darin, Sätze über empirisch feststellbare Phänomene und Prozesse aufzustellen und nachzuprüfen, wobei manche dieser Sätze allgemeiner (Theorien) als andere (empirische Sätze) sind. „Die Tätigkeit des wissenschaftlichen Forschers besteht darin“, schreibt Karl Popper 1934, „Sätze oder Systeme von Sätzen aufzustellen und systematisch zu überprüfen; in den empirischen Wissenschaften sind es insbesondere Hypothesen, Theoriensysteme, die aufgestellt und an der Erfahrung durch Beobachtung und Experiment überprüft werden.“¹⁵ Im Unterschied zu literarischen Texten handelt es sich hier jedoch um spezifische Texte, deren Semantik anders definiert ist als bei normalsprachlichen Texten. Wissenschaftliche Sätze nach Poppers Verständnis unterliegen einer formalen Axiomatik, die widerspruchsfrei, unabhängig und notwendig sein muss.

Trotz ihrer formalen Darstellung und logischen Bedingtheit – beides Aspekte wissenschaftlicher Textualität – sprechen diese Sätze von der Welt. „Die Theorie ist das Netz, das wir auswerfen, um ‚die Welt‘ einzufangen, – sie zu rationalisieren, zu erklären und zu beherrschen. Wir arbeiten daran, die Maschen des Netzes immer enger zu machen.“¹⁶ Diese Auffassung von der Naturwissenschaft als System von Sätzen orientiert sich dabei maßgeblich an der Physik und ihren Theorien. Da Klimamodelle auf der klassisch physikalischen Theorie der Strömungsdynamik basieren, lassen sie sich als ein System von Sätzen bzw. Differentialgleichungen beschreiben, bestehend aus den drei hydrodynamischen Bewegungsgleichungen, der Kontinuitätsgleichung, der Zustandsgleichung sowie den beiden Hauptsätzen der Wär-

14 Der Begriff der Intertextualität, wie er von Julia Kristeva 1969 in die Literaturforschung eingeführt wurde (Julia Kristeva: *Semiotike. Recherches pour une sémanalyse*, Paris: Seuil 1969), versucht die Relationalität von Texten zu fassen und in dieser die Intersubjektivität eines Textes zu verorten. Auf Kristeva bezugnehmend entwickelte Gérard Genette 1982 ein differenziertes Gefüge von Begriffsunterscheidungen, um verschiedene Typen transtextueller Beziehungen untersuchen zu können. Genette unterscheidet Intertextualität (Präsenz eines Textes in einem anderen in Form von Zitaten, Plagiaten oder indirekten Anspielungen), Paratextualität (einrahmende Beifügungen wie Titel, Vorworte, Fußnoten, aber auch Gattungszuweisungen), Metatextualität (kritische Kommentare), Architextualität (indirekte Gattungszuweisungen) und Hypertextualität (Überlagerungen jenseits der Kommentare zwischen Hypertext und Hypotext). Diese Typen transtextueller Beziehungen, so Genette, sind „nicht als Klassen von Texten, sondern als Aspekte der Textualität [zu] betrachten.“ (Gérard Genette: *Palimpseste. Die Literatur auf zweiter Stufe*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1993, S. 19). Dies gilt auch für die Hypertextualität als „universelle[n] Aspekt der Literarität: Es gibt kein literarisches Werk, das nicht, in einem bestimmten Maß und je nach Lektüre, an ein anderes erinnert“ (ebd., S. 20).

15 Karl Popper: *Logik der Forschung*, Tübingen: Mohr 1989, S. 3.

16 Ebd., S. 31.

metheorie – wie von dem norwegischen Physiker Vilhelm Bjerknes bereits 1904 konzipiert, um die sieben Kenngrößen der Atmosphäre zu berechnen: Temperatur, Luftdruck und -dichte, Feuchte sowie Windgeschwindigkeit in drei Richtungen.¹⁷

3.1 Vorhersagealgorithmen

Ein solches System von Differentialgleichungen beschreibt zwar allgemein den Zustand der Atmosphäre anhand der genannten sieben Kenngrößen, doch um es für die Berechnung von zukünftigen Zuständen nutzen zu können, muss es in einen Vorhersagealgorithmus transformiert werden, der die räumliche und zeitliche Berechnung dieser sieben Kenngrößen ermöglicht.¹⁸ Der Unterschied zwischen einem System von Differentialgleichungen und seinem Vorhersagealgorithmus ist fundamental, denn es handelt sich um einen Medienwechsel vom Kontinuierlichen zum Diskreten. Ein Vorhersagealgorithmus für ein solch komplexes Modell lässt sich nur für ein diskretes Raster an Berechnungspunkten aufstellen, da die Rechenressourcen endlich sind. Daher sind die berechneten Resultate lediglich Approximationen, und der Grad der Approximation hängt von der Dichte der Berechnungspunkte ab. Im Falle der Klimamodelle handelt es sich, je nach Modell, um Abstände von 60 bis 500 km zwischen zwei auf das globale Klima bezogenen Berechnungspunkten. Eine solch grobe Auflösung von 500 km ordnet einem Land wie Deutschland allenfalls ein Dutzend Berechnungspunkte für die zu berechnenden Kenngrößen zu. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Auflösung nur entsprechend großräumige Strukturen darstellen kann. Stürme oder Wolken existieren in einer so grob aufgelösten Welt schlichtweg nicht.

Doch gerade Wolken sind wichtige Wetter- wie Klimafaktoren. Deshalb bedürfen sie einer gesonderten Darstellung. Diese Darstellung, die sogenannte *subskalige Parametrisierung*, ist ein Teil des Paratexts der Klimamodelle. Man könnte sie als ‚Fußnoten‘ zu jedem einzelnen Berechnungspunkt bezeichnen, insofern die gesonderten Berechnungen der Parametrisierung auf jeden Berechnungspunkt summiert werden. Interessanterweise wachsen die Klimamodelle seit den 1970er Jahren fast ausschließlich in ihrem ‚Fußnotenapparat‘ an, während sich der bis auf Bjerknes

17 Vilhelm Bjerknes: „Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet von Standpunkt der Mechanik und Physik“, in: *Meteorologische Zeitschrift* 21 (1904), S. 1–7.

18 Das System von Differentialgleichungen muss so umkonstruiert werden, dass es sich hinreichend genau numerisch berechnen lässt. Dabei werden die Differentialgleichungen in Differenzgleichungen transformiert, welche die kontinuierliche Veränderung des Klimas in diskreter Form als Aneinanderreihung von Differenzen beschreiben. Die grundlegende Annahme dabei ist, dass je kleiner die Differenz zwischen zwei Zuständen wird, desto mehr nähert sich die Beschreibung der als kontinuierlich angenommenen Welt an. In den Worten der Intertextualität: Das diskretisierte Modell ist kein Zitat des zugrundeliegenden kontinuierlichen Modells der Differentialgleichungen, es ist eine Paraphrasierung des kontinuierlichen Modells. Beide Versionen sind strukturell zwar nicht identisch, sollten aber dennoch hinreichend ähnlich sein – die Mathematik spricht hier von Konsistenz und Konvergenz.

zurückreichende allgemeine Theorien-Kern der Modelle wenig verändert hat. Dieser Fußnotenapparat hat jedoch einige unangenehme Eigenschaften. Er basiert meist auf empirischen Sätzen – also im wissenschaftstheoretischen Sinne nicht auf den allgemeinen Sätzen der Theorie –, und diese haben unterschiedliche Reichweiten und Güte. Dies führt Unsicherheiten in das Modell ein, die sich auf die Qualität der Zukunftsprojektionen auswirken. Ein möglicher Ausweg liegt in der Erhöhung der räumlichen Auflösung, wie sie auch permanent vorangetrieben wird.¹⁹ Doch limitierte Rechnerressourcen setzen einer Auflösungsverbesserung effektive Grenzen. Bis auf weiteres wird man daher in Klimamodellen jede Menge subskalige Parametrisierung finden.

Stellt man sich nun ein Klimamodell aus einem historisch tradierten Haupttext (allgemeine Theorie, die teilweise bis auf Newtons Mechanik zurückgeht) und einem permanent anwachsenden Fußnotenapparat (empirische Sätze, Annahmen und Heuristiken der subskaligen Parametrisierungen) vor,²⁰ so liegt die darstellungstechnische Herausforderung darin, dass für jeden Berechnungspunkt ein eigenes klimatologisches Narrativ erzählt wird. Bei einer horizontalen Auflösung von 500 km und einer vertikalen Auflösung von etlichen Schichten besteht die Berechnung des Klimamodells für einen bestimmten Zeitschritt darin, für jeden einzelnen der Zehntausende von Berechnungspunkten die Zustandswerte der sieben meteorologischen Kenngrößen zu ermitteln. Für aktuelle Klimamodelle mit wesentlich höheren Auflösungen sind Quadrillionen von Berechnungen für ein simuliertes Jahr auszuführen. Selbst die weltweit schnellsten Rechner benötigen Tage und Wochen, um einige Jahrzehnte in die Zukunft zu rechnen.

3.2 Die Sprache der Klimamodelle

Konkret bedeutet dies, dass der ‚Haupttext‘ inklusive seinem ‚Fußnotenapparat‘ in einer computertauglichen Sprache verfasst sein muss. Klimamodelle sind bis heute in Formula Translator (Fortran), der ältesten Programmiersprache, geschrieben. Der Programmcode gibt exakte Anweisungen, wie die Narration für jeden Berechnungspunkt auszuführen ist. Dazu wird der Haupttext vom Fußnotenapparat getrennt und beide werden auf verschiedene Dateien verteilt. Diese Zerlegung erzeugt ein Konvolut von einigen hundert Dateien, die in einem festgelegten Schema durchlaufen werden. Für die Berechnung initiiert man das Modell für Zeitpunkt t_0 mit Messdaten, berechnet dann den Teil der allgemeinen Theorie (dynamischer

¹⁹ So lag die Auflösung der globalen Berechnungen für den 1. IPCC Report bei 500 km, während der 4. IPCC Report bereits eine Auflösung von 110 km hatte.

²⁰ Die hydrodynamischen Gleichungen, die auf Isaac Newtons zweitem Axiom der Impulserhaltung basieren, wurden 1755 von Leonhard Euler als allgemeine Bewegungsgleichungen für Fluide formuliert und im 19. Jahrhundert von Claude Navier und George Stokes um Reibung ergänzt. Sie sind bis heute die Basis aller Wetter- und Klimamodelle. Gabriele Gramelsberger: „Conceiving Processes in Climate Models – General Equations, Subscale Parameterizations, and ‚Superparameterizations‘“, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 41 (2010), S. 233–241.

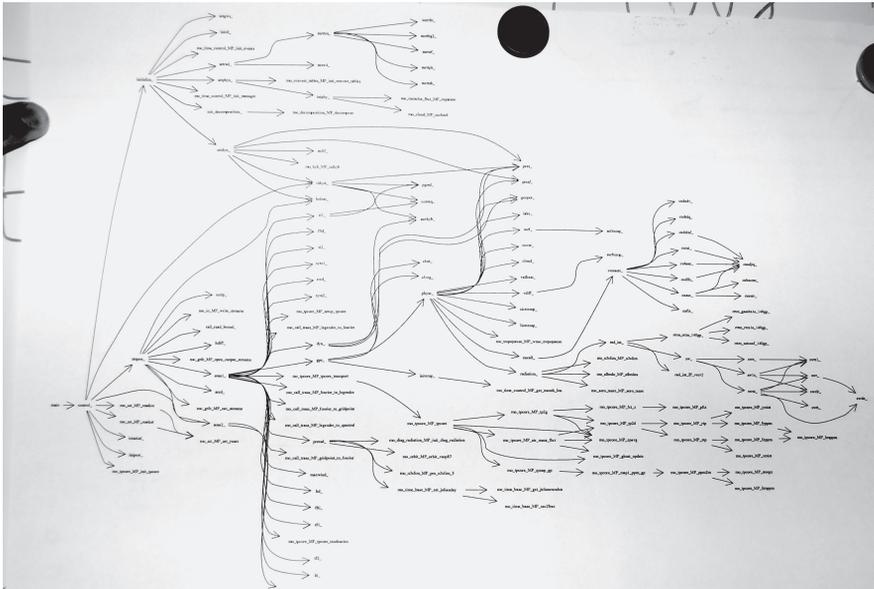


Abb. 1: Ablaufschema der Dateien eines Atmosphärenmodells mit Start für Zeitpunkt t_0 und Ende für Zeitpunkt t_1 (Quelle: ECHAM5, Dateiablaufschema)

Kern basierend auf den hydro- und thermodynamischen Gleichungen) und speichert die Werte für jeden Berechnungspunkt. Dann werden die subskaligen Parametrisierungen berechnet und zu den gespeicherten Werten des dynamischen Kerns summiert, um so die Ausgabewerte für den Zeitpunkt t_1 zu erzeugen, die dann als Anfangswerte für die Berechnung des nächsten Zeitschritts t_2 verwendet werden und so fort (s. Abb. 1). In einer unendlichen Litanei arbeitet sich das Modell Zeitschritt für Zeitschritt im 10- oder 20-Minuten-Takt nach vorne. Am Ende, nach Tagen oder Wochen der Berechnung, ist man im Jahr 2040 oder 2100 angelangt. Eine mühselige Zeitreise, die ohne die enorme Rechengeschwindigkeit heutiger Supercomputer nicht machbar wäre.

Im Unterschied zu gedruckten Texten lassen sich diese codebasierten Narrationen jedoch permanent verändern. Jede Änderung des Modells respektive des Programmcodes projiziert eine etwas andere Geschichte in die Zukunft. Diese Änderungen können in zweifacher Weise erfolgen: Entweder verändert man die Narration, indem man in Teilen des Codes etwas hinzufügt, ändert oder wegnimmt. Solche Modellverbesserungen, vor allem am ‚Fußnotenapparat‘ der subskaligen Parametrisierungen, finden ständig statt. Oder man belässt die Narration und spielt sie für unterschiedliche Rand- und Anfangsbedingungen durch. Auf diese Weise entstehen die verschiedenen Szenarien und Pfade möglicher Klimazukünfte, indem beispielsweise unterschiedliche Emissionsszenarien ausgeführt werden. Dies

macht deutlich, dass Klimamodelle ‚lebendige Texte‘ sind, die ständig weiterentwickelt werden. Vergleicht man nun die verschiedenen globalen Klimamodelle miteinander, so zeigen sich große Überschneidungen in dem historisch tradierten Haupttext und starke Abweichungen im Fußnotenapparat. Das ist nicht verwunderlich, da der Haupttext der globalen Klimamodelle (GCM) nicht nur auf einer einheitlichen Theorie basiert, sondern auch auf eine eindrucksvolle Vererbungsgeschichte zurückblicken kann, die von Paul Edwards als *The GCM Family Tree* rekonstruiert wurde.²¹ Diese Art der Vererbung ist charakteristisch für Klimamodelle. In ihr liegt die eigentliche Intertextualität der Klimamodelle verborgen.

Da alle Klimamodelle in derselben Programmiersprache geschrieben sind, sind direkte wie indirekte Bezüge zwischen den Modellen möglich. Direkt, indem der Code eines anderen Modells per *copy and paste* übernommen wird. Durch Kommentare in den Dateien wird auf diese Übernahme hingewiesen, zwar nicht für jede einzelne zitierte Stelle, aber doch deutlich kennzeichnend für größere Codeeinheiten, meist zu Beginn einer Datei. Indirekt, indem in Fachmagazinen publizierte Forschungen – beispielsweise zu bestimmten Parametrisierungen – in Code umgesetzt werden. In der Regel erfolgt dazu ein Hinweis auf die verwendete Fachliteratur zu Beginn der Datei. Ein Fortran-kundiger Philologe könnte aus dem Konvolut an Codezeilen der verschiedenen Modelle und Modellgenerationen in historisch-kritischer Lesart die Entwicklung dieser Schriften rekonstruieren. Das wäre zwar ein aufwendiges und mühsames Unterfangen, zumal zahlreiche Codes bereits verloren gegangen sind, doch angesichts des sozialpolitischen Einflusses dieser Schriften könnte die Zeit der Modell-exegese bald angebrochen sein. Eine solche Rekonstruktion könnte zum einen die international verwobene und kollaborative Arbeitsweise der Modellierer zu Tage fördern, die hinter den Kulissen der Institute verborgen bleibt. Zum anderen würde aber auch sichtbar, wie die Narrationen des Klimas und seines Wandels von Modellgeneration zu Modellgeneration differenzierter werden.²² Der Modellcode dokumentiert den Erkenntniszuwachs der Wissenschaft und stellt eine neue Form eines Wissensarchivs dar.

4. Klimaprojektionen

Klimamodelle stehen in der Tradition des deterministischen Paradigmas der Physik, das Prognostizierbarkeit zum Prüfkriterium erhoben hatte. Als 1736 Isaac Newton sein mechanisches Weltbild entwarf, etablierte er damit eine rein determi-

21 Paul N. Edwards: „A Brief History of Atmospheric General Circulation Modeling“, in: David A. Randall (Hg.): *General Circulation Model Development*, San Diego CA: Academic Press (2000), S. 67–90.

22 Beides in Teilen sichtbar zu machen war Ziel der Publikation *Computerexperimente*, die durch die langjährige Unterstützung des Max Planck Instituts für Meteorologie, das mit dem ECHAM Modell eines der IPCC Modelle stellt, sowie die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ermöglicht wurde. Gabriele Gramelsberger: *Computerexperimente. Zum Wandel der Wissenschaft im Zeitalter des Computers*, Bielefeld: Transcript 2010.

nistische Perspektive. Nach dieser verhielten sich natürliche Phänomene gesetzmäßig. Die Kenntnis dieser (Natur-)Gesetze sowie Informationen über den Zustand der Welt durch Experiment und Messung sollten es ermöglichen, das Verhalten der Phänomene in ihrem Verhalten vorherzusagen. Praktische Voraussetzung einer solchen Vorhersage war jedoch nicht nur die induktiv-deduktive Herleitung der Naturgesetze auf Basis von Beobachtung und Experiment, sondern deren Mathematisierung sowie die Quantifizierung empirischer Kenngrößen durch Messung. Die Mathematisierung bediente sich dabei einer neu entwickelten mathematischen Sprache, die Bewegungsprozesse hinreichend genau als kleinste Differenzen beschreibbar machte: Differentialgleichungen. Und für die Quantifizierung der empirischen Kenngrößen wurden Messinstrumente entwickelt, die es ermöglichten, Phänomene in ihren Eigenschaften messbar zu machen. Bezüglich des Wetters waren dies im 17. Jahrhundert die Temperatur und der Luftdruck und ab dem 18. Jahrhundert die Feuchtigkeit.²³

Sowohl die Berechnung von Veränderung als Aneinanderreihung kleinster Differenzen als auch die präzise Messung von Eigenschaften unterliegen der Endlichkeit und können daher nie vollkommen exakt sein. Ziel der rechnenden und messenden Naturwissenschaft ist seither, die Ungenauigkeiten zu minimieren bzw. die Präzision zu erhöhen. Doch auch wenn der Exaktheit der rechnenden und messenden Naturwissenschaft immer Grenzen gezogen sind – und das gilt ebenso für ihre Prognosen –, genügte doch der Grad der Genauigkeit für die meisten der im 18. und 19. Jahrhundert untersuchten Phänomene. Beispielsweise konnte 1846 Urbain Le Verrier eindrucksvoll den Triumph des Determinismus demonstrieren. Allein auf Basis von Berechnungen sagte er die Existenz des bis dahin ungesichteten Planeten Neptun vorher. Dabei interpretierte er die nicht erklärbaren Schwankungen der Bahn des Uranus als Störeinfluss eines Planeten und berechnete dann die Position des angenommenen Planeten. Binnen einer Nacht wurde die Existenz dieses Planeten von dem Astronom Johann Galle des Berliner Observatoriums bestätigt.²⁴ Bis heute basiert die Idee, das zukünftige Verhalten von Phänomenen ‚hinreichend genau‘ berechnen zu können, auf der Erfolgsgeschichte der neuzeitlichen Physik, auch wenn die heute zu berechnenden Systeme wie das Wetter oder Klima viel komplexer sind.²⁵

Prognosen im wissenschaftlichen Sinne haben jedoch ein anderes Ziel als die Zukunft vorherzusagen. In klassischer Weise hat 1934 Karl Popper in *Logik der*

23 1597 erfand Galileo Galilei das Wasserthermometer, das 1714 von Gabriel Fahrenheit zum Quecksilberthermometer samt Temperaturskala weiterentwickelt wurde. Hinzu kamen das 1643 von Evangelista Torricelli erfundene Barometer zur Luftdruckbestimmung sowie die Entwicklung von Hygrometern zur Messung der Luftfeuchte im 18. Jahrhundert. Windgeschwindigkeit und -richtung wurden erst später genau messbar.

24 Johann G. Galle: „Account of the discovery of the planet of Le Verrier at Berlin“, in: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 7 (1846), S. 153.

25 Allerdings zeigte sich bei so komplexen Systemen wie dem Wetter oder dem Klima, dass diese ‚hinreichende Genauigkeit‘ aufgrund von Nicht-Linearitäten und Unsicherheiten den Forschern heute viel Toleranz abfordert. Das heißt wir müssen uns mit einem sehr vagen Blick in mögliche Zukünfte solcher komplexen Systeme zufriedengeben.

Forschung die Prognose zum Testkriterium naturwissenschaftlicher Theorien erklärt. Allerdings versteht er darunter „empirisch möglichst leicht nachprüfbar bzw. anwendbare singuläre Folgerungen („Prognosen“)“, deren Richtigkeit oder Falschheit in „den Experimenten usw., entschieden“ werden kann.²⁶ Urbain Le Verriers Prognose erfüllte diese Voraussetzung, da sie durch Beobachtung mit einem klaren ‚ja‘ oder ‚nein‘ entschieden werden konnte. Allerdings hätte ein ‚Nein‘ die klassische Theorie der Mechanik nicht unbedingt falsifiziert, da zahlreiche Gründe wie Fehlerberechnungen, falsche Anfangsannahmen durch ungenaue Beobachtungen, Idealisierungen aufgrund geringer Rechenkapazitäten etc. für ein Misslingen denkbar gewesen wären. Eben aus diesem Grund können Wetterprognosen scheitern, ohne das gesamte Modell oder gar die physikalisch-meteorologische Theorie dahinter in Frage zu stellen. Da andererseits zutreffende Prognosen die einzige Möglichkeit sind, Theorien und darauf basierende Hypothesen zu validieren, ist der Umgang mit Vorhersagen aus wissenschaftlicher Sicht zwar unabdingbar, aber problematisch. Im Kontext komplexer Modelle, wie sie für Wetter und Klima erforderlich sind, geht man daher davon aus, dass die zugrundeliegenden Modelle nicht verifizierbar sind. Sie sind allenfalls mehr oder weniger gut evaluierbar, d. h. an Messdaten überprüfbar. Bei einem gut evaluierten Modell geht man dann davon aus, dass die berechneten Vorhersagen mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit zutreffend sind.

4.1 Ein neuer Vorhersagetyp

Die Situation wird jedoch noch problematischer, da Klimamodelle eine neue Art der Vorhersage in Wissenschaft und Gesellschaft einführen. Dieser neue Vorhersagetyp weist Eigenheiten auf, die für die Wissenschaft ungewohnt sind. Zum einen umfassen die Prognosen Zeiträume von mehreren Jahrzehnten, wodurch es unmöglich wird, die projizierten Aussagen empirisch zu prüfen. Zum anderen dienen die Szenarien gerade dazu, dass das in ihnen Prognostizierte verhindert werden soll. Ein Zutreffen würde zwar die Richtigkeit des Modells bestätigen, aber die Klimapolitik wäre mit unabsehbaren Folgen für die Menschheit gescheitert. Paradoxe Weise geht es also bei den Prognosen zum Klimawandel nicht um eine Bestätigung, sondern um eine Verhinderung – und dies ist kein wissenschaftlich üblicher Weg. Daher wird seit einigen Jahren im Kontext der Berichte des IPCC nicht mehr von Prognosen und Vorhersagen gesprochen, sondern von Projektionen (vgl. Tab. 2). Die Rede von Klimaprojektionen soll dabei auch den inhärenten Unsicherheiten dieser Zukunftsbilder gerecht werden, denn sie sagen nicht die Zukunft voraus, sondern geben uns lediglich vage Einblicke in mögliche Zukünfte.²⁷

²⁶ Popper: *Logik der Forschung* (Anm. 15), S. 8.

²⁷ Denis Bray/Hans von Storch: „Prediction‘ or ‚Projection‘? The nomenclature of climate science“, in: *Science Communication* 30 (2009), S. 534–543.

<p>Climate prediction</p>	<p>A climate prediction or climate forecast is the result of an attempt to produce an estimate of the actual evolution of the climate in the future, for example, on seasonal, interannual or long-term timescales. Since the future evolution of the climate system may be highly sensitive to initial conditions, such predictions are usually probabilistic in nature.</p>
<p>Climate projection</p>	<p>A projection of the climate system's response to emission or concentration scenarios of greenhouse gases and aerosols, or radiative forcing scenarios, often based upon simulations by climate models. Climate projections are distinguished from climate predictions in order to emphasize that climate projections depend upon the emission/concentration/radiative forcing scenario used, which are based on assumptions concerning, for example, future socioeconomic and technological developments that may or may not be realized and are therefore subject to substantial uncertainty.</p>
<p>Climate scenario</p>	<p>A plausible and often simplified representation of the future climate, based on an internally consistent set of climatological relationships that has been constructed explicitly to investigate the potential consequences of anthropogenic climate change, often serving as input for impact models. Climate projections often serve as the raw material for constructing climate scenarios, but climate scenarios usually require additional information, or instance about the currently observed climate. A climate change scenario is the difference between a climate scenario and the current climate.</p>

Tab. 2: Definition der Begriffe Vorhersage, Projektion und Szenario der Arbeitsgruppe I des IPCC.²⁸

²⁸ Solomon/et al.: *Climate Change 2007* (Anm. 6), S. 943.

Im Unterschied zu sich selbst erfüllenden Prophezeiungen lassen sich Klimaprojektionen als sich-selbst-nicht-erfüllen-dürfende Prophezeiungen verstehen, die von den Wissenschaftlern in die politische Verhandlungsarena geworfen werden. Allerdings führen solche Prophezeiungen eine eigenwillige temporale Form in Wissenschaft und Politik ein: das Futur II des ‚es wird gewesen sein‘. Bezogen auf den anthropogenen Klimawandel geht dies mit einem komplexen Verhältnis koexistierender Zeitlichkeiten einher: Die prinzipiell ins Unendliche erweiterte Voraussicht wird mit ihrer Rezeption rückgekoppelt, denn der Rückblick auf Zukünftiges verlangt nach der Ausbildung operanter Verhaltensweisen im Vorgriff auf die Abwendung möglicher Zukünfte. In diesem Kontext wird selbst Nicht-Handeln zum Handeln.

4.2 Verhandelbare Zukünfte

Zukunft in dieser Weise verhandelbar zu machen, ist ein relativ neues Ziel von Wissenschaft und Gesellschaft. Die Studien des Club of Rome in den 1970er Jahren markierten den Auftakt dieser Entwicklung. Mit Hilfe von Computermodellen wurden damalige Entwicklungen in die Zukunft extrapoliert; man sagte das Ende des Wachstums oder sogar der Menschheit voraus.²⁹ Seither sind nicht nur die Modelle wesentlich komplexer geworden, sondern auch die Verzahnung von Wissenschaft und Politik. Dabei wird die Rolle der Wissenschaft nicht unkritisch gesehen.³⁰ Da jedoch nur mit Computermodellen komplexe Systeme und zukünftige Szenarien erforschbar sind, stellen diese Modelle eine einzigartige Erkenntnis-technologie dar. Im Kontext des anthropogenen Klimawandels avancieren sie sogar zur Technik der globalen Selbsterkenntnis des Menschen. Mit der Vorstellung des ‚es wird gewesen sein‘ lassen sich vor dem Hintergrund verschiedener Entwicklungstrends sowohl Zukunftsszenarien als auch die Möglichkeiten ihrer Verhinderung testen. Hier zeigt sich der selbstreflexive Charakter der projizierten Szenarien, insofern sie Zukunft bezogen auf aktuelle menschliche Handlungsoptionen zur Disposition stellen.

29 Donella H. Meadows/Dennis L. Meadows/Jørgen Randers/William W. Behrens (Hg.): *The Limits of Growth*, New York: Signet 1972; Mihailo Mesarovic/Eduard Pestel (Hg.): *Menschheit am Wendepunkt. 2. Bericht an den Club of Rome zur Weltlage*, Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt 1974.

30 David H. Guston: Boundary Organizations in Environmental Policy and Science: An Introduction, in: *Science, Technology, & Human Values* 26 (2001), S. 399–408; Sheila Jasanoff/Marybeth Martello: *Earthly Politics: Local and Global in Environmental Governance*, Cambridge MA: MIT Press 2004; Velma I. Grover (Hg.): *Global Warming and Climate Change: Ten Years After Kyoto and Still Counting* (2 Bde.), Enfield NH: Science Publishers 2008; Jost Halfmann/Falk Schützenmeister (Hg.): *Organisationen der Forschung: der Fall der Klimatologie*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2009.

Allerdings ist die Verhandelbarkeit von Zukunft ein schwieriges Geschäft. Es basiert auf Unsicherheiten und ist daher nicht nach dem Geschmack rechnender und messender Wissenschaftler. Dies zeigt sich im Sprachgebrauch der IPCC-Berichte. Seit dem vierten Bericht hat sich ein Jargon der Wahrscheinlichkeit (*likelihood*) eingebürgert, der den Unsicherheiten der Projektionen Rechnung tragen soll (vgl. Tab. 3). In dieser Terminologie ist es „*very likely that heat waves will be more intense, more frequent and longer lasting in a future warmer climate*“; zudem ist es „*very likely that the Atlantic Ocean Meridional Overturning Circulation (MOC) will slow down during the course of the 21st century [... but] very unlikely that the MOC will undergo a large abrupt transition during the course of the 21st century.*“³¹

Likelihood scale	Likelihood of the occurrence/outcome
Virtually certain	>99% probability of occurrence
Very likely	>90% probability
Likely	>66% probability
About as likely as not	33–66% probability
Unlikely	<33% probability
Very unlikely	<10% probability
Exceptionally unlikely	<1% probability

Tab. 3: *Likelihood scale* der Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change.³²

4.3 Zu verhandelnde Gegenwart

Im Grunde geht es jedoch nicht um die Zukunft, sondern um die Ausbildung operanter Verhaltensweisen im Vorgriff auf die Abwendung möglicher Zukünfte. Um eine konkrete Handlungsgrundlage für die Politik zu etablieren, wird daher aktuell der Versuch diskutiert, den Anstieg der globalen Jahrestemperatur bis 2100 auf 2°C zu limitieren. Dieses Ziel wird als ökonomisch vertretbar und als ökologisch gerade noch handhabbar betrachtet. Es setzt jedoch die Stabilisierung der Treibhausgase auf einem Level von etwa 450 ppmv CO₂-equ bis 2100 voraus.³³ Doch dieses Ziel könnte schon bald obsolet sein, da zu seiner Erreichung bereits zu

31 Solomon/et al.: *Climate Change 2007* (Anm. 6), S. 750, 751; IPCC: *Guidance Notes for Lead Authors of the IPCC Fourth Assessment Report on Addressing Uncertainties*, Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005.

32 IPCC: *Guidance Notes for Lead Authors* (Anm. 31), S. 3 f.

33 Seit der Ratifizierung des Kyoto Protokolls 1992 werden alle relevanten Treibhausgase in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-equ) angegeben. Samuel Randalls: „History of the 2 C climate target“, in: *WTREs Climate Change 1* (2010), S. 598–605; Malte Meinshausen/et al.: „Greenhouse gas emission targets for limiting global warming to 2°C“, in: *Nature* 458 (2009), S. 1158–1162.

Beginn des 21. Jahrhunderts erhebliche Reduktionen nötig wären und bis 2050 nur maximal weitere 1.000 Milliarden Tonnen CO₂ in die Atmosphäre gelangen dürften. Tatsächlich wurde jedoch bereits ein Drittel davon bis heute freigesetzt, Tendenz steigend.³⁴ Die Situation sieht also alles andere als rosig aus. Das Ende des Kyoto-Protokolls (1997–2012), das Vorgaben bezüglich der Reduktion von Treibhausgasen sowie Grundlagen für den Emissionshandel einführte, und das bisherige Scheitern der internationalen Klimakonferenzen bzgl. einer gemeinsamen Post-Kyoto-Strategie spitzen die aktuelle Situation zu. Da Klimawandel mit einer Entkopplung von Ursache und Wirkung einhergeht – die am meisten betroffenen Länder sind meist nicht die Verursacher –, sind die sozialen Folgen kaum einschätzbar. Hinzu kommt, dass die bevölkerungsstärksten Länder, Indien und China, gerade erst in eine gesellschaftliche Phase der intensiven Nutzung fossiler Energien eintreten.

Vor diesem Hintergrund entfaltet sich das apokalyptische Potenzial des anthropogenen Klimawandels von bis zu 6,4°C und mehr bis 2100. Das Erschreckende daran ist, dass es auf *Business-as-usual*-Annahmen basiert, die lediglich die ungebremste Entwicklung der Nutzung fossiler Energieträger unserer Tage bei wachsender Bevölkerung in die Zukunft fortschreiben. Dabei handelt es sich um die pessimistische Auslegung des A1FI Szenarios des Special Reports on Emission Scenarios (SRES) aus dem Jahr 2000 mit der unheilvollen Botschaft eines maximalen Temperaturanstiegs bis 2100 von 6,4°C für eine Gesellschaft im Rausch fossiler Energien.³⁵ Das A1FI Szenario ist Teil einer Szenarienfamilie, die unterschiedliche gesellschaftliche Bedingungen skizziert. Das Paradoxe an diesen Szenarien sowie ihren projizierten Auswirkungen ist, dass sie uns zum ersten Mal in der Geschichte einen Spiegel über die Auswirkungen der Gesamtheit des menschlichen Handelns vorhalten und dass es dennoch bisher wenig möglich scheint, Initiativen zu ergreifen, um nicht sehenden Auges in die Katastrophe zu laufen. Denn dies würde eine Gesellschaftsform voraussetzen, die anders orientiert ist als die heutige. Eine solche Form ist in den Szenarien des SRES beschrieben, nämlich als „B1 storyline“ einer global nachhaltigen Gesellschaft.³⁶

34 Myles R. Allen/et al.: „Warming caused by cumulative carbon emission: the trillionth tone“, in: *Nature* 458 (2009), S. 1163–1166.

35 „The A1 storyline and scenario family describes a future world of very rapid economic growth, low population growth, and the rapid introduction of new and more efficient technologies. Major underlying themes are convergence among regions, capacity building and increased cultural and social interactions, with a substantial reduction in regional differences in per capita income. The A1 scenario family develops into four groups that describe alternative directions of technological change in the energy system. The three A1 groups are distinguished by their technological emphasis: fossil intensive (A1FI), non-fossil energy sources (A1T), or a balance across all sources (A1B).“ (Nakicenovic/Swart: *Special Report on Emissions Scenarios* [Anm. 8], S. 4; Solomon/et al.: *Climate Change 2007* [Anm. 6], S. 810).

36 Die vier Szenarienfamilien sind laut des 4. IPCC Berichts mit folgenden Temperaturanstiegen korreliert: A1 rapid economic growth (1.4 – 6.4°C), A2 regionally oriented economic development (2.0 – 5.4°C), B1 global environmental sustainability (1.1 – 2.9°C) und B2 local environmental sustainability (1.4 – 3.8°C). (Solomon/et al.: *Climate Change 2007* [Anm. 6], S. 13).

The B1 storyline and scenario family describes a convergent world with the same global population that peaks in midcentury and declines thereafter, as in the A1 storyline, but with rapid changes in economic structures toward a service and information economy, with reductions in material intensity, and the introduction of clean and resource-efficient technologies. The emphasis is on global solutions to economic, social, and environmental sustainability, including improved equity, but without additional climate initiatives.³⁷

Eine solche nachhaltige B1-Welt könnte es schaffen, das gesteckte 2°C/2100 Ziel einzuhalten (nach dem vierten IPCC-Bericht entspricht B1 einem Anstieg von 1,1 bis 2,9°C). Allerdings ist eher anzunehmen, dass sich das *Business-as-usual*-Szenario so lange hält, wie das Sich-selbst-nicht-erfüllen-Dürfen der Klimaprojektionen nicht als kategorischer Imperativ verstanden wird.³⁸ Der Temperaturanstieg von 6,4°C dürfte jenseits des Katastrophischen liegen und den Bereich des Apokalyptischen markieren.³⁹ Was danach kommt, unterliegt nicht mehr den Projektionen, sondern der Prophetie des Hollywood-Kinos.

37 Nakicenovic/Swart: *Special Report on Emissions Scenarios* (Anm. 8), S. 5.

38 Kategorisch, insofern der kategorische Imperativ ein Kriterium ist, das eine Handlung auf ihre universalisierbare Maxime hin überprüft (vgl. Immanuel Kant: *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*, in: ders.: *Werke in zehn Bänden*, hg. von Wilhelm Weischedel, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1983, Bd. 6, S. 9–102, hier S. 51) – und die Vermeidung der apokalyptischen Szenarien dürfte im Interesse der Allgemeinheit liegen.

39 Jenseits des Katastrophischen meint hier jenseits der von Menschen revidierbaren Folgen, insofern ganze Landstriche unbewohnbar und die hochgradig anfällige technologische Gesellschaft über weite Strecken lahmgelegt würden. Allerdings gibt es kein Kriterium dies zu überprüfen, es wird sich als mehr oder weniger ‚böse Überraschung‘ in absehbarer Zukunft zeigen. Das bedeutet aber auch, dass bereits ein Anstieg von 2°C bis 2100, der unausweichlich ist unter heutigen Bedingungen, jenseits des Katastrophischen liegen könnte.