

# Treibhaus Erde

*Prof. Dr. Stefan Rahmstorf*



*Prof. Dr. Rahmstorf forscht am Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung, ist Professor für Physik der Ozeane an der Universität Potsdam, Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung und Leitautor des IPCC.*

Peking, Ende Oktober 2004. Wissenschaftler aus aller Welt haben sich getroffen, um die Folgen des Klimawandels für die verschiedenen Regionen der Erde zu diskutieren. Welche Ökosysteme, welche Gesellschaften sind am verwundbarsten? Ab welchem Grad der Erwärmung wird es vor Ort kritisch? Ein Fachvortrag folgt auf den anderen. Wir hören Berichte aus dem Himalaya, aus dem südlichen Afrika, aus den Anden, von den Pazifikinseln, aus China, Russland und den USA, vom indischen Subkontinent, aus der Sahelregion und dem Mittelmeerraum, aus Australien und Amazonien. Diagramme, Zahlen, Ergebnisse vieler Regionalstudien – ein eindrucksvoller, wenig optimistisch stimmender Reigen.

Auch die zum damaligen Zeitpunkt noch nicht öffentlichen Ergebnisse der neuen großen Arktis-Studie, des ‚Arctic Climate Impact Assessment‘<sup>1</sup> (dessen Publikation auf Druck der USA bis nach den dortigen Präsidentschaftswahlen verschoben worden war) werden vorgetragen. Über 300 Wissenschaftler haben in mehrjähriger Arbeit dokumentiert: Die Arktis erwärmt sich doppelt so schnell

wie der Rest der Erde. Die Fläche des arktischen Meereises ist in den letzten Jahrzehnten um 15–20% geschrumpft, die Schneedecke hat um 10% abgenommen, die Gletscher in der Region schwinden und das Abschmelzen des Eisschildes auf Grönland hat sich überraschend stark beschleunigt.



*Der Mueller-Gletscher (im Vordergrund) auf der Südinsel Neuseelands schmilzt zusammen, wie die meisten Gletscher der Erde. (Foto: S. Rahmstorf)*

Doch mehr als alle Zahlen bewegt mich, was zwei Vertreter der Inuit in kleiner Runde über die Vorgänge in ihrer Heimat erzählen. Seen verschwinden, weil der Permafrostboden darunter taut und das Wasser versickert. Stürme erodieren ihre Küsten, weil der Schutz durch die Eisdecke fehlt – die Ortschaft Shishmaref muss deshalb bereits umgesiedelt werden. Sie berichten von Freunden, die ihre Beine oder auch ihr Leben verloren haben, weil sie auf seit Generationen benutzten Jagdrouten durch das Eis gebrochen sind. Auch ihre Jagdbeute hat sich verändert – Karibus machen einen kranken Eindruck, und ihre Felle sind zu dünn geworden, um sie für Kleidung zu verwenden. Eisbären sind immer seltener anzutreffen und weniger gesund.

Zwei Wochen nach der Konferenz in Peking wird die Arktis-Studie veröffentlicht, und eine Kollegin schickt mir Zeitungsartikel aus den USA dazu. Dort werden die Ergebnisse von Kommentatoren in Zweifel gezogen und die starke Erwärmung der Arktis – ganz im Gegensatz zur eindeutigen Folgerung der Wissenschaftler – einem natürlichen Zyklus angelastet. Don Young, der Kongressabgeordnete von Alaska, nannte die Studie laut Anchorage Daily News *Munition für Angstmacher*. „Meine größte Sorge ist, dass Leute diese so genannte

*Studie benutzen, um unseren Lebensstil und Lebensstandard in den Vereinigten Staaten zu beeinflussen,*“ sagte Young demnach.

## **Globale Erwärmung: einige Fakten**

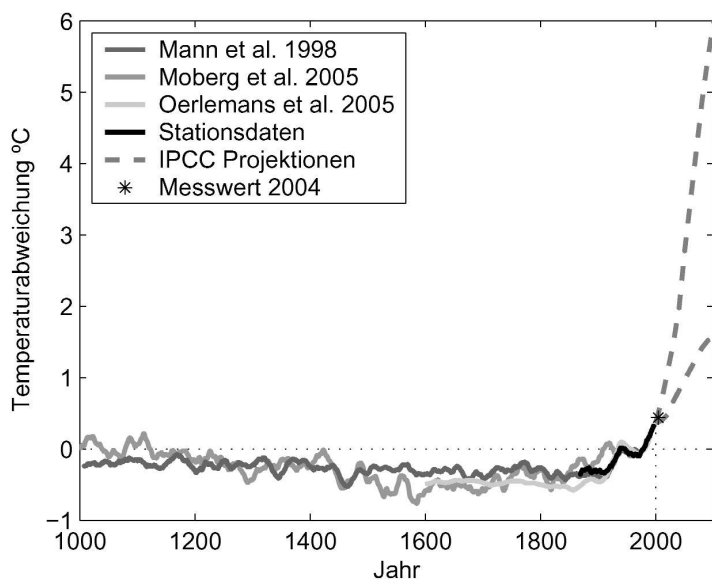
Rekapitulieren wir daher nochmals die wesentlichen Fakten der globalen Erwärmung. Einige wichtige Kernaussagen haben sich in den abgelaufenen Jahrzehnten der Klimaforschung so weit erhärtet, dass sie unter den aktiven Klimaforschern allgemein als gesichert gelten und nicht mehr umstritten sind. Zu diesen Kernaussagen gehören:

1. Die Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre ist seit ca. 1850 stark angestiegen, von dem für Warmzeiten seit mindestens 700.000 Jahren typischen Wert von 280ppm auf inzwischen 380ppm.
2. Für diesen Anstieg ist der Mensch verantwortlich, in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, in zweiter Linie durch Abholzung von Wäldern.
3. CO<sub>2</sub> ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert: Ein Anstieg der Konzentration führt zu einer Erwärmung der oberflächennahen Temperaturen. Bei einer Verdoppelung der Konzentration liegt die Erwärmung im globalen Mittel sehr wahrscheinlich zwischen 1,5 und 4,5°C.
4. Das Klima hat sich im 20. Jahrhundert deutlich erwärmt (global um ca. 0,6°C, in Deutschland um ca. 1°C); die Temperaturen der abgelaufenen zehn Jahre waren global die wärmsten seit Beginn der Messungen im 19. Jahrhundert und seit mindestens mehreren Jahrhunderten davor.
5. Der überwiegende Teil dieser Erwärmung ist auf die gestiegene Konzentration von CO<sub>2</sub> und anderen anthropogenen Gasen zurückzuführen; ein kleinerer Teil auf natürliche Ursachen, u.a. Schwankungen der Sonnenaktivität.

Diese Erkenntnisse beruhen auf Jahrzehnten von Forschungsarbeit und Tausenden von Studien.<sup>2</sup> Sie beruhen auf unzähligen Messdaten und soliden Erkenntnissen der Physik – es ist daher praktisch undenkbar, dass sie durch einige neue Resultate auf einmal umgestoßen werden könnten.

Zudem sind in den letzten Monaten oder Jahren auch gar keine neuen Forschungsergebnisse publiziert worden, die den menschlichen Einfluss auf das Klima in Frage stellen – ganz im Gegenteil wurde er immer mehr erhärtet. Hier gibt es leider in den Medien immer wieder regelrechte Gespensterdiskussionen, die von den wissenschaftlichen Fakten weitgehend losgelöst sind. *Die Welt* titelte z.B. am 10.2.2005: „*Geringerer Einfluss des Menschen*“ – die Forscher, über deren Studie berichtet wurde, hatten aber gar nichts dergleichen gefolgert. Ihre Daten zeigten u.a., dass die derzeitigen Temperaturen auf der Nordhalbkugel wahrscheinlich die wärmsten seit mindestens 2000 Jahren sind.<sup>3</sup> Und in einer führenden österreichischen Zeitung wurde ich mit den Worten zitiert, der menschliche Einfluss auf das Klima stünde wieder in Frage. Das Zitat war ebenso frei erfunden wie unsinnig.

Aus den obigen Punkten eins bis drei folgt, dass die bislang schon sichtbare Klimaänderung nur ein kleiner Vorbote viel größerer Veränderungen ist, die bei einem ungebremsten weiteren Anstieg der Treibhausgaskonzentration eintreten werden. Bei Annahme einer Reihe plausibler Szenarien für die künftigen Emissionen und unter Berücksichtigung der verbleibenden Unsicherheiten in der Berechenbarkeit des Klimasystems rechnet der UN-Klimabeirat IPCC in seinem letzten Bericht mit einem globalen Temperaturanstieg von 1,4 – 5,8°C bis zum Jahr 2100 (über das Niveau von 1990 hinaus).<sup>4</sup> Dabei sind nach neueren Studien auch noch höhere Werte nicht ausgeschlossen, wenn es zu verstärkenden Rückkopplungen im Kohlenstoffkreislauf kommen sollte.



Die Klimaentwicklung auf der Nordhalbkugel im letzten Jahrtausend und der Zukunft. Graue Kurven zeigen Rekonstruktionen aus Proxydaten (Baumringen, Sedimentkernen usw.), die kürzere Kurve (ab 1600) beruht auf der Ausdehnung von Gebirgsgletschern. Die schwarze Kurve zeigt Messdaten ab dem Jahr 1860. Die gestrichelten Kurven zeigen die Spannweite der diversen IPCC-Szenarien bis zum Jahr 2100.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist die Globalisierung negativer Folgen par excellence: Wer im Auto, Heizung oder Kraftwerk fossile Brennstoffe verbrennt, hat den Nutzen hier und heute. Die Folgen sind dagegen über den ganzen Erdball und über viele Jahre in die Zukunft verteilt. Denn CO<sub>2</sub> ist ein langlebiges, in der Atmosphäre global gut vermischtes Treibhausgas. Das meiste heute emittierte CO<sub>2</sub> wird auch in Jahrzehnten noch in der Atmosphäre sein – 7% davon sogar noch in 100.000 Jahren.

## Die Folgen der Erwärmung

Zurück zu den Folgen des Klimawandels. Diese lassen sich weniger sicher vorhersagen als die oben genannte Grundtatsache der globalen Erwärmung – Überraschungen sind keinesfalls ausgeschlossen. Regionale Effekte, Extremereignisse, Niederschlagsverteilungen – all diese Dinge sind weniger gut berechenbar als die globale Mitteltemperatur. Dennoch kann man auch über die wahrscheinlichen Folgen einiges sagen.

Die oben besprochene Arktis-Studie prognostiziert das völlige Verschwinden des arktischen Meereises im Sommer noch vor Ende diesen Jahrhunderts. In ihrer Lebensweise vom Eis abhängige Tierarten werden dadurch vom Aussterben bedroht – etwa Eisbären, Walrosse, und einige Arten von Seehunden und Seevögeln. Doch nicht nur die Ökosysteme in der Arktis und die Lebensweise der Inuit sind durch die globale Erwärmung stark bedroht. Viele Biologen befürchten in diesem Jahrhundert ein Massensterben von Tier- und Pflanzenarten, oder im Fachjargon: einen dramatischen Verlust an Biodiversität. Nach Hochrechnung einer internationalen Forschergruppe könnten gar 15–37% aller Arten um das Jahr 2050 durch den Klimawandel zum Aussterben verdammt sein.<sup>5</sup>

Zu den ersten Betroffenen gehört die alpine Flora und Fauna, die auf den Bergspitzen wie auf kleinen Inseln der Kälte in einem Meer der Wärme lebt. Diese Arten können sich nur in noch größere Höhen zurückziehen – bis sie den Gipfel erreichen und ‚in den Himmel kommen‘, wie der österreichische Biologe Georg Grabherr es ausdrückte. Beispiel Neuseeland: Bei einer Erwärmung um 3°C würden dort 80% der hochalpinen ‚Klimainseln‘ verschwinden. Ein Drittel bis die Hälfte der dort bekannten 613 alpinen Pflanzenarten könnten aussterben.

Auch viele Menschen werden an den Folgen der Erwärmung wahrscheinlich schwer zu tragen haben. In den Anden werden durch das Verschwinden der Gebirgsgletscher voraussichtlich Flüsse versiegen. Dies dürfte zu großen Problemen mit der Wasserversorgung für die Landwirtschaft und für Perus Hauptstadt Lima führen. In den Tälern des Himalaya muss durch das Abschmelzen des Eises mit gefährlichen Sturzfluten durch das Ausbrechen von Gletscherseen gerechnet werden. Dürren oder Extremereignisse gefährden an vielen Orten gerade in wärmeren Klimazonen die landwirtschaftliche Produktion und wirtschaftliche Entwicklung. Auch der globale Meeresspiegelanstieg (15–20 cm im 20. Jahrhundert – er hat sich nach neuesten Satellitenmessungen inzwischen auf 3 mm/Jahr beschleunigt<sup>6</sup>)

– gefährdet bereits jetzt einige tiefliegende Inseln wie Tuvalu. Er wird auf längere Sicht (in einigen Jahrhunderten) voraussichtlich mehrere Meter betragen. Damit wird es gerade die ärmeren Länder am härtesten treffen, die am wenigsten zur Erderwärmung beigetragen haben – ein Schluss, zu dem u.a. auch das IPCC<sup>7</sup> und der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU)<sup>8</sup> kommen.

Viele Menschen in den Industriestaaten, aber noch mehr in den wesentlich verwundbareren Entwicklungsländern, sind sich über den Klimawandel und seine Folgen erschreckend wenig im klaren.

## **Gegenmaßnahmen**

Seit 1992 gibt es eine völkerrechtlich verbindliche Konvention zum Klimaschutz, die ‚United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)‘. Artikel 2 dieser Konvention verpflichtet die Staaten der Erde, die Treibhausgaskonzentration auf einem Niveau zu stabilisieren, das einen gefährlichen menschlichen Eingriff in das Klimasystem vermeidet. Das 1997 verabschiedete Kyoto-Protokoll zur UNFCCC, das den Industriestaaten als Hauptverursachern des Klimawandels bestimmte Reduktionen ihrer Emissionen vorschreibt, ist nach langem politischen Tauziehen dieses Jahr endlich in Kraft getreten. Alle Industriestaaten außer Australien und den USA haben das Protokoll ratifiziert. Dabei ist allgemein bekannt, dass das Kyoto-Protokoll trotz seiner historischen Bedeutung nur ein erster kleiner Schritt in Richtung Klimaschutz ist und dass dringend über die weiteren Schritte nachgedacht werden muss.

Die EU hat sich die Begrenzung der globalen Erwärmung auf maximal 2°C über dem vorindustriellen Niveau zum Ziel gesetzt – ein meines Erachtens gerade noch vertretbares und gerade noch erreichbares Ziel. Angesichts der bereits erfolgten Erwärmung um 0,7°C bedeutet dies eine weitere Erwärmung um 1,3°C. Fast die Hälfte dieser weiteren Erwärmung wird auch dann stattfinden,

wenn wir sofort die Konzentration der Treibhausgase stabilisieren (also die Emissionen weltweit um 50–60% vermindern), weil das Klimasystem träge ist und noch verzögert auf den bereits erfolgten Anstieg der Konzentration reagiert.

Daher muss rasch und entschieden gehandelt werden, um das EU-Klimaziel noch zu erreichen. Einen weiteren Schneckengang, wie die 13 Jahre zwischen Verabschiedung der UNFCCC und dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls, können wir uns nicht leisten. Dabei gibt es bereits ökonomisch durchgerechnete Szenarien, wie die Emissionen in den nächsten Jahrzehnten ausreichend heruntergefahren werden können. Was viele überraschen wird: Dies wäre machbar und wahrscheinlich nicht einmal teuer, wenn dabei drei Voraussetzungen eingehalten werden.<sup>9</sup> Erstens muss die Effizienz bei der Nutzung fossiler Energiequellen erheblich gesteigert werden. Zweitens muss der Ausbau der erneuerbaren Energien entschieden vorangetrieben werden. Und drittens sollte, um Zeit bis zur vollen technologischen Reife der Sonnenenergienutzung zu gewinnen, Kohlendioxid aus Kraftwerken abgefangen und sicher im Untergrund gespeichert werden. So kann der Strukturwandel zu einer CO<sub>2</sub>-freien Energieversorgung rechtzeitig gelingen. Dabei würden unsere Nachfahren am Ende der Umbauphase, also in rund 100 Jahren, ökonomisch nicht merklich schlechter dastehen als ohne Energiewende, selbst wenn man die Schäden durch den Klimawandel gar nicht einrechnet. Dies hat u.a. ein vom WBGU analysiertes Szenario ergeben.<sup>10</sup> Auch im Laufe dieser Umbauphase würde der Konsum nur wenige Prozent unter dem sonst zu erwartenden Niveau liegen.

Anders ausgedrückt: Wenn wir nur einen kleinen Bruchteil des *Zuwachses* an Wohlstand investieren, den wir in den kommenden Jahrzehnten erwarten dürfen, dann können wir den Klimawandel bremsen und stoppen. Ähnliche Situationen hat es in der Menschheitsgeschichte immer wieder gegeben. Neue Technologien und Wirtschaftsweisen haben mehrfach zu unerwarteten Problemen ge-

führt, ob es der berüchtigte Londoner Smog in den 1950er Jahren oder das Ozonloch war. Immer hieß es zunächst, die Lösung des Problems sei zu teuer und würde der Wirtschaft schaden. Schließlich wurden dann doch erfolgreich Gegenmaßnahmen ergriffen. Nur wenn wir vor den Folgeproblemen wirtschaftlich-technischer Entwicklung nicht kapitulieren, kann Technologie langfristig ihr eigentliches Ziel erreichen: mehr Menschen ein gutes, gelingendes Leben zu ermöglichen, ohne unseren schönen Heimatplaneten zu verwüsten.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter [www.ozean-klima.de](http://www.ozean-klima.de)

### Verweise im Text

1. Correll, R. et al. (2004): *Impacts of a Warming Arctic*. Cambridge University Press, Cambridge. [www.acia.uaf.edu](http://www.acia.uaf.edu)
2. Weart, S. R. (2003): *The discovery of global warming*. Harvard University Press, Harvard.
3. Moberg, A., Sonechkin, D. M., Holmgren, K., Datsenko, N. M. & Karlen, W. (2005): *Highly variably Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data*. *Nature* 433, 613-617.
4. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (ed.) (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
5. Thomas, C. et al. (2004): *Extinction risk from climate change*. *Nature* 427, 145-148.
6. Cazenave, A. & Nerem, R. S. (2004): *Present-day sea level change: observations and causes*. *Reviews of Geophysics* 42, 20, Washington.
7. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (ed.) (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
8. WBGU – Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2005): *Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. [www.wbgu.de/wbgu\\_jg2004.html](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2004.html)
9. Edenhofer, O. (2003): *Wege zu einer nachhaltigen Klima- und Energiepolitik*. *Aus Politik und Zeitgeschichte* 18-26, Bonn. [www.bpb.de](http://www.bpb.de)
10. WBGU – Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2003): *Welt im Wandel – Energiewende zur Nachhaltigkeit*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. [www.wbgu.de/wbgu\\_jg2003.html](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2003.html)

