



**Martin Claußen**

---

## **Klimawandel – spekulative Theorien, Kontroversen, Paradigmenwechsel?**

In: Spekulative Theorien, Kontroversen, Paradigmenwechsel : Streitgespräch in der  
Wissenschaftlichen Sitzung der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der  
Wissenschaften am 25. November 2016. – Berlin: 2017, S. 16-24  
(Debatte ; 17)

Persistent Identifier: [urn:nbn:de:kobv:b4-opus4-26758](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:b4-opus4-26758)

---

Die vorliegende Datei wird Ihnen von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften unter einer  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Germany (cc by-nc-sa 3.0) Licence  
zur Verfügung gestellt.



Martin Claußen

## Klimawandel – spekulative Theorien, Kontroversen, Paradigmenwechsel?

### Einleitung

Die Wissenschaft des Klimawandels scheint, wenn man die Diskussion im Spiegel der Medien betrachtet, von spekulativen Theorien, Kontroversen und Paradigmenwechsel geprägt zu sein. 1979 zeigte *Bild der Wissenschaft* den Kölner Dom von einem großen Gletscher bedroht. Ein paar Jahre später, 1986, stand der Kölner Dom auf der Titelseite des *Spiegel* im Wasser. 1995 reichte dem *Spiegel* der Kölner Dom nicht mehr; es musste die gesamte Erde sein, die von einer Sintflut verschlungen wurde. Etwa 12 Jahre später weint eine Roy-Lichtenstein-Blondine, wieder auf der Titelseite des *Spiegel*, über die dahinschmelzende Erde und die große Klimahysterie. Spiegeln diese Titelbilder den wissenschaftlichen Diskurs angemessen wider?



Abb. 1: Kopie ausgewählter Titelseiten mit Bezug zum Thema Klimawandel

## Die nächste Eiszeit kommt bestimmt

... wenn man die in den Klimaarchiven gespeicherte Information über vergangene Klimaänderungen statistisch interpretiert. Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre der letzten Jahrhunderttausende, also auch die Konzentration der Treibhausgase, wird in den Luftbläschen, die in den Eismassen Grönlands und der Antarktis eingeschlossen sind, bewahrt. Ebenso lassen sich aus den Isotopenverhältnissen des Eises die Veränderungen der Lufttemperatur und des Meeresspiegels vergangener Zeiten abschätzen. Die Rekonstruktionen zeigen, dass Warmphasen wie die, in der wir zurzeit leben, relativ kurz sind, nur etwa 10.000 Jahre, im Vergleich zu den Eiszeiten, in denen die Eismassen auf dem amerikanischen und europäischen Kontinent weit nach Süden vordrangen. Dies war bereits Ende der 1970er Jahre bekannt und führte zum Bericht im *Bild der Wissenschaft*.

Allerdings gibt die Statistik nur Hinweise, liefert aber keine Erklärung. Die Klimaphysik zeigt, dass zwei wesentliche Faktoren das Kommen und Gehen der Eiszeiten bestimmen: einmal die stete Änderung der Erdbahn um die Sonne, welche die Einstrahlungsverhältnisse und damit auch das Energieangebot für die Erde verändert, und zum anderen die Änderung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes und anderer Treibhausgase in der Atmosphäre. Wenn beide Faktoren in dynamischen Klimamodellen – damit sind keine statistischen Modelle gemeint, sondern Prozessmodelle, welche die Zirkulation der Atmosphäre, des Ozeans sowie die Verlagerung der Vegetation und der Eismasse vorherzusagen gestatten – berücksichtigt werden, dann passen Berechnung und Rekonstruktion der Ausdehnung der Eismassen qualitativ gut zusammen. Mittlerweile ist sogar bekannt, dass die Einstrahlungsänderung der Schrittmacher der Eiszeiten ist. Das CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wirkt verstärkend und beeinflusst so die Ausprägung und Amplitude der Eiszeiten und Warmphasen.

Mit einem solchen Prozessmodell lässt sich ein Blick in die Zukunft wagen (Ganopolski et al., 2016). Zu erkennen ist, dass wir tatsächlich auf die nächste Eiszeit in etwa 20.000 Jahren zusteuern würden, wenn der CO<sub>2</sub>-Gehalt in den letzten 200 Jahren nicht angestiegen wäre und auch in Zukunft nicht ansteige. Dies ist nicht der Fall. Im Gegenteil, der Mensch hat durch Verbrennen fossilen Kohlenstoffs (Kohle, Öl und Gas) für einen kräftigen Anstieg des CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre gesorgt. Daher dürften wir erst in 50.000 Jahren ein massives Anwachsen der Eismassen erwarten – wenn überhaupt: Bei weiterhin ungebremsster Emission von Treibhausgasen könnte vermutlich sogar die jetzige

Eiszeit beendet werden, wie Theorie und Empirie im Wesentlichen durch einen Vergleich mit vergangenen Klimazuständen nahelegen. Bemerkenswert an der Titelseite des *Bild der Wissenschaft* erscheint mir, dass im selben Jahr des Erscheinens (1979) die US-amerikanische National Academy Sciences (NAS) einen Bericht herausbrachte, an dem viele führende Klimafor-scher, Paläoklimatologen und Eiszeitforscher gearbeitet hatten. In diesem Bericht werden die klimatischen Folgen des Anstiegs der anthropogenen Treibhausgase, der bereits damals anhand zahlreicher Messungen dokumentiert werden konnte, diskutiert. Die Kommission der NAS kam zu dem Schluss, dass eine Verdopplung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre gegenüber

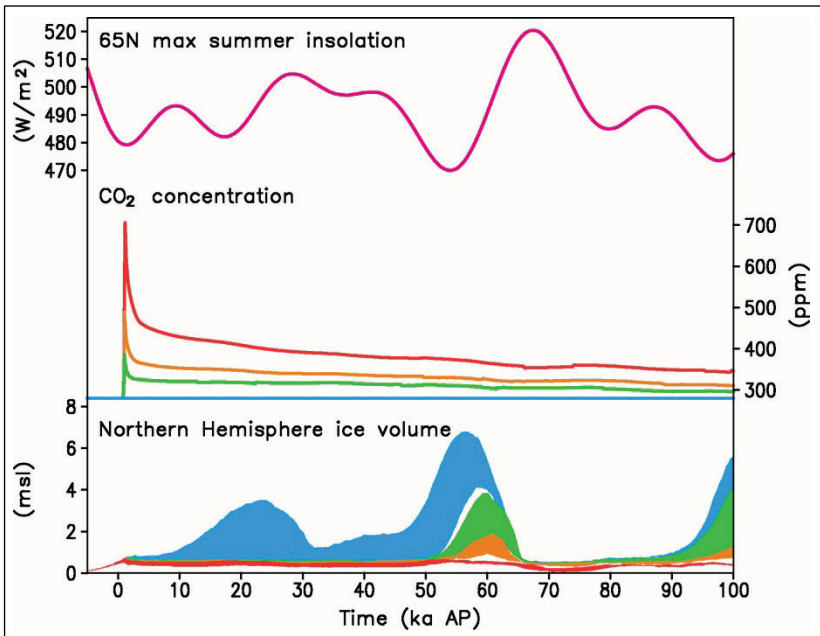


Abb. 2: Entwicklung der sommerlichen solaren Einstrahlung (als Energieflussdichte) in hohen nördlichen Breiten berechnet für die nächsten 100.000 Jahre (oberer Teil der Abbildung). Mit einem Klimasystemmodell berechnete CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bei Vorgabe unterschiedlicher Kohlenstoffemissionen: blaue Linie: 0 GtC, grüne Linie: 500 GtC, orange Linie: 1.000 GtC, rote Linie: 1.500 GtC (mittlerer Teil). Berechnetes Volumen der Eismassen der Nordhemisphäre angegeben in Änderung des Meeresspiegels (msl = meter sea level) (unterer Teil). Die Schattierungen liefern eine Abschätzung für die Ungenauigkeit des Modells. Abb. 2 stammt aus der Arbeit von Ganopolski et al. (2016) und wurde mit freundlicher Genehmigung von A. Ganopolski nachgezeichnet.

dem vorindustriellen Niveau zu einer globalen Erwärmung von etwa 1 ½ bis 4 ½ Grad führen könnte. Der obere Schätzwert lag erstaunlich nahe an dem von Svante Arrhenius bereits 1896 mit einem einfachen Modell berechneten Wert von 5 Grad (Arrhenius, 1896). 4 oder 5 Grad globale Erwärmung scheint ein geringer Wert zu sein. Tatsächlich entspricht diese globale Temperaturänderung in etwa dem globalen Temperaturunterschied zwischen dem Höhepunkt der letzten Eiszeit und der jetzigen Warmphase – das ist also eine recht kräftige Klimaänderung, insbesondere wenn sie sich nicht, wie beim Wechsel zwischen Eiszeiten und Warmphasen, innerhalb von Jahrtausenden abspielt, sondern innerhalb weniger Jahrhunderte.

Ebenfalls im Jahre 1979 fand die erste World Climate Conference statt. Und auch auf dieser Konferenz war der anthropogene Treibhauseffekt ein wichtiges Thema. Infolge der Diskussion wurde 1988 im Auftrag der UNEP (United Nation Environmental Programme) und der WMO (World Meteorological Organization) das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC), manchmal auch „Weltklimarat“ genannt, gegründet.

### **Der Kölner Dom steht im Wasser**

1986, also sieben Jahre nach dem Bericht der NAS-Kommission und der World Climate Conference, scheint die Diskussion über den anthropogenen Klimawandel auch in Deutschland angekommen zu sein, wenn man das Titelblatt des *Spiegel* betrachtet. Tatsächlich bezieht sich das Titelblatt auf einen Artikel, in dem der damalige Vorsitzende der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vor einem Klimawandel warnt, um für den Erhalt und Ausbau der Atomenergie zu plädieren. Atomkraftwerke stoßen, im Gegensatz zu Kohlekraftwerken, kein CO<sub>2</sub> aus. Infolge dieses Artikels im *Spiegel* hat die Klimadiskussion, die in Fachkreisen der Meteorologie bereits in den 1950er Jahren z. B. durch die Arbeiten von Professor Möller in München im Stillen begonnen hatte, die Öffentlichkeit erreicht.

Bemerkenswert ist auch hier wieder, dass die Medien den Stand des Wissens nicht wirklich angemessen wiedergegeben haben. Der „Weltklimarat“ (IPCC) kommt nach Sichtung des bis dato veröffentlichten wissenschaftlichen Wissens in seinem ersten Sachstandsbericht 1990 zum Ergebnis: „there is little observational evidence of a detectable anthropogenic influence on climate.“

## Vor uns die Sintflut

1995 berichtet der *Spiegel* über eine wesentliche Aussage des zweiten Sachstandsberichtes des IPCC, der schließlich 1996 veröffentlicht wird. Diese Aussage lautete: „the balance of evidence suggests a discernable human influence on the climate of the 20th century“ – in den Klimadaten ist schon etwas erkennbar. Diese Erkenntnis ging im Wesentlichen auf eine Arbeit des Gründungsdirektors des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, Klaus Hasselmann, zurück (Hegerl et al., 1996). Hasselmann und Mitarbeiter konnten nachweisen, dass die beobachtete Klimaentwicklung Ende des 20. Jahrhunderts nicht natürlichen Ursprungs sein könne, sondern signifikant durch einen externen Antrieb hervorgerufen worden sein müsse. In dem grundlegenden Aufsatz wurde betont, dass der Fehler dieser statistischen Analyse allerdings nicht bekannt sei, da die natürliche Klimavariabilität theoretisch abgeschätzt werden müsse. Dieser Nachsatz wurde damals oft übersehen.

## Die große Klimahysterie

Also war die – vor allem mediale – Diskussion um den Klimawandel nur Hysterie, nur lächerlich, wie die über eine dahinschmelzende Erde weinende Roy-Lichtenstein-Blondine auf einem Titelbild des *Spiegel* im Jahr 2007 anzudeuten scheint? Die betreffende Ausgabe des *Spiegel* erschien, nachdem sich der mediale Rummel um den vierten Sachstandsbericht des IPCC gelegt hatte. Einer der wichtigsten Sätze in diesem Bericht lautete: „Most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20<sup>th</sup> century is *very likely* due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentration.“ Dabei bedeutet *very likely* eine Irrtumswahrscheinlichkeit der Aussage von maximal 10 %. 2013 im fünften Sachstandsbericht des IPCC wurde aus dem *very likely* ein *extremely likely*, d. h. eine Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5 %.

## Human influence on the climate system is clear

... steht in der Summary for Policymakers des fünften Sachstandsberichts. Diese Summary fasst die Ergebnisse des wissenschaftlichen Sachstandsberichtes zusammen, wobei sämtliche Worte und Sätze der Summary – nicht des eigentlichen Sachstandsberichtes! – im Konsensverfahren von sämtlichen in der UN

vertretenen Regierungsdelegationen verabschiedet werden. Wieso kommen der IPCC und die Regierungen in der Bewertung des wissenschaftlichen Wissens zu der Zuversicht, dass der Mensch im Wesentlichen für die globale Erwärmung der letzten Dekaden verantwortlich ist? Dies liegt an zwei Punkten: Zum einen wissen wir aus Beobachtungen, dass das Klimasystem Wärme akkumuliert – vor allen Dingen im Ozean. Die Unsicherheit dieser Abschätzung ist in den letzten Jahren aufgrund verbesserter Messverfahren deutlich geringer geworden. Zum anderen kennen wir die Änderung der Klimaantreiber. Wir wissen recht genau, wie viel Energie durch verschiedene Antriebsänderungen, wie Emission von Treibhausgasen, Emission von Staub und natürlichen Änderungen, wie z. B. die Änderung des solaren Energiestromes, in das Klimasystem hineingebracht wird, und wir können den Fehler dieser Berechnung genauer als früher abschätzen. Theorie und Beobachtung passen zusammen.

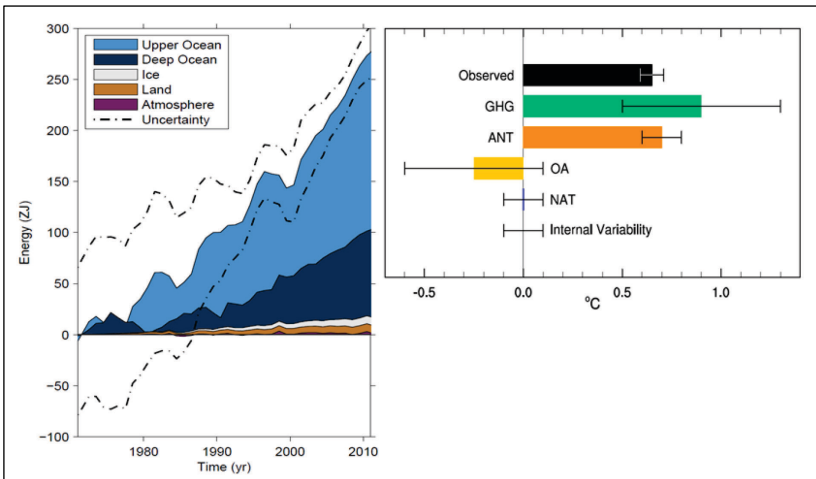


Abb. 3: Aus Messungen abgeschätzte Änderung des Energieinhaltes (in  $ZJ = 10^{21}$  Joule) verschiedener Komponenten des Klimasystems von 1971 bis 2010 (links). Die strichpunktierten Linien geben den Bereich der Unsicherheit der Schätzung an. Geschätzte Änderung der globalen Jahresmitteltemperatur (in  $^{\circ}C$ ) der bodennahen Luftschicht von 1951 bis 2010 (rechts). Oberer Balken: Messungen der Temperaturänderung, grüner Balken (GHG): Anteil der anthropogenen Treibhausgase an der globalen Temperaturänderung, gelber Balken (OA): Anteil anderer anthropogener Einflüsse, oranger Balken (ANT): Anteil sämtlicher anthropogener Einflüsse (GHG, OA kombiniert), NAT: Anteil natürlicher Antriebsänderungen wie Vulkanismus und solare Energieflussänderungen und Anteil der internen Variabilität. Die dünn ausgezogenen Balken geben die Unsicherheit der Schätzung an. Beide Abbildungen wurden dem IPCC-Sachstandsbericht (2013) entnommen: Box 3.1, Fig. 1 (links, Rhein et al., 2013), Fig. 10.5 (rechts, Bindoff et al., 2013).

## Aktuelle Diskussion in der Klimaphysik

Also gibt es keine Kontroversen in der wissenschaftlichen Diskussion über den Klimawandel mehr? Doch, die gibt es schon. Zum Beispiel ist der Einfluss von Luftpartikeln (Aerosol) auf die Wolkenbildung nur ungenau bekannt. Allerdings wird genau darüber, nämlich die Abschätzung der Ungenauigkeit, gestritten.

Ein weiteres Beispiel liefert die Überschätzung des globalen Erwärmungstrends der Jahre 1998 bis 2012 in Berechnungen der Klimaentwicklung der letzten 160 Jahre (Anmerkung: Bei diesen Berechnungen handelt es sich nicht um eine Anpassung von Modellen an Daten oder um Rekonstruktionen, sondern um Vorhersagen der Klimaentwicklung seit Beginn der Industrialisierung um etwa 1850, die bei Vorgabe des Klimas zu Beginn der Industrialisierung sowie der Entwicklung der Treibhausgase, der Landnutzung, der Vulkanaktivität und der Änderung des solaren Energieflusses durchgeführt werden.). Berechnete und rekonstruierte Klimaentwicklung stimmen gut überein. Allerdings berechnen fast alle Klimamodelle eine Erwärmung auch für den Zeitraum 1998 bis 2012, während in den Daten kein oder ein nur sehr geringer Erwärmungstrend auszumachen ist. Sind die Klimamodelle also falsch? Mein Kollege am Max-Planck-Institut für Meteorologie, Jochem Marotzke, und sein britischer Kollege Pierce Forster haben sämtliche berechneten und rekonstruierten 15-Jahres-Trends der letzten 160 Jahre analysiert und gezeigt, dass die Überschätzung des Erwärmungstrends der Jahre 1998 bis 2012 als zufällige Abweichung zu interpretieren ist und nicht auf einen systematischen Fehler der Modelle hinweist (Marotzke und Forster, 2015).

Weitere Fragen der Klimaphysik betreffen den Verbleib des anthropogen emittierten Kohlenstoffs. Zurzeit bleibt etwa die Hälfte dieses Kohlenstoffs in der Atmosphäre, ein Viertel geht in den Ozean und ein weiteres Viertel in die Vegetation. Ob dies weiterhin gilt, ist unklar. Insbesondere wird kontrovers diskutiert, wie stark die Kohlenstoffaufnahme der Vegetation durch Nährstoffmangel limitiert sein könnte. Die Konsequenzen dieser Diskussion betreffen dabei nicht die Existenz, sondern eher die graduelle Ausprägung des anthropogenen Klimawandels.



## Zusammenfassung

Die Theorie des anthropogenen Klimawandels – von der ersten quantitativen Abschätzung der Wirkung einer Verdoppelung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration auf das globale Klima durch Arrhenius 1896 bis zum Bericht der National Academy of Science im Jahre 1979 – war eine physikalisch gut begründete Spekulation, bis das Signal einer anthropogen globalen Erwärmung Ende des 20. Jahrhunderts in den Daten statistisch signifikant hervortrat. Mittlerweile passen Theorie und Daten zueinander, auch wenn nicht sämtliche Fragen bis ins Einzelne geklärt sind. Kontroversen in der Diskussion innerhalb der Klimawissenschaft, aber auch in der öffentlichen Diskussion um den anthropogenen Klimawandel haben bisher stets zu einer wissenschaftlichen Bestätigung der Theorie des anthropogenen Klimawandels geführt.

Die wissenschaftliche Diskussion um den Klimawandel wird von den Medien aber im Allgemeinen nicht angemessen wiedergegeben. Und dies ist plausibel: Es gibt einen Unterschied zwischen journalistischer und wissenschaftlicher Ausgewogenheit. Journalistische Ausgewogenheit fordert, dass jeder zu Wort kommen darf. Wissenschaftliche Ausgewogenheit fordert zudem, dass die Argumentation den strengen Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis folgen muss. Last, but not least sollte erwähnt werden, dass in so manchen Diskussionen, auch zum Thema Klimawandel, nach dem „Palmström-Prinzip“ argumentiert wird. In einem Gedicht von Christian Morgenstern wird Palmström mit den Worten zitiert: „Weil“, so schließt er messerscharf, „nicht sein kann, was nicht sein darf.“

## Literatur

Zitiert wurden die Titelbilder folgender Ausgaben:

- Bild der Wissenschaft, August 1979
- Der Spiegel, Nr.33, 11. August 1986
- Der Spiegel, Nr.12, 20. März 1995
- Der Spiegel, Nr.19, 7. Mai 2007

Der Bericht der „Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate“ der National Academy of Science zum Thema „Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment“ kann eingesehen werden unter: <http://www.nap.edu/catalog/12181.html>

Sämtliche IPCC-Berichte stehen unter <http://www.ipcc.ch> online zur Verfügung.

Folgende Aufsätze wurden zitiert:

- Arrhenius, S.: On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. In: The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 41 (1896), S. 237–276.
- Bindoff, N. L., Stott, P. A. et al.: Detection and attribution of climate change: from global to regional. In: Climate Change 2013: The Physical Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T. F., Qin, D. et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge/United Kingdom, and New York, NY/USA, 2013 (im Weiteren: Climate Change 2013).
- Ganopolski, A., Winkelmann, R. & H. J. Schellnhuber: Critical insolation-CO<sub>2</sub> relation for diagnosing past and future glacial inception. In: Nature, 529 (2016), S. 200–204.
- Hegerl, G. C., von Storch, H., Hasselmann, K., Santer, B. S., Cubasch, U. & P. D. Jones: Detecting greenhouse-gas induced climate change with an optimal fingerprint method. In: Journal of Climate, 9 (1996), S. 2281–2306.
- Marotzke, J. & P. M. Forster: Forcing, feedback and internal variability in global temperature trends. In: Nature, 517 (2015), S. 565–570.
- Rhein, M., Rintoul, S. R. et al.: Observations. In: Climate Change 2013.