

Die Klimadebatte

Zwischen Katastrophe und Verharmlosung

Quelle: *Universitas* 52, Seite 983-990, Okt. 1997

Christian-Dietrich Schönwiese

Die öffentliche Klimadebatte scheint sich zu verselbständigen. Abgehoben von den Erkenntnissen der Fachwissenschaftler reden die einen von der "Klimakatastrophe", die uns demnächst mit voller Wucht treffen wird, wenn wir nicht sofort alles ganz anders machen; Panik ist ihnen das rechte Mittel, Aufmerksamkeit zu erregen. Die anderen sehen im "Klimaschwindel" einen Vorwand für Forschungsgelder und zusätzliche Steuerbelastung der Wirtschaft; ihre Strategie ist Verwirrung und Verharmlosung. Mit der Fixierung auf solche Extrempositionen werden wir den Herausforderungen der Zukunft sicherlich nicht gerecht. Höchste Zeit für eine Versachlichung und für einen klärenden Beitrag zum Verwirrspiel "Klima".

Vielleicht hätte sich die Öffentlichkeit um die Klimadebatte gar nicht gekümmert, wären da nicht zwei brisante, miteinander gekoppelte Fakten:

- Die Menschheit ist hochgradig von der Gunst des Klimas abhängig.
- Die Menschheit ist mehr und mehr dazu übergegangen, das Klima auch selbst zu beeinflussen.

Das zweite Faktum, die anthropogene Klimabeeinflussung, wird in der Wissenschaft seit mindestens einem Jahrhundert intensiv untersucht und es gibt mittlerweile Tausende von Fachpublikationen dazu. Erst ungefähr im letzten Jahrzehnt ist der Funke der Klimadebatte auch in die Öffentlichkeit übersprungen, um dort Gegenstand zunehmend kontroverser Auseinandersetzungen zu sein.

Titelte vor rund einem Jahrzehnt noch DER SPIEGEL (11.08.1996) "Die Klimakatastrophe - ... Pol-Schmelze, Treibhaus-Effekt: Forscher warnen", und dies vor der eindrucksvollen, aber völlig verfehlten Bild-Kollage des im Ozean versinkenden Kölner Doms, so weiß nun DIE ZEIT (25.07.1997) "Der Treibhauseffekt ist ein Märchen" und "Den Meteorologen ist die Katastrophe abhanden gekommen". Nichts gegen ein Hinterfragen derzeitig vorherrschender Meinungen und sachlich begründete Kritik. Wer aber wissenschaftliche Grundtatsachen laienhaft auf den Kopf stellt, und dazu möglicherweise auch noch im Schafspelz des Besserwissers, der erweist der Öffentlichkeit einen Bärendienst; denn obwohl es an kompetenten populärwissenschaftlichen Darstellungen zum Klimaproblem eigentlich nicht mangelt, ist der Laie einfach überfordert, wenn er die Kompetenz der jeweiligen Schreiber und Redner beurteilen bzw. aus dem Zusammenhang gerissene Einzelaussagen richtig interpretieren und einordnen soll.

Ein Kriterium, das eigentlich immer Verdacht erregen sollte, ist die aggressive oder ironische Wortwahl. Wer das nötig hat, um dessen Kompetenz ist es meistens nicht gut bestellt. Als Wissenschaftsjournalist gerät er dann in den Verdacht, nicht informieren, sondern ideologisieren zu wollen. Ein weiteres Kriterium ist die maßlose Über- oder Untertreibung, die in der Klimadebatte zu den Extrempositionen "Klimakatastrophe" - sicheren Auges in den Weltuntergang - und Verharmlosung - alles nur "Schwindel" und kein Grund zur

Beunruhigung - geführt hat. Auf diese Weise werden wir dem so komplizierten Klimaproblem sicher nicht gerecht, und auch nicht unserer Verantwortung für die Umwelt.

Beim Anzweifeln schon der einfachsten klimatologischen Grundtatsachen kann es nur wenig trösten, daß einige auch immer noch an den Umlauf der Sonne um die Erde oder das Perpetuum Mobile glauben. Zu den klimatologischen Grundtatsachen

aber gehört, daß jeder Eingriff der Menschheit in die Stoff- und Energieflüsse unserer Erde auch unweigerlich zu Klimaänderungen führen muß. Der Ausstoß von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan und vielen anderen (Energienutzung, Verkehr, Landwirtschaft, Industrie) ist dafür ein Beispiel, ein anderes ist das sich vom Umland deutlich unterscheidende "Stadtklima". Fraglich sind dabei allein die genauen quantitativen und regionalen Ausprägungen der Klimaänderungen, allerdings auch die häufig übergangene Relation zu den natürlichen Klimafaktoren. Der Mensch steht in Konkurrenz zu Natur, und es macht wenig Sinn, das eine ohne das andere betrachten zu wollen.

Das beginnt schon beim "Treibhauseffekt", der ebenfalls eine natürliche und eine anthropogene Komponente aufweist. Es läßt sich sehr rasch ausrechnen, daß ohne Atmosphäre und somit ohne Treibhausgase bei derzeitiger Sonneneinstrahlung die Erdoberfläche eine Gleichgewichtstemperatur von -18 °C annehmen würde, während tatsächlich $+15\text{ °C}$ beobachtet werden (bodennahe Lufttemperatur, die im Mittel von der Erdoberflächentemperatur nicht stark abweicht). Diese häufig zitierte Temperaturdifferenz von 33 °C , zu der es übrigens bei schrittweiser Herausnahme der dafür verantwortlichen Gase Wasserdampf, Kohlendioxid usw. auch alternative Berechnungen gibt, weil sich dabei die Erdoberflächeneigenschaften ändern würden, ist jedoch für die Diskussion der anthropogenen Eingriffe gar nicht so wichtig. Es geht vielmehr um die aufgrund dieser anthropogenen Eingriffe wirksamen physikochemischen Prozesse, die selbstverständlich mit dem Glas eines echten Treibhauses nichts zu tun haben, und darauf aufbauend um die Berechnung der anthropogenen Störung des derzeitigen Klimazustandes, der sich bezüglich der bodennahen Weltmitteltemperatur durch den schon genannten Wert von $+15\text{ °C}$ zusammenfassend kennzeichnen läßt. Und dabei, nämlich beim anthropogenen Treibhauseffekt, spielt im Gegensatz zum natürlichen Treibhauseffekt, bei dem die Rolle des Wasserdampfes dominierend ist, das Kohlendioxid mit einem Anteil von etwa 60% die Hauptrolle, sofern die direkten Klimaeffekte in einer säkularen zeitlichen Größenordnung zur Debatte stehen.

Es ist nämlich so, daß jede klimarelevante Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre die dortigen Strahlungsflüsse und somit die Temperatur - aber über die Zirkulation von Atmosphäre und Ozean auch alle anderen Klimaelemente - verändert. Die Situation wird allerdings dadurch verkompliziert, daß auch das veränderte Klima auf die Zusammensetzung der Atmosphäre Einfluß nimmt. Es gibt somit eine Wechselbeziehung zwischen der Zusammensetzung der Atmosphäre und deren Temperatur. Und je nach zeitlicher Größenordnung und Charakteristik der Klimaprozesse ist dabei Kohlendioxid einmal Ursache und ein anderes Mal Effekt. In der Größenordnung, in der sich das Wechselspiel der Eis- und Warmzeiten abspielt, beispielsweise, also im Lauf der Jahrhunderttausende, haben die primär von den Variationen der Erdumlaufbahn um die Sonne gesteuerten Klimareaktionen auch Änderungen der atmosphärischen Zusammensetzung bewirkt, wobei unter anderem mehr Kohlendioxid im Ozean gebunden und die atmosphärische Konzentration entsprechend niedriger lag. In grauer Vorzeit, vor allem in der ersten Jahrmilliarde der Erdgeschichte, war Kohlendioxid dagegen sogar das dominante Gas der Erdatmosphäre (wie heute noch auf der Venus); entsprechend hoch lag damals auch die bodennahe Lufttemperatur: Erst vor 3,2 Milliarden Jahren, 1,4 Milliarden nach der

Entstehung der Erde, ist die bodennahe Weltmitteltemperatur dann deutlich unter 100 Grad abgesunken und hat daher dem Wasserdampf ermöglicht, zu kondensieren und die Ozeane zu bilden.

Auf der anderen Seite ist unzweifelhaft, daß der Mensch seit Beginn des Industriezeitalters die Zusammensetzung der Atmosphäre geändert hat. Allein durch die Nutzung der fossilen Energie (Kohle, Erdöl, Erdgas), einschließlich Verkehr, sowie durch Waldrodungen bringt er derzeit pro Jahr fast 30 Milliarden zusätzliches Kohlendioxid in die Atmosphäre, und das muß schon aus prinzipiellen physikalischen Gründen zu weltweiten Klimaänderungen führen. Der daraus resultierende Kohlendioxid-Konzentrationsanstieg ist übrigens nicht nur durch Messungen auf dem Mauna Loa erwiesen, sondern durch eine Vielzahl weiterer Messungen von der Arktis bis zum Südpol sowie durch unterschiedliche Rekonstruktionsmethoden, die sich alle gegenseitig - im Rahmen der Meßgenauigkeit - bestätigen.

Zur Abschätzung der Klimareaktion darauf gibt es mittlerweile eine große Palette von einfachen bis hochkomplizierten Klimamodellen, die dazu geeignet sind, den daraus resultierenden anthropogenen Zusatztreibhauseffekt zu berechnen. Weil dabei nicht nur Kohlendioxid zu berücksichtigen ist, behilft man sich mit der sogenannten äquivalenten Kohlendioxid-Konzentration der Atmosphäre, die auch die weiteren Treibhausgase mit einbezieht und die bei mittlerer Trendfortschreibung um die Mitte des kommenden Jahrhunderts eine Verdoppelung gegenüber dem vorindustriellen Niveau erreichen könnte, wie es noch um etwa 1800 bestanden hat. Der dadurch bewirkte Strahlungsantrieb, eine Schlüsselgröße zur Errechnung von Klimaänderungen, beträgt $4,4 \text{ W/m}^2$ (Watt pro Quadratmeter). Das ist zwar wenig im Vergleich zur effektiven mittleren Sonneneinstrahlung von rund 340 W/m^2 (ein Viertel der außerhalb der Atmosphäre einfallenden Sonnenstrahlung von rund 1370 W/m^2 , da die Einstrahlung nur auf die Querschnittsfläche einwirkt, die Abstrahlung aber über die gesamte Kugeloberfläche der Erde erfolgt). Jedoch ist diese Störung groß genug, um nach vielen Modellrechnungen - ohne Rückkopplungen und ohne indirekte Effekte - eine Erhöhung der bodennahen Weltmitteltemperatur um $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ zu bewirken. Und das ist wiederum viel im Vergleich mit den natürlichen Klimaschwankungen der letzten 10 000 Jahre, die - wie beim Klima üblich jeweils mindestens mehrjährig gemittelt - diesen Temperaturwert nie um mehr als ungefähr 1 bis $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ überschritten haben.

Bei Berücksichtigung der indirekten Effekte und Rückkopplungen, etwa durch Wasserdampf und Wolken, steigen jedoch sowohl die abgeschätzten Erwärmungsraten als auch die Unsicherheiten. Das UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gibt in seinem letzten Statusbericht (1996) auf der Grundlage der neuesten, besonders aufwendigen atmosphärisch-ozeanischen Zirkulation-Klimamodelle diese Erwärmung (als Reaktion auf eine Verdoppelung der Treibhausgaskonzentrationen, genauer der äquivalenten atmosphärischen CO_2 -Konzentration) im Gleichgewicht mit $2,1$ bis $4,6 \text{ }^\circ\text{C}$ an, gegenüber $1,9$ bis $5,2 \text{ }^\circ\text{C}$ in seinem früheren Bericht aus dem Jahr 1990. Das bedeutet ganz offensichtlich keine "Entwarnung", wie gelegentlich in den Medien behauptet wird. Es sind jedoch in den letzten Jahren mehr und mehr sog. transiente Klimamodellrechnungen dazugekommen, die mit den Gleichgewichtsberechnungen nicht verwechselt werden dürfen. Dabei bedeutet transient, daß die im Klimasystem immer wirksamen Zeitverzögerungen berücksichtigt werden, die Klimareaktion gegenüber dem Gleichgewicht also nachhinkt und dann logischerweise geringer ausfällt. Für diese transiente Reaktion wird im letzten IPCC-Bericht $1,5$ bis $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ Temperaturerhöhung angegeben - wieder als Reaktion auf eine Verdoppelung der Treibhausgaskonzentrationen gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Obwohl die entsprechenden regional-jahreszeitlichen Klimaänderungen, ganz besonders auch der über die Temperatur hinaus gehenden Klimaelemente, eigentlich in ihren Auswirkungen

wichtiger sind, ist es trotzdem sinnvoll, sich an den global gemittelten Temperaturvariationen zu orientieren, um die Übersicht nicht zu verlieren und auch, weil diese Abschätzungen quantitativ - im Rahmen der stets anzugebenden Unschärfen - relativ verlässlich sind. (Bei der Schätzung der bodennahen globalen Mitteltemperatur aus direkten Meßdaten werden, ausgehend von einer Vielzahl von Messungen an einzelnen den einzelnen Stationen, statistisch-mathematische Interpolationsverfahren verwendet, was wegen der geringen Fehlerbelastung und der guten räumlichen Repräsentanz in diesem Fall sehr unproblematisch und genau funktioniert.)

Nun kommt aber der überaus wichtige Punkt hinzu, daß das Klima nicht nur auf Treibhausgase reagiert, sondern auf viele Klimafaktoren, anthropogene wie natürliche. Entsprechend kompliziert ist sein zeitlich-räumliches Variationsverhalten. Deswegen ist es angebracht, auch sog. multiple Klimamodellrechnungen, unter Berücksichtigung aller in der jeweiligen zeitlich-räumlichen Größenordnung wirksamen Klimafaktoren durchzuführen und nicht zuletzt auch alle Informationen zu nutzen, die in den Beobachtungsdaten stecken; denn genau dort spiegelt sich die ganze Vielfalt der anthropogenen und natürlichen Klimabeeinflussung wider. Die vielleicht schwierigste Herausforderung der Klimadebatte ist daher, die sog. Klimasiganale, d.h. die auf die einzelnen Ursachen zurückgehenden Klimaeffekte separat sowie simultan (d.h. in ihrem Zusammenwirken) zu simulieren und in den Klima-Beobachtungsdaten aufzuspüren, insbesondere die Einflüsse von Mensch und Natur im Gesamt-Klimageschehen, dem sog. Klimarauschen, zu trennen.

Von 1854 bis 1995 ist die bodennahe Weltmitteltemperatur um 0,6 °C mit einer Unschärfe von wenig mehr als 0,1 °C angestiegen und hat nach 1983, 1987/88 und 1990 auch 1995 wieder einen neuen Rekordwert erreicht; der 1996-Wert lag im Rahmen der überlagerten Fluktuationen leicht darunter. Es gibt somit, und für den Klimatologen ist das selbstverständlich, nicht nur Langzeittrends, die übrigens regional ganz unterschiedlich - zum Teil gegenläufig - in Erscheinung treten, sondern auch vielfältige überlagerte Fluktuationen und Kurzfristanomalien, die alle ihre eigenen Ursachen haben. Außerdem ist der beobachtete global gemittelte und zeitlich geglättete Temperaturanstieg der letzten gut 100 Jahre allein noch kein Grund zur Aufregung, weil es ähnliche Variationen in der Klimavergangenheit immer wieder gegeben hat.

Der vielleicht wichtigste Fortschritt der Klimaforschung der jüngsten Zeit besteht nun aber darin, daß durch die Kombination des anthropogenen "Treibhauseffektes" mit dem ebenfalls anthropogen verursachten, aus der Schwefeldioxidemission stammenden kühlenden Sulfat-"Kühlhauseffekt" das langfristige Fluktuationsverhalten der Weltmitteltemperatur ausgesprochen gut in verschiedenen Modellen reproduziert werden konnte; und das sowohl mit den sehr aufwendigen atmosphärisch-ozeanisch gekoppelten Zirkulationsmodellen des Deutschen Klimarechenzentrums (Hamburg) sowie des Hadley Centers (Bracknell, England) als auch mit multiplen statistischen Modellen, beispielsweise neuronalen Netzen (Frankfurt/Main), die das Pferd sozusagen von hinten aufzäumen und von den Beobachtungsdaten ausgehen. Die vor allem nordhemisphärisch zwischen etwa 1945 und 1970 eingetretene Abkühlung, die in dieser Zeit zu einer Stagnierung der Weltmitteltemperatur geführt hat, kann nun gut verstanden werden. Die aufregende Konsequenz daraus lautet: Die treibhaus-bedingte Erwärmung unseres Globus in industrieller Zeit, verbunden mit einem Strahlungsantrieb von 2,1 bis 2,8 Wm², liegt in Wahrheit schon bei rund 1 Grad und der beobachtete Temperatur-Trendwert von lediglich rund 0,6 Grad ist eine Folge des gleichzeitig wirksamen ebenfalls anthropogenen Sulfateffektes, dessen Strahlungsantrieb (Abkühlung) übrigens bei rund 0,5 W/m² liegt. Wird dies auch bei den Klimavorhersagen mit ins Kalkül gezogen, und zwar in transienten Simulationen, so fällt die

Temperaturerhöhung wiederum geringer aus als aufgrund der Treibhausgase allein: Bis zum Ende des kommenden Jahrhunderts vermindern sich dadurch die reinen Treibhausgas-Temperaturvorhersagen um etwa 0,5 °C.

Weitere wichtige Einflüsse in der betreffenden zeitlichen und räumlichen Größenordnung sind der Vulkanismus, das El-Nino-Phänomen und - mit nur 0,1 bis 0,5 W/m² am schwächsten ausgeprägt - die Sonnenaktivität, obwohl sie gerade in jüngster Zeit, allerdings vorwiegend von Nicht-Fachleuten, unangemessen hochgespielt wird. In diesem Zusammenhang ist auch die These, nicht die Sonnenaktivität selbst, sondern deren variierende Zykluslänge würde das Klima steuern (Friis-Christensen und Lassen, 1991), längst widerlegt (Schönwiese et al., 1994), während Simulationen am Deutschen Klimarechenzentrum und auch statistisch-multiple Berechnungen aufgrund realistischer Annahmen über die Sonnenaktivität zeigen, daß sie durchaus Fluktuationen der Weltmitteltemperatur um einige wenige Zehntel Grad erzeugen kann. Im übrigen ist gerade die Kopplung Sonnenaktivität-Klima seit vielen Jahrzehnten in einer wahren Flut von wissenschaftlichen Publikationen intensiv - freilich auch kontrovers - untersucht worden, wobei sich die verschiedenen solaren Hypothesen übrigens zum Teil widersprechen. Ein gewisser Einfluß der Sonnenaktivität, die im übrigen die Sonnenausstrahlung nur im Promillebereich variieren läßt, existiert jedoch.

Viel wichtiger ist allerdings, was die natürlichen klimarelevanten Vorgänge betrifft, beispielsweise die explosive Vulkanaktivität, die kurzzeitig Werte des Strahlungsantriebes bis fast 4 W/m² erzeugen kann, wie das beim Ausbruch des Pinatubo im Jahr 1991 der Fall war. Im Mittel mehrerer Jahre aber bleibt auch der vulkanische Strahlungsantrieb unter 1 W/m², so daß selbst dem Pinatubo-Ausbruch als dem wohl klimarelevantesten Vulkanereignis unseres Jahrhunderts, nur ein vorübergehender (1-3 Jahre) Rückgang der Weltmitteltemperatur um etwa 0,2 Grad zugeordnet wird. Alle diese Vorgänge, anthropogener Spurengas-"Treibhaus-" und Sulfat-"Kühlhauseffekt", Vulkanismus, Sonnenaktivität und El-Nino-Phänomen, lassen sich übrigens mit Hilfe der erwähnten multiplen statistischen Modelle auf der Grundlage der Beobachtungsdaten simultan so gut nachvollziehen, daß damit rund 80% der beobachteten Temperaturvarianz der Jahresdaten (Trend, Fluktuationen und Jahresanomalien) erfaßt wird.

Welcher Schluß ist nun aus diesen und den vielen hier nicht erwähnten Erkenntnissen der Klimaforschung zu ziehen? Ob die globale Erwärmung und die damit verbundenen Änderungen weiterer Klimalelemente wie Niederschlags-umverteilungen, Meeresspiegelanstieg - dies allerdings vor allem durch den thermisch expandierenden oberen Ozean und Gletscherrückgänge in den außerpolareren Gebirgsregionen, und nicht weil das Polareis in absehbarer Zeit abschmelzen würde - sowie vielleicht häufigere Sturmereignisse in ihren ökologischen und sozioökonomischen Auswirkungen als Katastrophe aufzufassen sind, mag jeder für sich entscheiden; angesichts der großen Unsicherheiten taucht ein solcher Begriff in der wissenschaftlichen Nomenklatur jedenfalls nicht auf (auch wenn dies den Klimatologen gelegentlich untergeschoben wird; ähnliches gilt für die das Schlagwort "Killergase" oder den Unsinn der "Poleisschmelze"). Auf der anderen Seite darf man sich angesichts der quantitativen Unschärfen nicht in Sicherheit wähnen; denn solange man es nicht besser weiß, sind große Änderungen genauso wahrscheinlich wie kleinere. Außerdem ist die Faktenlage erdrückend: Existenz und physikalisches Verständnis des Treibhauseffektes, anthropogene Treibhausgas-emissionen, entsprechende Konzentrationsanstiege in der Atmosphäre und die genannten Fortschritte der Klimamodellierung sowie Klimadiagnose.

So gesehen ist die Verharmlosung des Weltklimarisikos genauso wenig angebracht wie Katastrophenmentalität, ja letztlich verantwortungslos. Die baldige Einleitung definitiver weltweiter Klimaschutzmaßnahmen, ohne dabei in Panik zu verfallen, ist daher das Gebot der

Stunde und je länger wir damit warten, umso teurer werden uns diese Maßnahmen sowie die Folgen der dann nicht mehr vermeidbaren Klimaänderungen zu stehen kommen.

Literaturauswahl:

Brauch, H.G. (Hrsg.): Klimapolitik. Berlin 1996. - Friis-Christensen, E./Lassen, K.: Science 254: 698-700 (1991). - Houghton, J.T./Meira Filho, L.G./Callander, B./Harris, N./Kattenberg, A./Maskell, K. (Hrsg.): Climate Change 1995. The Science of Climate Change (UN Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Cambridge 1996. - Schönwiese, C.-D./Ullrich, R./Beck, F./Rapp, J.: Climatic Change 27: 259-281 (1994). - Schönwiese, C.-D.: Klimatologie. Stuttgart 1994. - Ders.: Klimaänderungen. Daten, Analysen, Prognosen. Berlin 1995. - Schönwiese, C.-D./Grieser, J./Denhard, M./Walter, A.: Geowiss. 15: 47-51 (1997).