

Klimawandel und menschengemachtes CO₂

Über den Einfluß von
anthropogenem CO₂ auf unser Klima

von

Prof. Dr. Horst-Joachim Lüdecke (Dipl.-Physiker), HTW Saarbrücken

luedecke@htw-saarland.de
moluedeckesb@aol.com
www.htw-saarland.de/fb/wi/fachbereich/personen/co2_bericht.pdf

Heidelberg, Januar 05

Zusammenfassung	3
Das IPCC und die wissenschafts-ethische Etikette	9
1 Veranlassung des Aufsatzes und zum Autor	10
2 Allgemeines zur Klimaänderung und zum anthropogenen CO₂	11
3 Das Kyoto-Protokoll und sein Nutzen	13
4 Die Klimafrage über Kyoto hinaus	15
5 Die CO₂-Frage	16
6 Warum eine Antwort auf die CO₂-Frage schwierig ist	16
7 Informationsquellen	17
8 Grundlagen zur Klimafrage	20
8.1 <i>Klima und Zeitskalen</i>	20
8.2 <i>Der Treibhauseffekt</i>	21
8.3 <i>Das Spurengas CO₂, sein Zyklus und seine Zunahme</i>	22
8.4 <i>Radiative Forcing, oder welchen Anteil hat CO₂ am Treibhauseffekt?</i>	24
8.5 <i>Temperatursteigerung infolge CO₂ und Einfluß von Wolken</i>	25
8.6 <i>Die Sonne als treibende Klimakraft</i>	25
8.7 <i>Mythen</i>	30
8.7.1 <i>Zunehmende Unwetterhäufigkeit und -Intensität infolge globaler Erwärmung</i>	30
8.7.2 <i>Die Abnahme von Gletschern</i>	31
8.7.3 <i>Anstieg der Meeresspiegel infolge Erwärmung</i>	31
9 Stellvertretende Punkte der wissenschaftlichen CO₂-Auseinandersetzung	32
9.1 <i>Die Zuverlässigkeit von Klima-Modellen</i>	32
9.2 <i>Die vom IPCC verwendeten Daten von Mann et al.</i>	33
10 Literaturnachweise	39

und freilich ist nicht viel damit getan,
Was sich dem Nichts entgegenstellt,
Das Etwas, diese plumpe Welt,
Soviel als ich schon unternommen,
Ich wußte nicht, ihr beizukommen,
Mit Wellen, Stürmen, Schütteln, Brand,
Geruhigt bleibt am Ende Meer und Land!

- Mephisto, Faust-erster Teil, Studierzimmer

Zusammenfassung

Klimavariabilität und anthropogenes CO₂

Klima ist seit jeher extrem variabel. Die Klimaforschung kennt inzwischen recht gut die mit unterschiedlichen Periodenlängen ablaufenden Klimazyklen. Auf sehr langer Zeitskala leben wir derzeit in einer Eiszeit, die gleichzeitige Vereisung beider Pole ist bislang einzigartig in der Erdgeschichte. In einem überlagerten, kürzerfristigen Zyklus befinden wir uns dagegen am Ende einer Zwischenwarmzeit und sehen uns daher in den nächsten Jahrtausenden einer weiteren Kaltzeit gegenüber [Negendank, 2004]. Die Frühgeschichte der Menschheit vor etwa 30 000 Jahren wird von gut bekannten, extrem kurzfristigen, starken Klimaschwankungen geprägt, die stärker als heute waren und sich z.Teil sogar innerhalb eines Menschenlebens durch mittlere Temperaturerhöhungen oder -absenkungen um mehrere °C-Grade bemerkbar machten [Conard, 2004]. Erst in allerjüngster Zeit ist wieder die hohe Klimavariabilität anlässlich der Auswertungen von arktischen Eisbohrkernen einem breiteren Publikum zur Kenntnis gelangt und zwar durch den Fund, daß es vor ca. 50 Mio. Jahren sogar in der Gegend des heutigen Nordpols vorübergehend tropisch warm war [ACIA, 2004].

Der vorliegende Beitrag bezieht sich indes nicht auf solche natürlichen Klimazyklen sondern auf die Frage, ob bzw. wie sich unser Klima in allernächster Zukunft auf Grund von anthropogenem CO₂ verändern könnte, und ob bzw. wie schädlich oder gar teilweise auch nützlich diese Änderungen sind.

Seit etwa 150 Jahren müssen nämlich von der Klimaforschung auch menschenverursachte Einflüsse mitberücksichtigt werden, wobei in der Öffentlichkeit das "Treibhausgas" CO₂ den höchsten Bekanntheitsgrad einnimmt. Andere Einflüsse, wie z.B. von Methan, von FCKW-Gasen oder die Klimawirksamkeit der Umwandlung großer Waldflächen in Agrarland, werden dagegen von der Öffentlichkeit weniger wahrgenommen. Bis etwa 1997, also bis vor acht Jahren, so offizielle Verlautbarung [WBGU, 1997], war eine Einflußnahme von anthropogenem CO₂ auf das globale Klima allerdings noch nicht nachweisbar.

Das IPCC¹ sagt trotz dieser, noch in unmittelbarer Vergangenheit vorhandenen Unkenntnis inzwischen jetzt dediziert wie folgt aus: das Gesamtbild der letzten Jahrzehnte zeige die Hauptverantwortung von anthropogenen CO₂-Emissionen für den beobachteten Klimawandel in Richtung globaler Erwärmung [IPCC]. Nicht nur Klima-fachfremde Naturwissenschaftler, auch viele Experten widersprechen einer solchen Pauschalaussage. Sie verweisen auf konkurrierende, natürliche Ursachen, die schon in der Vergangenheit, als es menschengemachtes CO₂ noch gar nicht gab, für Klimaänderungen verantwortlich waren. War es noch bis vor wenigen Monaten „politisch unkorrekt“, an der IPCC-Aussage Skepsis anzumelden, wird inzwischen sogar in der seriösen Presse, z.B. der ZEIT, der Süddeutschen Zeitung, der FAZ [FAZ, 2005]² oder dem renommierten britischen *economist* [economist, 2004] über entsprechende Zweifel an der IPCC-Meinung berichtet. Wer hat nun

¹ Intergovernment Panel on Climate Change

² Rademacher formuliert besonders schön: "Was der Mensch heute anrichtet - und worüber sich Politiker, Diplomaten und Umweltschützer die Köpfe heiß reden -, ist eine kleine Modulation auf dieser langfristigen, natürlichen Klimavariation"

in der Frage des anthropogenen CO₂ recht? Kann diese Frage überhaupt mit Sicherheit beantwortet werden?

Bei nüchtern-kritischer Sicht sind die vielen Forschungsergebnisse der letzten 10 Jahre tatsächlich noch nicht in der Lage, die IPCC-Anklage gegen menschengemachtes CO₂ als Primärverursacher der Klimaerwärmung auf üblichem wissenschaftlichen "Gewißheitsniveau" zu beweisen und damit die gemäß [WBGU, 1997] konstatierte Ungewißheit von 1997 entscheidend zu beseitigen. Vordergründig reicht für solch eine einschlägige Neubewertung gegenüber 1997 allein schon der zu kurze Zeitraum von rd. 8 Jahren nicht aus, denn Klimatrends benötigen definitionsgemäß einer Absicherung über mindestens 20 bis 30 Jahre, um als sicher zu gelten [Negendank, 2004]³. Unbestritten gibt es zahlreiche Indizien und Trends, die auf anthropogenes CO₂ hinweisen, für eine im üblichen Gewißheitsmaßstab sichere Aussage scheint dies aber nicht ausreichend. Vor allem quantitative Aussagen über den Anteil der Klimaschädlichkeit des anthropogenen CO₂ dürfen als fragwürdig gelten, alle einschlägigen Angaben sind Risiko-Schätzungen mit unsicherem Wahrscheinlichkeitsgehalt.

Daß anthropogenes CO₂ Einfluß auf das globale Klima ausübt, ist wissenschaftlicher Konsens, aus physikalischen Gründen unabweisbar und wird hier keineswegs bestritten. Der entscheidende Punkt ist, daß wenig darüber ausgesagt werden kann, wie stark dieser Einfluß, verglichen mit anderen Verursachern, im wesentlichen dem Einfluß der Sonne, ist. Hierzu sind, wie schon erwähnt, die Mechanismen zu komplex, und es gibt zuviele Unbekannte. In der Presse immer wieder zu lesende Wahrscheinlichkeitswerte - von Vertretern der IPCC-Politik werden in für die Öffentlichkeit bestimmten Statements (nicht in Fachaufsätzen) konkrete Zahlenwerte bis zu 90% genannt - sind Spekulationen. Die zu quantitativen Aussagen erforderlichen, sauberen statistischen Nachweise gibt es nicht, sie kann es angesichts des vorliegenden Daten- und Modellierungsstandes noch nicht geben.

Klima-Fakten:

Seit Beginn der Industrialisierung erfolgte eine CO₂-Zunahme von ca. 20%(v) in der Atmosphäre; ferner bereits seit Ende der "kleinen Eiszeit", also Ende des 17. Jahrhunderts, ein z.Teil durch kürzere, gegensätzliche Verläufe unterbrochener Klimawandel in der generellen Richtung Erwärmung. Gesichert ist, daß der CO₂-Anstieg der letzten 100-150 Jahre vom Menschen verursacht wurde (Beweis: Isotopenzusammensetzung des CO₂, die fossile Verbrennung als Ursache anzeigt). Die heutige Klimaänderung hatte allerdings in erdgeschichtlich naher Vergangenheit zahlreiche, z.Teil sogar stärkere Vorgänger, etwa das mittelalterliche Wärmemaximum⁴, oder im Gegensinne, die "kleine Eiszeit" des 17. Jahrhunderts⁵ (Maunder-Minimum). Im Holozän war es im Mittel 1 °C wärmer als heute. Die, verglichen mit heute, zum Teil höheren CO₂-Konzentrationen der Vergangenheit folgten den Temperaturkurven zeitlich stets um ca. 500-1000 Jahre hinterher, so daß CO₂ als Primärursache von globalen Wärmeperioden der vorindustriellen Vergangenheit kaum in Frage kommt.

Eine Korrelation zwischen anthropogenem CO₂ und heutiger Erwärmung besteht, sie ist aber nicht stark signifikant, die vorübergehende Abkühlung zwischen 1940 und 1975 gab vor nicht langer Zeit sogar noch zu lautstarken Befürchtungen der Klimawissenschaftler über eine neue kleine Eiszeit Anlaß.

Zwischen Klima und dem Sonnenmagnetfeld bzw. der Strahlungsstärke und Anzahl der Sonnenflecken besteht dagegen eine hochsignifikante⁶ Korrelation. Sie zeigt, daß für die Zeit genauer Sonnenfleckenbeobachtungen, etwa ab Anfang des 17. Jahrhunderts, die mittlere

³ in jüngerer Zeit ist eine Tendenz zu beobachten, diese klassische Klimazeitraumdefinition zu verkürzen.

⁴ es sei daran erinnert, daß in dieser Zeit in England und Schweden Wein angebaut wurde!

⁵ das trifft lokal nur für die Nordhalbkugel zu, in der Antarktis war es in dieser Zeit sogar wärmer als heute [Negendank, 2004]

⁶ Prof. Dr. Solanki vom MPI für Sonnensystemforschung in Lindau nannte in seinem Vortrag am 3.11.04 im physikalischen Institut der Universität Heidelberg einen Korrelationskoeffizienten von 0,9 [Solanki, 2004]

Globaltemperatur mit der Anzahl der Sonnenflecken, also der Strahlungsstärke der Sonne zusammenhängt⁷. Seit ca. 20 Jahren laufen die Temperatur- und Sonnenintensitätskurve deutlicher auseinander, wobei die Temperaturen stärker als die Strahlungsstärke der Sonne ansteigen (s. hierzu Bild 8.4). Dieser Trend wird von vielen Forschern als ein Hauptindikator für anthropogenes CO₂ als Primärursache des heutigen Klimawandels angeführt. Fest steht, daß beide Faktoren, die Sonne und das anthropogene CO₂ verantwortlich sind. Wie groß der Anteil dieser beiden Einflüsse im Vergleich miteinander zu gewichten ist und ob sogar noch weitere, bislang unverstandene Mechanismen maßgebend mitwirken (z.B. wird über die Wirkung der Bildung von Kondensationskeimen für Wolken infolge Sonneneinfluß spekuliert), kann z.Zeit nicht sicher entschieden werden.

Folgen der globalen Erwärmung

Ist schon die Ursachenverteilung an der heutigen globalen Erwärmung unsicher, so ist es auch die Beantwortung der viel wichtigeren Frage, ob nämlich die globale Erwärmung insgesamt schädlich oder nützlich für die Menschheit sein wird. Die Antwort hängt entscheidend von wirtschaftlichen Interessen und geographischer Lage der betroffenen Länder ab. Die ZEIT schreibt im Zusammenhang mit der jüngst in der Arktis beobachteten, ungewöhnlich starken Temperatursteigerung daher zutreffend [ZEIT, 2004]:

"ziemlich widersprüchlich sind auch die wirtschaftlichen Auswirkungen der Arktis-Erwärmung. Einerseits gefährdet der steigende Meeresspiegel und das Auftauen von Permafrostböden die bisherige Lebensgrundlage der arktischen Bevölkerung. Straßen, Pipelines, Industrieanlagen und ganze Städte drohen im Morast zu versinken. Andererseits nimmt die landwirtschaftlich nutzbare Fläche zu. Das Nordpolarmeer wird für Fischerei, Rohstoffabbau und Schifffahrt zugänglich. In Alaska, vor allem aber in der russischen Arktis lagern große Vorräte an Erdgas, Erdöl, Kupfer, Nickel und anderen Bodenschätzen. Zieht sich das Eis zurück, liegen sie zur Erschließung frei. Noch sind die Hoheitsrechte an weiten Teilen des Polarmeeres ungeklärt. »Streit ist deshalb wahrscheinlich«, heißt es im ACIA-Bericht. Der Seeweg zwischen Nordeuropa und Japan, Nordchina oder Korea ist durch das Nordmeer um 40 Prozent kürzer als durch den Suezkanal. Bisher ist die Nordostpassage nur an wenigen Tagen passierbar – geräumt von russischen Eisbrechern. Würde es wärmer, stünde Ende des Jahrhunderts die Abkürzung bis zu 150 Tage lang offen".

Vermehrte Unwetterereignisse durch globale Erwärmung:

Unabhängig von der Ursache der globalen Erwärmung, also natürlich und/oder durch anthropogenes CO₂-bedingt, gibt es generell keine statistisch abgesicherten Nachweise zu den in der Presse oft geschilderten Katastrophen-Szenarien über Zunahme von Unwettern, Tornados, Überschwemmungen usw. in Klima-Zeiträumen (mehr als etwa 20-30 Jahre). Für die letzten 60 Jahre ist sogar eine leichte Abnahme der Maximalsturmstärken im Nord-Atlantik belegt [Landsea, 1999], (Bild 8.5). Die von Versicherungen gemeldeten Schadenszunahmen aus Tornadogebieten sind aus dichter Besiedelung und höheren Sachwerten zwanglos herleitbar, die Südstaaten der USA etwa werden unaufhaltsam dichter besiedelte "Seniorenreservate". Das hierzulande in den Mittelpunkt der Wahrnehmung gerückte Elbehochwasser war ein Wetterereignis, wie es auch in der Vergangenheit schon in ähnlichen Intensitäten auftrat und hat mit Klimaänderung zunächst nichts zu tun. Nur wenn sich solche Ereignisse über Zeiträume von mehreren Jahrzehnten statistisch signifikant häufen (was gegenwärtig nicht konstatiert wird), darf gemäß geltenden Klimadefinitionen von Klima-Ereignissen die Rede sein⁸.

⁷ es ist umgekehrt, wie man vermutet. Bei mehr Flecken wird die Sonne wärmer, bei weniger kälter [Solanki, 2004]

⁸ Unter diesem Gesichtspunkt verwundert das Titelbild des Artikels "Klimawandel - Rote Karte für Leugner" [Rahmstorf, 2004, 1], das im Elbehochwasser watende Menschen zeigt und daher geeignet ist, die inhaltliche Aussage des Artikels für einen unkundigen Leser in eine unzulässige Richtung zu verfälschen.

Temperatur- und Meeresspiegelanstiege und Schmelzen von Gletschern

Die Messung von mittleren Globaltemperaturen ist aus zahlreichen Gründen schwierig, weil lokale Effekte die Ergebnisse verändern (Städte als Wärmeinseln, zu wenig Meßstationen weltweit, Mittelwertbildungen problematisch usw.). Satelliten können wegen Wolken keine Bodentemperaturen messen. Die gegenwärtige, "offizielle", einigermaßen unsichere Meßlage gibt 0,17 °C pro Jahrzehnt mittlere globale Erwärmung in Bodenhöhe an. Die IPCC-Modelle⁹ sagen 1 °C bis 6 °C Temperatursteigerung bis 2100 voraus. Somit bewegen sich die Messwerte an der unteren IPCC-Grenze und damit weitgehend im natürlichen Bereich, der in erster Näherung kein menschgemachtes CO₂ zur Erklärung benötigt.

Was die Meeresspiegel angeht, liegen die Dinge noch komplizierter. IPCC-Klimamodelle sagen mit sehr großer Fehlerbreite Anstiege voraus, die im unteren Modellbereich mit modernen Satellitenmessungen (z.Zt. etwa 2,5 mm/Jahr) zusammenpassen. Der obere Modellbereich erscheint aus momentaner Sicht unrealistisch. Ob Modellen hier Vertrauen geschenkt werden darf, sei dahingestellt, nicht zuletzt auch deswegen, weil die untersuchten Vorgänge wegen ihrer Komplexität einer Modellbildung kaum zugänglich sind (in den Modellen wird vorrangig nur die Volumenausdehnung von Wasser bei steigender Temperatur berücksichtigt). Etwas entlastend erscheint, daß glücklicherweise von keiner Überschwemmung der Malediven oder der pazifischen Inseln aus der langen mittelalterlichen Warmzeit berichtet wird. Der angesehene britische *economist* schreibt zum Thema Modelle: "*Nils-Axel Mörner, a Swedish climate expert based at Stockholm University, points out that observed rises in sea levels have not matched the IPCC's forecasts*" [*economist*, 2004]. Mörner hat Meeresspiegelmessungen auf den Malediven durchgeführt und keine den IPCC-Szenarien entsprechenden Veränderungen gefunden. Für einen Laien ungewöhnlich sorgfältige Messungen wurden von dem Australischen Marineoffizier, John Daily, durchgeführt, die ebenfalls keine maßgebenden Veränderungen zeigten [Krahmer, 2004]. Es sind aber in beiden Fällen Vorbehalte anzumelden, weil es sich um lokale Messungen handelt und sich Meeresspiegel, z.B. infolge Heben oder Senken des Untergrunds, in unterschiedlichen Erdregionen unterschiedlich verhalten können. Auf diese Detaildiskussionen soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Sollten sich die z.Zt. geltenden Satellitenwerte von 2,5 mm/Jahr fortsetzen und sogar noch zunehmen, wäre dies in der Tat ein starkes Indiz dafür, daß Klimaerwärmung Meeresspiegel über die natürlichen Variationen hinaus ansteigen läßt. Bis über diese Zusammenhänge sicheres ausgesagt werden kann, werden aber noch wenigstens ein bis zwei Jahrzehnte weiterer Messungen abgewartet werden müssen.

Bleiben noch schmelzende Gletscher. Die Alpengletscher schmelzen ersichtlich, die globale Gletscherbilanz zeigt jedoch im Rahmen der heute möglichen Meßgenauigkeit keine Veränderung, weil zur weltweiten Gesamtbilanz auch Gletscher beitragen¹⁰, die zunehmen [Braithwaite, 2002].

Auswirkungen von höheren CO₂-Konzentrationen auf Flora und Fauna

Der Einfluß höherer atmosphärischer CO₂-Gehalte wirkt sich positiv auf das Pflanzenwachstum, etwa von Getreide, aus. Die biologische Artenvielfalt nimmt bei höheren Temperaturen zu. In "Natur u. Wissenschaft" berichtete die FAZ am 15.12.04 stellvertretend von Erkenntnissen Australischer Forscher, die beispielsweise eine Zunahme des Korallenbestandes infolge höherem CO₂-Gehalt im Meerwasser herleiten.

Das Kyoto-Protokoll

Konsens aller Experten ist, daß die im Kyoto-Protokoll vorgesehenen CO₂-Emissionsreduktionen faktisch wirkungslos sind, nur wesentlich stärkere Maßnahmen können, falls anthropogenes CO₂ überhaupt maßgebend ist, auf das globale Klima merkbaren Einfluß ausüben [BMBF, 2003]. Infolgedessen fehlt der mit den momentanen Kyotomaßnahmen

⁹ in den IPCC-Angaben sind Nachkommastellen enthalten, die bei so hohen Fehlerbreiten aber unsinnig sind und daher hier weggelassen wurden.

¹⁰ hierzu muß man wissen, daß polferne Gletscher machen nur etwa 1% der Gesamtgletschermasse auf unserem Planeten ausmachen.

verbundenen politischen Agenda die sachliche Grundlage. Noch stärkere CO₂-Emissionsreduktionen von CO₂ sind technisch und wirtschaftspolitisch kaum vertretbar oder durchzusetzen. Die im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Reduktionen von anderweitigen Schadstoffen, etwa FCKW-Gasen sowie das durch den Emissionshandel begünstigte Aufforsten von Wäldern sind dagegen absolut sinnvoll und zu begrüßen.

In Befolgung des Kyoto-Protokolls werden somit unter hohem wirtschaftlichem und technologischem Aufwand CO₂-Reduktionsmaßnahmen ohne faktischen Nutzen in Gang gesetzt¹¹.

Dem naheliegenden Argument, daß das Klima zu wichtig sei, um irgendein Risiko einzugehen, kann entgegengehalten werden, daß in Anbetracht der verschwendeten Ressourcen durch evtl. unnötige CO₂-Vermeidung seitens moderner Industrieländer weit dringendere Umweltschutzmaßnahmen, die mit einem Bruchteil der für die CO₂-Emissionsreduzierungen aufgewendeten Mittel besser wirken würden, zu kurz kommen. So wurden, um nur zwei Beispiele zu nennen, in den letzten Jahrzehnten die Weltmeere, die zu globalen Müllkippen verkommen, zunehmend leergefischt. Tropenwälder in Indonesien und Brasilien werden abgebrannt, abgeholzt oder der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. In chinesischen Wüsten brennen große Flächen unterirdischer Kohleflöze nahe der Oberfläche. Bei der Vermeidung solcher globalen Katastrophen könnte wirkungsvoller angesetzt werden.

In inzwischen global "inszenierten" Programmen von Umweltideologen, Anti-Globalisierungsgegnern und leider auch einigen Umweltforschern, bleibt die seriöse Erstellung eines dringend notwendigen Gesamtmaßnahmenkatalogs zum globalen Umweltschutz zunehmend auf der Strecke, in welchem die wichtigsten Maßnahmen - unabhängig von Ideologie und politischer Meinungsmache - in richtiger Wirksamkeitsreihenfolge stehen und von den internationalen Institutionen auch so auf den Weg gebracht werden sollten. Insbesondere die hierzulande propagierten und mit Steuergeldern finanzierten Maßnahmen sind von absurder Nutzlosigkeit, etwa das Fördern von Windrädern oder Photovoltaikanlagen mit dem Klimaschutzargument, denn die hier erzielten Einsparungen an CO₂ sind, global gesehen, praktisch gleich Null. Diese Aufwendungen sind infolgedessen für den Klimaschutz verloren, kosten aber den deutschen Steuerzahler Subventionsgeld, das an anderer Stelle für sinnvollen Umweltschutz fehlt.

Die maßgebenden Diskussionspunkte und Fakten zum Klima, dem anthropogenen CO₂ und dessen Einfluß nachfolgend in 7 Punkten stichwortartig zusammengefaßt¹²:

¹¹ von IPCC-Vertretern wird gerne unter politischen Gesichtspunkten von einem "ersten kleinen Schritt" gesprochen. Ehrlicher wäre es, klar und deutlich die hier genannten Fakten bei Namen zu nennen.

¹² um Mißverständnissen vorzubeugen: wenn hier immer wieder von Fehlern und Ungenauigkeiten von Klimamodellen die Rede ist, so liegt dies am Gegenstand, nicht etwa an schlechter Forschungsarbeit.

1. Der seit Jahren gemessene CO₂-Anstieg der Atmosphäre ist anthropogen, das geht aus den sich zeitlich verändernden Isotopenverhältnissen im CO₂ hervor, die auf fossile Verbrennung hinweisen, die steigende Konzentrationskurve allein wäre kein hinreichender Beweis. Ferner beeinflusst das anthropogene CO₂ unser Klima. Dies trifft ebenfalls, direkt und indirekt, für die Variabilität der Sonnenintensität und -Strahlungseigenschaften zu.
2. Bis vor 10 Jahren ist gemäß [WBGU, 1997] Nichtwissen über den Klimaeinfluß des menschgemachten CO₂ dokumentiert. Der weitere Zeitraum bis heute ist noch zu kurz, um zu sicheren, quantitativen Aussagen über die Klimaschädlichkeit des anthropogenen CO₂ zu berechtigen.
3. Die gemessenen mittleren Temperaturanstiege in Bodenhöhe unterscheiden sich kaum von den natürlichen Variationen. Die IPCC-Modelle zu Temperaturanstiegen haben einen sehr hohen Fehler und passen nur in ihrem unteren Grenzbereich mit den Messwerten zusammen. Über das Verhältnis von natürlicher zu menschlicher "Klimaheizung" gibt es keine, im bisher üblichen wissenschaftlichen Gebrauch als "sicher" anzusehenden, statistischen Nachweise. Es gibt nur viele Indizien für anthropogenes CO₂ als Primärverursacher, mehr nicht.
4. Die IPCC-Modelle für Meeresspiegelveränderungen sind extrem ungenau. So werden z.B. Meeresspiegelanstiege bis zum Jahre 2100 zwischen 8 cm und 90 cm vorhergesagt. Die momentanen Satellitenmessungen von ca. 2,5 mm/Jahr bewegen sich noch im unteren Modellbereich. Statistisch abgesicherte Nachweise, ob diese, erst seit wenigen Jahren erhältlichen, genaueren Satelliten-Messungen primär auf anthropogenes CO₂ zurückzuführen sind, liegen nicht vor (hierzu wären zwei Kausalschritte nötig, zuerst, CO₂ verursacht die Erwärmung, danach, die Erwärmung verursacht die Anstiege). Sollte sich allerdings der gemessene Meeresleveltrend in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen und noch verstärken, wäre dies in der Tat eine ernsthafte Veranlassung für Gegenmaßnahmen.
5. Klimamodelle können die extrem schnellen und heftigen Klimawechsel der Vergangenheit, wie etwa vor 30 000 Jahren oder vor 50 Mio. Jahren nicht beschreiben.
6. Statistische Nachweise über zunehmende Unwetterereignisse in Klimazeiträumen (d.h. über mehr als ca. 20-30 Jahre) liegen nicht vor.
7. Die globale Erwärmung hat Gewinner und Verlierer. Welche Seite überwiegt, die positive oder die negative, ist strittig und kann, da vom geographischen Standpunkt und weiteren Umständen des betroffenen Landes abhängig, wohl niemals im globalen Konsens entschieden werden.

Was kann daraus gefolgert werden? Z.Zeit leider nicht allzuviel, die Interpretationsspielräume sind zu groß. Sowohl das pessimistische IPCC-Szenarium von steigenden Meeresspiegeln und auftauenden Permafrostböden mit all den schädlichen Folgen, als auch die optimistische Skeptikersicht, die langfristig von keiner ernsthaften Bedrohung durch menschgemachtes CO₂ ausgeht, könnte sich im jeweiligen Extremfall am Ende als zutreffend herausstellen (wir alle werden die reale Antwort vermutlich nicht mehr erleben). Die momentan am ernsthaftesten anzusehende Bedrohung stellen wohl die Satellitenmessungen zu Meeresspiegelveränderungen dar, wobei hier die Zeiträume noch zu kurz sind, um Sicherheit über den langfristigen Trend zu erhalten.

Ungewißheit, aber auch die auf der Basis von unsicheren Schlußfolgerungen propagierten politischen Maßnahmen fordern Skepsis und Widerspruch geradezu heraus. Von Experten zugegebene Ungewißheit wäre ferner kaum geeignet, Mittel in Forschungskassen zu spülen, so daß von dieser Seite in verständlicher Weise ungewöhnliche Zurückhaltung beobachtbar ist. Darum die Heftigkeit der Diskussionen und Auseinandersetzungen in Fach- und

Laienwelt, die ersichtlich umgekehrt proportional zur Sicherheit der gewonnenen Erkenntnisse steht.

Das IPCC und die wissenschafts-ethische Etikette

Widerspruch des Autors richtet sich nicht gegen die gute Forschungsarbeit des IPCC und in keinem einzigen Punkt gegen seine Fachveröffentlichungen, sondern allein gegen die Öffentlichkeitsarbeit seines Boards und die vieler IPCC-Vertreter, die die Katastrophenseite unzulässig überbetonen und unübersehbar nicht an ausgewogen nüchterner Sachlichkeit in den für die Öffentlichkeit bestimmten Informationen interessiert sind. Sie richtet sich, das sei nicht unterschlagen, aber auch gegen extreme Skeptikermeinungen, die eine potentielle Gefahr durch menschgemachte Treibhausgase gänzlich ignorieren.

Hinsichtlich der IPCC-Politik irritiert besonders, daß selbst die unsinnigsten, in seinem Namen verbreiteten Katastrophen-Szenarien keinen deutlichen, öffentlichen Widerspruch seitens seiner Vertreter erfahren. Nur als ein stellvertretendes Beispiel sei das Interview der FAZ mit Frau Prof. Dr. Kemfert angeführt [Kemfert, 2004], die als Volkswirtin die Abteilung Energie, Verkehr und Umwelt im deutschen Institut für Wirtschaftsforschung DIW leitet und unter Berufung auf ihre enge Zusammenarbeit mit dem IPCC das Verschwinden Sylts und die Überschwemmung halb Englands bis zum Jahre 2050 als wissenschaftlich gesichert angibt. Für solchen Unsinn¹³ ist das IPCC zwar nicht verantwortlich, immerhin aber doch dafür, daß keine Gegendarstellungen seitens seiner Interessenvertreter zu solchen, immer wieder in der Presse auftauchenden, unverantwortlichen Katastrophenaussagen zu finden sind (zumindest sind dem Autor bis dato keine Gegendarstellungen bekannt).

Eine angesichts der politischen Faktenlage berechnete Kritik am IPCC ist aus den Reihen der etablierten Forschung hierzulande nur ungewöhnlich leise zu vernehmen. Zur Erklärung sind keine Verschwörungstheorien erforderlich, die Gründe erscheinen einfacher: Das IPCC ist zu einer mächtigen, politisch einflußreichen Organisation angewachsen, mit der man sich als Klimaforscher, der Karriere machen will, nicht anlegt. Das Funktionieren solcher Strukturen ist allgemein bekannt und darf wie folgt vermutet werden: Als Kritiker wird man vielleicht nicht mehr zu dem einen oder anderen Vortrag als Redner eingeladen, interessante IPCC-Konferenzen finden meist in attraktiven, exotischen Ländern statt, Peers von Fachzeitschriften werden bei zu großer Abweichung von der offiziellen IPCC-Meinung ungewöhnlich kritisch, Forschungsgelder fließen evtl. spärlicher, zumindest in rot-grün regierten, deutschen Bundesländern wäre ein solcher Verdacht nicht ganz abwegig, und auch Berufungsverhandlungen auf Klimalehrstühle könnten von der angesprochenen IPCC-Frage vielleicht berührt werden (all dies sind natürlich Spekulationen, der "Szene" kundige Leser mögen sich selber ihren Teil denken). Das IPCC ist das internationale Forum zur Profilierung in der Klimaforschung und kann daher indirekt als Arbeitsbeschaffungs-Institution angesehen werden, und wer sägt schon am Ast, auf dem er sitzt? Nochmals, um nicht mißverstanden zu werden: die im IPCC zusammengeschlossenen Forscher leisten gute Forschungsarbeit. Kritikwürdig am IPCC sind nur folgende Fehlentwicklungen:

- Das IPCC-Board veröffentlicht ausschließlich gefilterte Mehrheitsmeinungen. Dies entspricht nicht der wissenschafts-ethischen Etikette und muß im Interesse wertfreier, unabhängiger Wissenschaft revidiert werden. Kritik zu diesem Vorgehen seitens der Forschungsgemeinschaft gibt es ausreichend [Heidelberg, 1992], [Leipzig, 1997].

¹³ bei z.Zt. 2,5 mm gemessenem Anstieg pro Jahr, wäre man in 2050 bei grob 10-15 cm Gesamtanstieg, was wohl kaum für den Untergang Sylts, noch die Überschwemmung halb Englands ausreicht; sogar der extreme IPCC-Modellwert liefert nur maximal 40 cm und ist für ein solches Szenarium bei weitem zu gering.

- IPCC-Vertreter betonen in ihren, für die Öffentlichkeit bestimmten Aufsätzen und Stellungnahmen (m.E. nicht in Fachartikeln) nur die pessimistische Klima-Sicht und lassen entlastendes Material, das hierzu nicht paßt, weg. Vermißt werden insbesondere deutliche, für die Öffentlichkeit geeignete Aussagen zur Ungenauigkeit der Klima-Modelle, etwa von Temperatur- und Meeresspiegel-Erhöhungsvorhersagen, sowie Bestandaufnahmen und Richtigstellungen, wie etwa, daß es die immer wieder zu vernehmenden Zunahmen von Unwettern statistisch nicht gibt, daß das Schadens- Nutzenverhältnis der globalen Erwärmung keineswegs unumstritten ist u.w.m.
- Das IPCC betreibt unbestritten Politik. Politik darf aber in wissenschaftlichen Aussagen keine Rolle spielen. Fragt die Politik die Wissenschaft, hat letztere nach bestem Wissen und Gewissen zu antworten. Wenn, wie im Fall des anthropogenen CO₂, heute nicht mehr aus den Modellen und Daten als eben ein *"wir haben gute Gründe, die maßgebende Klima-Schädlichkeit des anthropogenen CO₂ zu vermuten, eine verlässliche Aussage ist aber (noch) nicht möglich"* herauszuholen ist, dann muß eben genau dies der Politik und der Öffentlichkeit mitgeteilt werden und nichts weiteres mehr.

1 Veranlassung des Aufsatzes und zum Autor

Waren Klimafragen früher auf Universitätsinstitute beschränkt, hat sich dies seit einiger Zeit durch die einschlägigen politischen Maßnahmen geändert. Insbesondere die mit dem Kyoto-Protokoll vorgesehenen Einschränkungen und Kosten der CO₂-Emissionsvermeidung haben das Thema weithin bekannt gemacht. Ist anthropogenes CO₂ an der zur Zeit beobachteten globalen Erwärmung hauptverantwortlich? Ist diese Erwärmung schädlich? Falls ja, was kann dann gegen den Klimawandel getan werden, bzw. ist es überhaupt mit sinnvollem Aufwand möglich, durch menschliche Eingriffe das Weltklima zu ändern? Ist es rational vertretbar, aus Klimagründen etwa unsere Stromversorgung auf Windräder umzustellen o.ä. mehr?

Es fehlt nicht an Wissenschaftlern und selbsternannten Experten, die diese Fragen beantworten, unglücklicherweise oft in unterschiedlichen Richtungen¹⁴. Dieser unbefriedigende Zustand hat Gründe sachlicher und ideologischer Natur. Klima ist außerdem von extrem vielen Einflußfaktoren bestimmt, demgemäß seine Erforschung von hohen Unsicherheiten und vielen Unbekannten begleitet. Infolgedessen sind so gut wie alle wichtigen Klima-Aussagen statistischer Natur, und über Statistiken lässt sich streiten.

Der Autor ist kein Klimaexperte. Er hat infolgedessen weder das Recht noch die Absicht, sich als Experte zu äußern. Kritisches Nachdenken über das, was dem Wahlbürger im Namen der Wissenschaft von der Politik „verkauft“ wird, ist aber etwas ganz anderes. In diesem Sinne ist der vorliegende Beitrag zu verstehen. Er vermittelt einen Überblick über den heutigen Diskussions- und Kenntnisstand unter Betonung der Sicherheiten bzw. Unsicherheiten dieser Kenntnisse aus der Sicht eines Physikers, der seine wissenschaftliche Befähigung nachgewiesen hat, aber kein Klimaexperte¹⁵ ist. Er berichtet über keine

- eigenen Forschungsergebnisse,
- eigenen Theorien oder gar

¹⁴ sogar innerhalb des "Katastrophen-Lagers" gibt es widersprüchliche Auffassungen, s. hierzu [Hansen, 2005]

¹⁵ Klimaforschung wird übrigens überwiegend von Physikern betrieben, denn die mit der Klimaentwicklung verbundenen Prozesse gehören zur Physik

- eigenen Ideen zum anthropogenen CO₂-Problem

Der Autor sieht sich nicht als "Skeptiker", der einen Einfluß des menschenverursachten CO₂ auf das Klima abstreitet. Er erhebt keinen Widerspruch gegen Inhalt und Qualität der klimatologischen Fachveröffentlichungen, die unter dem Dach des IPCC erstellt wurden, er ist aber auch kein unkritischer Zeitzeuge, der die vom IPCC politisch propagierte Hypothese über die katastrophale Rolle des anthropogenen CO₂ gläubig übernimmt (aus guten Gründen nicht).

Der vorliegende Beitrag ist daher kein für eine Fachzeitschrift gedachter oder gar geeigneter Aufsatz. Er faßt vielmehr den heutigen Diskussions- und Faktenstand an Hand von leicht erreichbarer Internet-Fachliteratur¹⁶ kritisch zusammen und legt Schwerpunkte auf die umstrittenen, öffentlich geäußerten Folgerungen aus den heute vorliegenden Forschungsmodellen und -ergebnissen und auf die hieraus abgeleitete Politik. Alle im Aufsatz genannten Fakten wurden mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Kritik am Aufsatz ist willkommen, insbesondere bei (unwissentlich und unbeabsichtigt) evtl. nicht ganz korrekt dargestellten Sachverhalten oder unzutreffenden Zitaten. Hier wird um Mitteilung per E-Mail gebeten, damit Korrektur erfolgen kann.

Veranlassung war das Bemühen, studentische Fragen - es handelt sich um Wirtschaftsingenieure, die von Klimaphysik einigermaßen weit entfernt sind - ehrlich und nach bestem Wissen zu beantworten. Wenn der Beitrag als Basis geeignet ist, den heutigen Stand und die zugehörigen Grundlagen einem interessierten Laien zu vermitteln, ist sein Zweck erfüllt.

Es sei nicht verschwiegen, daß der Autor innerhalb des wissenschaftlich zulässigen Interpretationsspielraumes (zur Vermeidung von Mißverständnissen sei wiederholt betont, daß in diesem Aufsatz keine einzige klimatologische Fachveröffentlichung in Zweifel gezogen wird) eine optimistische Haltung einnimmt. Hierzu geben die zahlreichen Irrtümer etablierter Wissenschaftsmeinungen der Vergangenheit genug Anlaß, stellvertretend seien genannt

- die Ablehnung der Wegner'schen Kontinentaldrifthypothese Anfang des vorigen Jahrhunderts
- die Irrtümer der Humangenetik (Rassenlehre) bis etwa Ende des zweiten Weltkriegs
- die nicht eingetroffenen Katastrophenszenarien des Club of Rome
- die Warnungen vor einer neuen Eiszeit vor etwa 20 Jahren

Die Liste ließe sich fortsetzen.

2 Allgemeines zur Klimaänderung und zum anthropogenen CO₂

"Eigentlich ist der Handel mit Emissionsrechten eine gute Idee. Wenn Kohlendioxyd dort gespart wird, wo der Aufwand am geringsten ist, hilft das dem Klima", ein beliebig herausgegriffenes Zeitungszitat [FAZ, 2004], das den überwältigenden, öffentlichen Konsens zum Thema "CO₂ und Klima" wiedergibt. Inzwischen finden sich bereits in Prospekten von Automodellen zwar Angaben zur Motor-Emission von CO₂, nicht etwa von Rußpartikeln, Stickoxiden usw. In der öffentlichen Wahrnehmung des Käufers wird der Begriff Schadstoff mit dem Naturgas CO₂ verbunden, und über eine gefährliche Klimaerwärmung, verursacht durch menschenverursachtes CO₂, bestehen in breiten Schichten der Öffentlichkeit kaum noch Zweifel.

¹⁶ zu diesem angreifbaren Punkt später näheres

Allgemein weniger bekannt ist, daß nicht nur Klima-fachfremde Naturwissenschaftler sondern auch viele Experten den CO₂-Warnungen skeptisch¹⁷ gegenüberstehen, eine Web-Seite in Zusammenarbeit mit der Physik-Fakultät der Universität Würzburg nennt sogar die Mehrheit [Krahmer, 2004]. Der polnische Forscher Prof. Dr. Jaworowski berichtet von der am 29.9.-3.10.2003 in Moskau abgehaltenen, internationalen Konferenz über World Climate Change [Jaworowski, 2003]: *"At the end of the conference two things became clear: the scientific world is far from any "consensus", so often vaunted by the IPCC, on man-made climatic warming. The chairman of the conference acknowledged that the scientists who questioned the Kyoto "consensus" made up 90 % of the contribution from the floor...."*. Auch im renommierten britischen *economist*, um ein stellvertretendes Beispiel für allgemeine Periodika zu nennen, wird von Zweifeln innerhalb der Fachwelt berichtet [*economist*, 2004].

Inzwischen hat die Klima-Diskussion außerhalb der Universitäten und Forschungsinstitute Kreise gezogen. Die einschlägige, übernationale Wissenschaftler-Institution, das IPCC, ist weltweit nicht nur in Forschung sondern auch in Politik aktiv [IPCC], und der grüne Koalitionspartner der Bundesregierung kämpfte im Frühjahr 2004 gegen Industrie und Wirtschaftsminister für die kostspielige Reduktion der CO₂-Emissionen aus Kraftwerksanlagen in Befolgung des Kyoto-Protokolls [Kyoto, 1992]. Ein vorläufiger Höhepunkt dieser Entwicklung ist der Handel mit Emissionsrechten [Bundestag, 2004]. Hollywood reitet im Katastrophenfilm "The Day After Tomorrow"¹⁸ auf der herrschenden Klimawelle. Dieser Streifen hat eine neue Eiszeit infolge Versiegen des Golfstroms zum Thema, wobei dies wiederum durch vorherige globale Erwärmung verursacht werden soll. Der deutsche Klimaforscher Prof. Dr. Rahmstorf wird in der Boulevard-Presse interviewt, so im Spiegel, wobei er das im Film gezeigte Szenarium ausschließt, zum Klimathema im allgemeinen aber ein zutreffendes *"man muß die Gefahr ernst nehmen ..."* verlauten läßt [Spiegel, 2004].

Eine Politik der CO₂-Vermeidung, wie es das Kyoto-Protokoll fordert, würde viel Geld kosten und vor allem ärmere Entwicklungsländer in ihrem wirtschaftlichen Fortkommen behindern [Nordhaus, 1999].

Zur Information: Das Kyoto-Protokoll verlangt, die gemeinsamen Emissionen der wichtigsten Treibhausgase im Zeitraum von 2008-2012 um mindestens 5% unter das Niveau von 1990 zu senken.

Die wirtschaftliche Seite darf nicht allein gesehen werden. Kann es beispielsweise verantwortet werden, das Risiko einer weltweiten Erwärmung mit all den beschworenen Nachteilen, wie Anstieg des Meeresspiegels, Zunahme von Hurrikanen, Wüstenbildung usw. hinnehmen? Die angesehene amerikanische *Newsweek* schreibt hierzu:

"Es gibt bedrohliche Anzeichen, daß die Wetterverhältnisse der Erde begonnen haben, sich dramatisch zu verändern, und daß diese Änderungen hindeuten auf eine drastische Abnahme der Nahrungsmittelerzeugung – mit ernstesten politischen Auswirkungen für praktisch jede Nation auf der Erde. ...Die Anhaltspunkte für diese Voraussagen haben sich nun so massiv angehäuft, daß Meteorologen Schwierigkeiten haben, damit Schritt zu halten. ...Letztes Jahr im April, beim verheerendsten Ausbruch von Tornados, der je zu verzeichnen war, haben 148 Wirbelstürme mehr als 300 Menschen getötet und Schaden in Höhe von 500 Millionen Dollar in 13US-Staaten angerichtet. Wissenschaftler sehen in diesen ... Ereignissen die Vorboten eines dramatischen Wandels im Wettergeschehen der Welt. "Ein größerer Klimawechsel würde wirtschaftliche und soziale Anpassungen in weltweitem Maßstab erzwingen", warnt ein kürzlich erschienener Bericht der National Academy of Sciences (NAS) ...". Und weiter: "Klimatologen sind pessimistisch daß die politischen Führer irgendwelche

¹⁷ mit skeptisch bzw. "Skeptiker" werden in diesem Beitrag diejenigen bezeichnet, die anthropogenes CO₂ als alleinige maßgebende Ursachen von Klimaänderungen verneinen. Daß es Klimaänderungen gibt, ist allgemeiner Konsens, ferner, daß anthropogenes CO₂ klimawirksam ist.

¹⁸ Der Titel "übermorgen" war wohl zu langweilig für einen Katastrophenfilm

positiven Maßnahmen ergreifen werden, um die Folgen des Klimawandels auszugleichen oder seine Auswirkungen zu verringern. ... Je länger die Planer zögern, desto schwieriger werden sie es finden, mit den Folgen des klimatischen Wandels fertig zu werden, wenn die Ergebnisse erst bittere Wirklichkeit geworden sind."

Dieser von v.Alvensleben's [Alvensleben, 2002] zitierte und ins Deutsche übertragene Text aus [Newsweek, 1975] ist allerdings schon gut 20 Jahre alt und warnte damals vor dem genauen Gegenteil der heutigen Befürchtungen, nämlich vor einer katastrophalen, globalen Abkühlung infolge der von der Industrie verursachten Luftverschmutzung durch Aerosole, die dann nicht mehr genug wärmendes Sonnenlicht hindurch lassen würden: Ältere Leser werden sich vielleicht noch an den "globalen Winter" im Zusammenhang mit befürchteten Aerosolfreisetzen nach nuklearen Explosionen erinnern. Dr. Stephen Schneider vom US National Center for Atmospheric Research in Boulder Colorado, einer der heutigen Vordenker der globalen Erwärmungs-Prophetie, warnte 1971, daß anthropogen verursachte Aerosole die globale Temperatur in Kürze um 3,5 °C verringern würden [Rasool, 1971]. Offizielle Verlautbarungen des U.S. National Science Board der National Science Foundation war: "*.. the present time of high temperatures should be drawing to an end ... leading into the next glacial age*": 1974 stellte dieses Board fest "*During the last 20 to 30 years, world temperature has fallen, irregularly at first but more sharply over the last decade*" [Schlesinger, 2003].

In diesem Zusammenhang muß daran erinnert werden, daß sich inzwischen die Kenntnisse über Klimazusammenhänge infolge erheblich zugewonnener Forschungsergebnisse maßgebend verbessert haben. Die damaligen Warnungen sollen daher hier nicht als Argumentationshilfe für die "Unschuld" des menschengemachten CO₂ mißverstanden werden, sie sollen lediglich aufzeigen, wie schnell sich wissenschaftliche Meinungen auch wieder ändern können.

Das Problem einer möglichen, zukünftigen Klimakatastrophe durch zu hohe atmosphärische CO₂-Konzentration kann angesichts der für den Europäischen Steuerbürger vorgesehenen Belastungen durch Klimapolitik und der hohen Mittelaufwendungen für CO₂-Reduktionen, die für den Umweltschutz verloren sind, nicht mehr allein von akademischem Interesse sein.

3 Das Kyoto-Protokoll und sein Nutzen

Das BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) hat eine in Inhalt und Aufmachung sehr informative Broschüre "Herausforderung Klimawandel: Bestandsaufnahme und Perspektiven der Klimaforschung" in 2003 herausgebracht [BMBF, 2003], deren Verfasserliste dem "Who is Who" der deutschen Klima-Forschung entspricht und über deren wissenschaftliche Qualität kein Zweifel bestehen kann. In dieser Broschüre ist auf S.10 zum Kyoto-Protokoll zu lesen:

"Daher ist das Protokoll in seiner jetzigen Form kaum geeignet, das Klima zu stabilisieren. Seine Wirkung ist eher im politischen Bereich zu finden"¹⁹ ..."

und nochmals auf S.51

"die Auswirkungen des Kyoto-Protokolls sind nur vereinzelt hochgerechnet worden. Danach scheint die im Kyoto-Protokoll vorgesehene Reduktion der Treibhausgas-Emissionen der Industrieländer nur einen geringen Effekt auf die Temperaturentwicklung zu haben .."

¹⁹ man beachte die sublimen Unverschämtheit dieses Satzes dem offenbar nicht als mündig angesehenen Bürger gegenüber.

Der Europäische Steuerzahler dürfte, falls ihm diese Broschüre kenntlich wäre, nicht erbaut sein. Von der Politik werden kostspielige Maßnahmen durchgesetzt, deren verschwindender faktischer (nicht politischer!) Nutzen hier korrekterweise offiziell dokumentiert ist. Man könnte die politischen Klimadirektiven in Richtung Kyoto daher zu Recht als Unterschlagung von Sachinformation dem Wahlbürger gegenüber bezeichnen. Um nicht mißverstanden zu werden, es geht hier nur um das Naturgas CO₂. Emissionsreduktion von die Ozonschicht schädigenden FCKW-Gasen, Schwefelverbindungen, Stickoxiden etc., ferner Wiederaufforstung von Wäldern sind absolut sinnvoll und wünschenswert, dieser Teil des Kyoto-Protokolls verdient volle Unterstützung.

Der wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung führt in seiner offiziellen Broschüre "Ziele für den Klimaschutz 1997, Stellungnahme zur dritten Vertragsstaatenkonferenz der Klimakonventionen in Kyoto" auf S. 8 im Abschnitt 2.1 folgendes aus [WBGU, 1997]:

"...Wegen der hohen Klimavariabilität ist es sehr schwierig nachzuweisen, ob der Mensch die beobachtete Klimaänderung mit verursacht hat...."

und weiter auf S. 9

"... kommt der IPCC-Bericht zu dem Schluß, die Abwägung der Erkenntnisse lege einen erkennbaren menschlichen Einfluß auf das globale Klima nahe ..."

Diese sehr vorsichtige Aussage von 1997 kontrastiert stark zu den heutigen, nur acht Jahre jüngeren, von Experten der gleichen Meinungsrichtung verfaßten Artikeln, die Skeptiker einer kommenden CO₂-Wärme katastrophe bereits in die Ecke unbelehrbarer Nörgler stellen. Der Klimaforscher Prof. Rahmstorf etwa zeigt in einem, sich nicht an Fachleute richtenden Internet-Artikel sogar Leugnern von Klimawandel²⁰ die „rote Karte“ [Rahmstorf, 2004, 1].

Das BMBF hat, wie sich in diesem Beitrag später bestätigen wird, korrekt ausgesagt. Jaworowski beschreibt die faktische Nutzlosigkeit von Kyoto aus etwas anderer Sicht, indem er ausführt: *"In 2100 under the mandatory emission restrictions of the Kyoto Protocol, the temperature would be diminished by 0.2 °C or, to use the figures of the global warners, with Kyoto, the temperature increase that we would experience in the year 2094, would be postponed until the year 2100. Thus, the Kyoto Protocol buys the world six years"* [Jaworowski, 2003].

Daher kann daher, von keinem wissenschaftlichen Lager widersprochen, festgehalten werden:

Sinnvolle Diskussionen um CO₂-Emissions-Reduktionen nach den Kyoto-Richtlinien sind obsolet, da nach heutigem Stand wissenschaftlicher Konsens darüber besteht, daß die Kyoto-Maßnahmen faktisch wirkungslos sind.

Ein näheres Nachforschen in Sachen CO₂-Emissionsreduktionen und Kyoto führt zu Aussagen, die gemäß einem längeren E-Mail-Diskussionsaustausch des Autors mit dem Schweizer Klimaforscher Dr. Urs Neu - Neu vertritt die IPCC-Linie - hier wie folgt zitiert werden: *"Die Kyoto-Maßnahmen reichen nicht aus, der Effekt ist tatsächlich vernachlässigbar klein. Es müssten gemäß IPCC schon 30% oder gar 50% Reduktion in dem von Kyoto vorgesehen Zeitraum sein"*, [Neu, 2004]. Über die bei solchen Emissions-Vermeidungen entstehenden, alle Vorstellungen sprengenden, volkswirtschaftlichen Kosten wurde im E-Mail-Austausch mit Dr. Neu nicht diskutiert.

²⁰ ernst zu nehmende Leugner des Klimawandels gibt es nicht, auch nicht im Skeptikerlager, niemand bezweifelt Klimawandel, insofern ist die rote Karte sogar berechtigt.

Jeder Naturwissenschaftler mit gesunder Neugier muß aber jetzt auch in der zugrunde liegenden, allgemeineren Frage "*wird anthropogenes CO₂ eine künftige Klimakatastrophe verursachen, oder nicht*"? aufmerksam werden, denn es ergibt sich folgende Logik: Sollte das IPCC und alle Klimaforscher gleicher Meinungsrichtung Recht haben, so müssen sich zwischen etwa 1997, also dem Zeitpunkt des damaligen "wir-wissen-noch-nichts" [WBGU, 1997] und dem heutigen Tage stringente neue Beweise für eine kommende Klimakatastrophe angesammelt haben. Träfe dies zu, wären die IPCC-Warnungen ernst zu nehmen, wir können allerdings, wie oben bereits ausgeführt, mit den bisherigen, noch nicht einmal voll umgesetzten Kyoto-Maßnahmen, nichts ändern. Viel stärkere und die globalen Volkswirtschaften völlig umwandelnde Maßnahmen wären in diesem Falle gefordert.

4 Die Klimafrage über Kyoto hinaus

Klima und Meteorologie sind Spezialgebiete der Physik. Dementsprechend sind Klimaforscher vorwiegend Physiker, mit Ausnahme von interdisziplinär mitarbeitenden Fachleuten anderer Gebiete, wie Chemikern, Ingenieuren, Biologen, Geologen etc. IPCC-Vertreter lassen keine Kritik an ihrer CO₂-Hypothese bei fehlender Zugehörigkeit zum engsten Klima-Expertenkreis zu. Insbesondere werden von dieser Seite immer wieder - und teilweise zu Recht - die folgenden Defizite von Kritikern, im allg. "Skeptiker" genannt, betont

- fehlende Detail-Kenntnisse,
- fehlende Kenntnisse über den letzten Stand neuester Forschungsdiskussionen,
- Informationen aus dem Internet anstatt aus Fachzeitschriften
- bevorzugte Berücksichtigung von Skeptiker-Autoren
- Seriosität von Autoren, Zeitschriften etc., die Skeptiker-Artikel veröffentlichen
- Maßgebende Skeptiker-Fachleute und Skeptiker-Organisationen, Apelle von Wissenschaftlern zur Neutralität der Forschung etc. sind von Shell, Exxon, gesponsort

Diese Kritik geht am Kernpunkt vorbei. Details und Aussagen der Klimaforschung sind komplex, Vereinfachungen, nicht Verfälschungen, sind daher für allgemeine Aussagen unabdingbar. Für solche Vereinfachungen sind unvorbelastete Nicht-Fachleute vielleicht sogar besser geeignet als Experten. Mit Nicht-Fachleuten sind Naturwissenschaftler, wie z.B. Physiker oder Chemiker gemeint, deren Spezialgebiet nicht das Klima ist²¹.

Die auf einen Punkt zusammengefasste Kernfrage, ob nämlich anthropogenes CO₂ an der heute beobachteten Erwärmung hauptverantwortlich ist oder nicht, kann, das wurde bereits in der Zusammenfassung erwähnt, heute noch nicht mit hinreichender Sicherheit beantwortet werden (es ist beteiligt, nur das ist sicher). Wenn Klimatologen behaupten, sie könnten es mit bis zu 80% oder 90% Wahrscheinlichkeit beantworten, ergibt sich die naheliegende Frage: „Rechtfertigen immerhin 10% bis 20% Irrtumswahrscheinlichkeit den Aufwand der Kyoto-Prozedur“? Und weiter kann gefragt werden: „Woher kommen eigentlich diese 10% oder gar 20%, ein sehr kleiner Prozentsatz ist es nicht gerade, warum spricht ihr nicht öffentlich lauter über diese Unsicherheiten“? Dem Autor ist trotz intensiver Bemühungen, über einschlägige, statistische Nachweise etwas in Erfahrung zu bringen, nichts bekannt geworden, was in Anbetracht der unzähligen Einflußfaktoren, Unsicherheiten und Unbekannten auch zu erwarten war.

Auf die per E-Mail gegenüber Dr. Neu geäußerte Verwunderung des Autors antwortete Neu [Neu, 2004]:

²¹ in diesem Zusammenhang sei an den bekannten Physiker Prof. Dr. Dürr erinnert (er erhielt den alternativen Nobelpreis), dessen Aussage über die Nutzlosigkeit des US-Raketenschildes (SDI) auf dem ausdrücklichen Ignorieren von Expertenaussagen basierte.

"Ein einzelner Forscher kann allein eine solche Zusammenfassung, wie Sie sie fordern, gar nicht liefern, weil das Feld zu breit und zu komplex ist. Das kann nur eine grössere Gruppe von Experten. Genau das hat das IPCC getan (siehe Zusammenfassungen, wie oben). Da hat übrigens auch ein Direktor eines deutschen Max-Planck-Institutes mitgearbeitet. Und der war nicht der Ansicht, das alleine tun zu können".

Faktisch heißt das wohl, daß die IPCC-Aussagen von einem einzelnen Fachmann nicht mehr als nachvollziehbar²² bezeichnet werden. Eine solche Situation ist ohne Beispiel in der bisherigen physikalischen Forschung und das in einer für die Öffentlichkeit äußerst wichtigen Angelegenheit, die mit kostspieligen politischen Entscheidungen verknüpft ist.

5 Die CO₂-Frage

CO₂ ist neben anderen in der Erdatmosphäre enthaltenen Gasen und vor allem dem Wasserdampf am Treibhauseffekt²³ beteiligt. Durch CO₂-Emissionen aus Kraftfahrzeugen und konventionellen Kraftwerken, durch Brandrodung von Wäldern etc. erfolgt künstlicher Eingriff in den natürlichen CO₂-Kreislauf der Erde. Ist dieser Eingriff stark genug, unser Klima nachhaltig zu ändern?

Diese zentrale Frage beschränkt sich auf das CO₂, das nur grob zu etwa 0,035 %v (Volumenprozent) in der unteren Atmosphäre vorhanden ist und daher als Spurengas gilt. Dabei wird stillschweigend unterstellt, daß nur dieses Gas einer maßgebenden anthropogenen Einwirkung unterliegt, was die Realität vereinfacht, weil z.B. auch Methan aus Viehhaltung oder industrielle FCKW-Gase (Schädigung der Ozonschicht) direkt oder indirekt bei Klimaveränderungen mitspielen. So finden sich z.B. Angaben, daß inzwischen Nutztiere grob 10% aller Treibhausgase emittieren. Um die Dinge nicht unnötig zu komplizieren, wird aber auch der vorliegenden Beitrag die vorwiegende Sicht auf das CO₂ beibehalten.

6 Warum eine Antwort auf die CO₂-Frage schwierig ist

- Klimageschehen sind von starken Rückkoppelungseffekten²⁴ geprägt, d.h. kleine Ursachen können sich zu großen Wirkungen aufschaukeln. Es ist dann schwierig, von den beobachteten Wirkungen auf die Ursachen zu schließen.
- Maßgebende Größen unterliegen nur sehr kleinen örtlichen und zeitlichen Schwankungen, wie z.B. Temperaturwerte, die in vielen Jahrzehnten nur um wenige Grade oder gar Bruchteile von Grad schwanken. Es ist schwierig, solche kleinen Änderungen aus dem natürlichen Rauschen²⁵ herauszufiltern. Dies gilt ganz besonders für die hier interessierenden menschlichen Einflüsse.
- Reale Klimaphänomene sind nicht reproduzierbar und m.E. auch keinen Experimenten zugänglich, so daß die Klimaforschung, wie auch die Astronomie, ohne Experimente auskommen muß.

²² So etwas ist bislang nur (ausnahmsweise) von extrem komplexen mathematischen Beweisen bekannt, die von einem einzelnen Gutachter nicht mehr verifiziert oder falsifiziert werden können und daher einem Gremium von Gutachtern vorgelegt werden.

²³ Der Treibhauseffekt ist heute bereits Schulstoff, die Kenntnis des Hauptmechanismus kann hier vorausgesetzt werden.

²⁴ gelegentlich ist von Regelungskreisläufen die Rede, was aber falsch ist. Ein Regelungskreislauf besitzt Stell- und Regelungsgrößen, die Natur will aber nichts "regeln".

²⁵ Mit "Rauschen" wird hier die Gesamtheit von Unsicherheiten bzw. Ungenauigkeiten aus Meßwerten und aus Computer-Klimamodellen bezeichnet.

- Die Zeitskalen von Klimaereignissen sind sehr groß (mehrere 10 Jahre bis zu vielen 100-tausend oder Millionen Jahren). Direkte, verlässliche Messungen zum Klima gibt es aber erst seit grob 350 Jahren. Für die heutigen Modelle wichtige Vergangenheitsdaten, z.B. Temperatur und Bestandteile der Atmosphäre, können infolgedessen nur indirekt ermittelt werden und unterliegen daher besonders großem Rauschen.

Nichttechnische Gründe dürfen nicht übersehen werden:

- Wegen der Brisanz des Themas ist Klimaforschung zum Politikum geworden. Es gilt aber - Humor darf erlaubt sein - *"Der natürliche Feind des Politikers ist der Sachverstand"*.
- Z.Zt. wird sehr viel Geld in die Klima-Forschung gesteckt, und Geldgeber erwarten Ergebnisse. Forscher sind Menschen, und die Versuchung, bei hohen Fördermitteln den Erwartungen der Auftraggeber entgegen zu kommen.....? Betroffen sind beide Lager: Wurde ein amerikanischer Präsident, der der Erdölindustrie nahesteht und das Kyoto-Protokoll mit der Begründung "faulty science" ablehnte²⁶, wirklich objektiv beraten? Von einer Organisation wie SEPP [SEPP] wird von IPCC-Seite gesagt, daß sie von der US-Erdölindustrie gesponsort sei (kann hier nicht nachgeprüft werden). Könnte man sich aber andererseits an den z.Zt. reich mit Forschungsmitteln versehenen Klimafolgenforschungs-Instituten Professoren Aussagen wie *"alles halb so schlimm mit dem menschengemachten CO₂"* überhaupt vorstellen? - dann nämlich versiegen die Forschungsgelder. Dem IPCC gehören tausende Klima-Experten an, seine Politik basiert aber auf Mehrheitsentscheidungen, d.h. abweichende Meinungen werden in IPCC-Papers oder IPCC-Verlautbarungen nicht diskutiert [vAlvensleben, 2002], [Beck, 2004].
- In der Klimaforschung ist der Ermessensspielraum für wissenschaftlich gerade noch vertretbare Endaussagen, verglichen mit anderen Fachgebieten, extrem hoch. Wenn man sich vielleicht eine Unsicherheits-Skala vorstellt, die für die Mathematik fast den Wert Null anzeigt, befindet sich die Klimaforschung und die moderne, theoretische Kosmologie wohl am anderen Ende (das ist keine abwertende Aussage zur Kompetenz oder Qualität der betreffenden Forscher!). Von einigen Forschern werden diese Ungewißheiten aber in für die Allgemeinheit gedachten Veröffentlichungen bis zur letzten Möglichkeit ausgereizt, ohne auf die großen Fehlermargen gebührend hinzuweisen. Sie nehmen dabei billigend in Kauf, daß in der Öffentlichkeit in Verbindung mit der Reputation des Aussagenden der Eindruck entstehen muß, es handele sich um nachgewiesene, unverrückbare und gesicherte Tatsachen.

7 Informationsquellen

Vom Autor wurden leicht erreichbare Internet-Experten-Beiträge mit einem Niveau verwendet, das etwa Vorträgen in öffentlichen physikalischen Kolloquien an Universitäten entspricht. Besonders wurden Autoren beachtet, die kein erkennbares Interesse an "Ergebnissen" haben konnten. Hinweise auf Originalarbeiten wurden aus Artikeln der vorgenannten Qualität unbesehen übernommen, wobei vorausgesetzt wurde, daß es mit Veröffentlichungen in renommierten Organen, wie z.B. Nature seine Richtigkeit hat²⁷. Dieses Vorgehen des Autors ist angreifbar, es kommt hier aber weniger auf wissenschaftlich umstrittene Details sondern auf das aus vielen Details resultierende Gesamtbild an. Nachfolgend die wichtigsten herangezogenen Webseiten:

²⁶ Tatsächlich schrieb Bush nur die Klimapolitik von Clinton fort, denn in dessen Amtszeit lehnte der US-Senat bereits die Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls ab.

²⁷ falls der Leser Unrichtigkeiten, falsche Zuordnungen o.ä. entdeckt, wird er gebeten, unter moluedecke@aol.com Nachricht zu geben, damit diese Dinge berichtigt werden können

Das IPCC [IPCC]

Mit dem IPCC haben sich auf internationaler Basis zahlreiche Forscher zusammengeschlossen. Das IPCC ist die beste und umfangreichste wissenschaftliche Informationsquelle für Klimarecherchen. Aussagen des IPCC wurden im vorliegenden Beitrag so oft wie möglich herangezogen.

Eine der Zentraussagen des IPCC, die mittlere globale Erwärmung bis zum Jahre 2100 würde sich auf Grund von unterschiedlichen Klima-Szenarien zwischen 1,4 bis 5,6 °C bewegen [IPCC, *], ist irritierend, weil die Nachkommastellen Genauigkeitsaussagen beinhalten, die der Fehlerbreite von etwa 4 °C widersprechen. Es müßte korrekt "zwischen 1 °C und 5 °C" lauten (man geht auch nicht in den Baumarkt und verlangt das Zuschneiden eines Holzbretts auf 1,001357 m Länge). Dieser Einwand wurde im Übrigen von Dr. Neu als zutreffend bestätigt, so daß hier im folgenden immer nur von 1 °C und 5 °C die Rede sein wird.

Um einen Eindruck von der vom IPCC prognostizierten Bedrohung zu erhalten, Bild 7.1 aus [Beck, 2004].

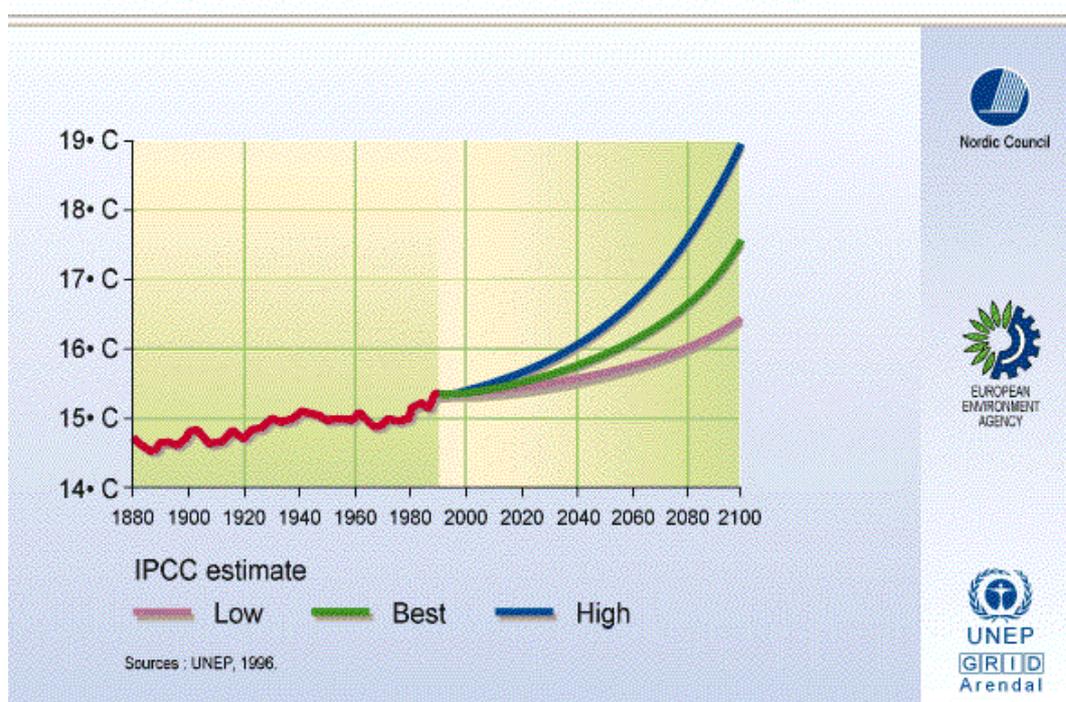


Bild 7.1: globale mittlere Temperaturen gemäß IPCC-Modell-Berechnungen, aus [Beck, 2004]

Die Webseiten von Prof. Dr. Rahmstorf, Uni Potsdam [Rahmstorf] und von Prof. Dr. Schönwiese, Uni Frankfurt [Schönwiese]:

Beide Institute bieten umfangreiche Informationen. Insbesondere Rahmstorf tritt mit vielen allgemein gehaltenen Aufsätzen an die Öffentlichkeit, die nach Meinung des Autors oft aber zu sehr in die pessimistische Richtung gehen und in üblicher IPCC-Politik "entlastendes" Material nicht gerade "betonen". Rahmstorf hat den Autor per gegenseitigem Austausch zahlreicher E-Mails auf fachliche Unrichtigkeiten hingewiesen, die inzwischen beseitigt wurden und wofür an dieser Stelle gedankt wird [Rahmstorf, 04/05]. Von einer Einigkeit in den Meinungsstandpunkten zwischen Rahmstorf und dem Autoren kann natürlich keine Rede sein.

Die Internet-Seite mm_physik [Krahmer, 2004]:

Von Krahmer und Beck [Beck, 2004] hat der Autor wegen ihrer guten Qualität viele Abbildungen in diesen Beitrag per cut and paste übernommen. Auf der Seite mm_physik gefunden:

G. Marsh: A Global Warming Primer [Marsh, 2002]:

Vom US National Center for Public Policy Research herausgegeben, dessen Board March angehört. March ist Physiker im renommierten Argonne National Laboratory und Klimaforscher. Es handelt sich um eine auf hohem Niveau gehaltene Übersicht. Für naturwissenschaftlich weniger versierte Leser wegen der vielen Berechnungen und vorausgesetzten Physik-Kenntnisse (z.B. die Erde als Schwarzkörper-Strahler etc.) nur bedingt brauchbar. Wohl bester umfassend informierender Beitrag für Physiker als Leser.

Prof. Dr. Z. Jaworowski: Solar Cycles, not CO₂, Determine Climate [Jaworowski, 2003]:

Jaworowski ist Physiker und Klimaforscher sowie Chairman of the "Scientific Council of the Central Laboratory for Radiological Protection" in Warschau. Der Artikel richtet sich auch an Nicht-Naturwissenschaftler. Er ist aber in allen Teilen noch gut allgemeinverständlich. Wohl bester Kompromiß zwischen wissenschaftlich gutem Niveau und ausreichenden Verständlichkeit. Die Seriosität der Zeitschrift, in der Jaworowski veröffentlichte, wird vom IPCC-Lager angegriffen, die Sachaussagen von J. dagegen weniger.

Fachmeinungsstreit zwischen v. Alvensleben und Rahmstorf [vAlvens/Rahm, 2004]:

Ein Vortrag des Physikers v.Allensleben gelangte an Rahmstorf, der ihn dann einer ausführlichen, öffentlichen Kritik unterzog. Daraufhin erfolgte die öffentliche Replik auf diese Kritik seitens v.Allensleben. Dieser Wissenschaftlerstreit ist interessant, weil hier in so gut wie in allen kontroversen Punkten mit Argument und Gegenargument ein Vertreter der IPCC-Auffassung Rede und Antwort steht. Für die notwendigen Voraussetzungen des Lesers gilt, daß doch einige physikalische Kenntnisse notwendig sind, um sachkundig in den strittigen Fragen miturteilen zu können.

Der E-Mail-Austausch zwischen Autor und dem Klimaforscher Dr. Urs Neu von der Universität Bern

Dr. Neu ist zur Kenntnis einer Vorläuferversion des vorliegenden Beitrags gelangt, hat den Inhalt kritisiert und den Autor auf viele Detailfehler hingewiesen. Inzwischen sind diese Detailfehler beseitigt, die grundsätzliche Meinungsverschiedenheit zwischen dem Autor und Dr. Neu ist natürlich geblieben. Der Autor sagt an dieser Stelle Herrn Dr. Neu besonderen Dank für die immer wieder auflebende, interessante und (zumindest für den Autor) fruchtbare E-Mail-Diskussion.

Die Webseite SEPP [SEPP]

Eine dem IPCC widersprechende US-Seite, die gemäß IPCC angeblich mit Vorsicht zu betrachten sei, da es sich um eine von der US-Industrie gesponsorte, nicht objektive Organisation handeln soll (der Leser möge selber nachprüfen). Neben vielen Beiträgen undiskutablen Niveaus gibt es viele gute, lesenswerte Beiträge. Interessant sind vor allem die hier zu findende Appelle angesehener wissenschaftlicher Organisationen, wie z.B. das Heidelberger Manifest [Heidelberg, 1992] oder die Leipziger Deklaration [Leipzig, 1997], in der viele Fachleute, eingeschlossen zahlreiche Nobelpreisträger, an die Öffentlichkeit appellierten, die Klima-Diskussion zu versachlichen und zu entpolitisieren (gemäß E-Mail-Mitteilung von Prof. Rahmstorf an den Autor waren viele Unterzeichnende der Leipziger Deklaration keine Klima-Experten). Alle diese Manifeste blieben in der Öffentlichkeit leider unbeachtet. Aufgeführt in SEPP ist aber auch die Oregon-Petition, die gemäß Angabe von Rahmstorf nicht seriös sei (kann hier nicht nachgeprüft werden).

8 Grundlagen zur Klimafrage

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Grundlagen und Fakten sind allgemeiner Konsens, der oft bereits schon aus guten Lehrbüchern abgegriffen werden kann. Daher werden hier nur im Fall speziellerer, nicht allgemein bekannter Fakten nähere Literaturangaben gemacht. Falls kein Konsens besteht, wird darauf hingewiesen.

8.1 Klima und Zeitskalen

Im Gegensatz zum Wetter ist Klima ein Sammelbegriff für den mittleren Zustand des Wetters über einen längeren Zeitraum, im allg. mindestens etwa 30 Jahre.

Klima-Variablen sind

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Niederschlagsmengen
- Wind
- Bewölkung
- Nebel
- Verdunstung
- Strahlungshaushalt etc.

Das Klima einer Region oder eines bestimmten Ortes wird nicht durch feste Werte dieser Variablen beschrieben sondern durch Häufigkeitsverteilungen, wodurch sich Aussagen über Abweichungen von Mittelwerten und Statistiken ableiten lassen²⁸.

Die in populären Presseveröffentlichungen gelegentlich zitierten zu warmen Sommer, zu feuchten oder zu trockenen Winter usw. der letzten Jahre sind Wettergeschehen und haben mit dem Begriff Klima primär nichts zu tun. Hierzu gehören auch die angeblich in ihrer Größe noch "nie dagewesenen" Hochwasserereignisse²⁹ von Flüssen. Erst dann, wenn ein über mehrere Jahrzehnte sich festsetzender Trend nachweisbar ist, darf von Klimageschehen die Rede sein.

In der hier angesprochenen Auseinandersetzung geht es im wesentlichen um Klimageschehen in Zeiträumen ab 30 Jahren bis zu etwa 2000 Jahren. Diese Anmerkung ist wichtig, weil nicht immer die gleichen Mechanismen zuständig sind. Die Milankovich-Zyklen der Erdbahn beispielsweise wirken nur in sehr viel größeren Zeiträumen [Milankovich].

Zeitraum	Bezeichnung	für diesen Beitrag vorwiegend relevant
Monate - 30 Jahre	Wetter	nein
30 – 2000 Jahre	kurzfristige Klimaänderungen	ja
10 000-1 Mio Jahre	langfristige Klimaänderungen	m.E. nein

Obwohl hier nicht vorrangig von Interesse, ein Wort zu den langfristigen Klimaänderungen über deren Ursache im Detail zwar noch nicht keine völlige Klarheit herrscht, über die aber im Großen und Ganzen Konsens besteht. Es sind diese:

²⁸ Mark Twain definiert die Steigerung "Lies, Damned Lies, Statistics". Um den Humor nicht zu vergessen, schlägt der Autor die neue Steigerung "Lies, Damned Lies, Climate" vor.

²⁹ Falls der Leser einmal in die Heimatstadt des Autors, Heidelberg, kommt, möge er die Hochwassermarken an der alten Brücke beachten. Die höchsten Pegelmarken wurden zu Zeiten erreicht, in denen es noch kein menschgemachtes CO₂, keine Flußbegradigungen, Bodenversiegelungen usw. gab.

- Änderung der Solarkonstanten³⁰ und des Magnetfeldes der Sonne
- Änderungen in der Erdumlaufbahn in Bezug auf das Zentralgestirn (Milankovich-Zyklen [Milančovich])
- Änderungen in Stärke und Zusammensetzung der kosmischen Strahlung, z.B. verursacht durch das Passieren des Sonnensystems von aktiveren oder weniger aktiven Zonen unserer Galaxis
- langfristige terrestrische Phänomene, wie länger andauernder, vermehrter Vulkanismus

8.2 Der Treibhauseffekt

Er ist bereits Schul-Unterrichtsstoff. Ohne ihn läge die mittlere Temperatur in Bodenhöhe bei etwa -18 °C, mit ihm liegt sie gegenwärtig bei 15 °C. Die Hauptverursacher des Treibhauseffekts sind vorwiegend der Wasserdampf und, erst in sehr viel kleinerem Maße, das CO₂.

Der untere Teil der Atmosphäre, die sog. Troposphäre ist für den Treibhauseffekt verantwortlich, weil sie den Löwenanteil an Treibhausgasen enthält. Der von der Sonne ankommende Wärmestrom wird in W/m² gemessen, er beträgt in Erd-Entfernung von der Sonne 1367 W/m² und wird Solarkonstante genannt. Für den auf die Erde treffenden Wärmestrom ergibt sich, da er geometrisch auf eine Scheibe trifft, ihn die gesamte Erdoberfläche aber aufnimmt

$$\frac{\pi \cdot r_{\text{Erde}}^2}{4\pi \cdot r_{\text{Erde}}^2} \cdot 1367 = 342 \text{ W/m}^2,$$

wovon 100 W/m² sofort wieder reflektiert werden. 242 W/m² werden also aufgenommen und erst nach Verstreichen eines relativ langen Zeitraums allmählich wieder in den Weltraum abgegeben.

Die Hauptverursacher des Treibhauseffekts, Wasserdampf und CO₂ sind für sichtbares Licht durchlässig, halten dagegen längerwelligeres Licht, das von der Erde, vorwiegend den Ozeanen, wiederabgestrahlt wird, teilweise zurück. Der Treibhauseffekt G ist definiert als die aktuelle Differenz der Wärmeströme in W/m²

$$\boxed{G = (\text{von Ozeanen emittierte Wärme}) - (\text{in den Weltraum emittierte Wärme der Tropopause})}$$

[Marsh, 2002]. Für G wird 146 W/m² für klaren Himmel und 179 W/m² für mittlere Bewölkung angegeben [Ravel, 1989].

Der Treibhauseffekt ist noch nicht befriedigend verstanden. Wenn sich beispielsweise die Ozeane erwärmen, wird mehr Wasser in die Atmosphäre ausgegast, so daß, unter Berücksichtigung des Rückkoppelungseffekts, der Treibhauseffekt überproportional ansteigen sollte. Dieses Phänomen ist als Super-Treibhauseffekt bekannt. Der Treibhauseffekt sollte daher eigentlich ein hoch nichtlineares Phänomen sein, was von der Realität aber widerlegt wird, denn Super-Treibhaus wird nicht beobachtet. Also muß es so etwas wie einen negativen Rückkoppelungseffekt geben. Klarheit in dieser Frage herrscht heute trotz vieler Forschungen über dieses unverstandene Problem noch nicht [Harries, 2000]. Von einigen IPCC-Warnern werden allerdings Katastrophenszenarien entworfen, die dem Super-Treibhaus entsprechen, wie z.B. Ansteigen der Meeresspiegel über 20 m usw.

³⁰ Zu diesem Begriff später die genaue Definition

8.3 Das Spurengas CO₂, sein Zyklus und seine Zunahme

CO₂ ist ein natürliches Gas, das u.a. bei Atmungs- und Verbrennungsvorgängen freigesetzt wird und für den Metabolismus von Pflanzen unabdingbar ist. Seinen Volumenanteil in der trockenen Atmosphäre über dem Erdboden zeigt im Vergleich mit anderen Bestandteilen der Atmosphäre folgende Tabelle:

Stoff	%v (Volumen)
N ₂	78,08
O ₂	20,95
Ar	0,934
CO ₂	0,035
Ne	0,0018
Kr	0,0001
Xe	0,000009
O ₃	0,000001
Wasserdampf	stark schwankend im Prozentbereich

Die Bezeichnung Spurengas bei einem Anteil von nur 0,035 %v ist verständlich. Dieser Wert erscheint auf den ersten Blick recht klein, ist aber kein Grund zur Entwarnung. Riesige Mengen von CO₂ sind in den Weltmeeren gebunden und ganze Gebirge setzen sich aus CaCO₃ zusammen. Zur Biologie des CO₂ nur Weniges, weil dieser Aspekt hier nicht weiter interessiert:

Die großen Tropenwälder sind infolge Zersetzungsprozessen Erzeuger von CO₂. Pflanzen und Algen benötigen CO₂ und produzieren hierbei zusammen mit Sonnenenergie Sauerstoff. Viele Pflanzen (z.B. Korn) wachsen mit höherer CO₂-Konzentration besser, wobei bei der gegenwärtigen CO₂-Konzentration der Erdatmosphäre noch längst keine Sättigung dieses Effekts erreicht ist. Weizen gedeiht z.B. am besten erst bei einer sehr hohen CO₂-Konzentration von 0,12 %, also etwa dem Vierfachen des heutigen Werts, der auch bei Verbrennung aller fossilen Brennstoffe der Erde niemals erreicht werden kann [Atmo]. Für die Atmung ist CO₂ bis zu einer Konzentration von ca. 2 % unerheblich.

Zahlreiche Quellen und Senken von CO₂ spielen in dem überaus komplexen CO₂-Zyklus mit, der hier aus Platzgründen nicht näher beschrieben werden soll. Eine schön illustrierte Zusammenstellung ist die von Beck [Beck, 2004]. Für nähere Informationen zum Thema CO₂-Zyklus wird auf das IPCC oder Beck verwiesen. Über wichtige Größen geben Marsh und das IPCC Auskunft [Marsh, 2002], [IPCC]. Das Verbrennen fossiler Brennstoffe entläßt rd. 18 Gt pro Jahr in die Atmosphäre, das Verschwinden von Wäldern ist für weitere 7 Gt verantwortlich, zusammen sind dies 25 Gt (1 Gt = 10⁹ t oder 10¹² kg). Die Ozeane enthalten 50-65 mal soviel CO₂ wie die Atmosphäre, während der Boden und die Landpflanzen nur etwa drei mal soviel speichern.

1 ppmv (parts per million Volumenanteil) atmosphärisches CO₂ entspricht 8,2 Gt CO₂. Das IPCC schätzt den natürlichen globalen Jahresumsatz an CO₂, d.h. Aufnahme und Abgabe von Pflanzen, Boden, Ozeanen etc. zu 735 Gt. Wir haben also ein Verhältnis von 25 / 735, also grob 3% anthropogenen Anteil am natürlichen CO₂-Zyklus. Es sei bereits jetzt schon angemerkt, daß, um sinnvolle, quantitative Aussagen zu den Verhältnissen machen zu können, der CO₂-Zyklus sowie der Einfluß des CO₂ auf den Treibhauseffekt mit einer Genauigkeit verstanden sein muß, die besser als 3 von 100 ist, oder anders ausgedrückt, sollten Klima-Simulationsmodelle überhaupt relevante Aussagekraft besitzen, muß ihr Rauschen kleiner als 3% sein. Global wird seit längerem eine Zunahme des CO₂-Gehalts der Erdatmosphäre beobachtet. Bild 8.1 zeigt die Verhältnisse zwischen 1870 und 1990, entnommen aus [Beck, 2004]:

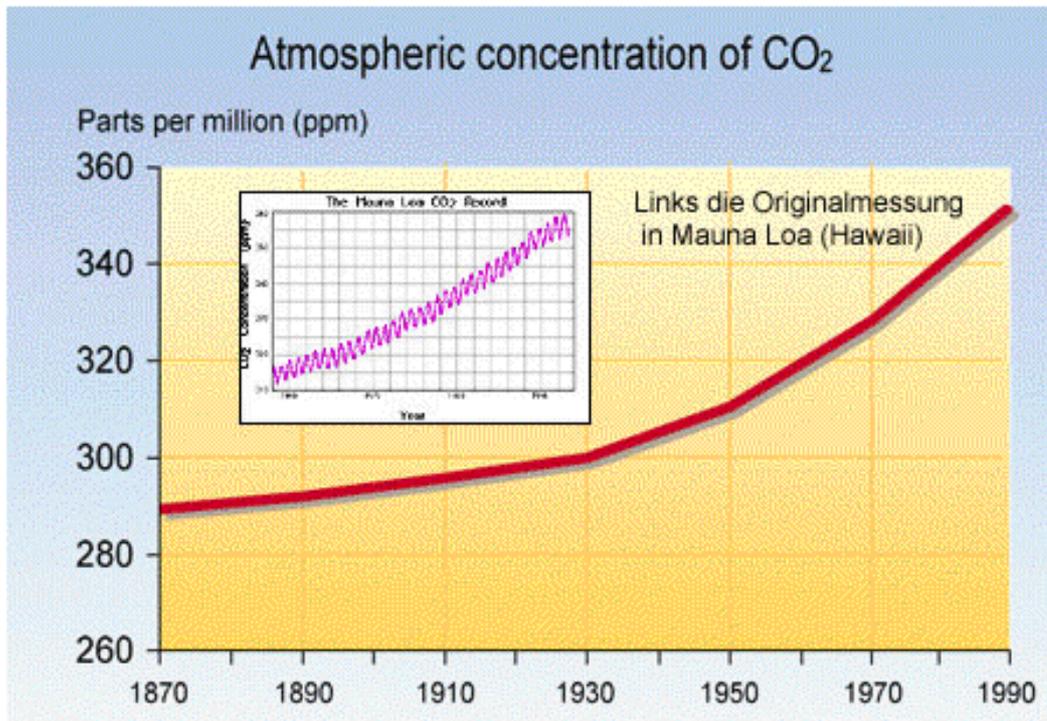


Bild 8.1: Atmosphärischer CO₂-Gehalt zwischen 1870 und 1990 mit einem Anstieg von etwa 20%. Die rote Kurve ist die offizielle IPCC-Kurve, aus [Beck, 2004]

Bild 8.1 ist sehr suggestiv und es ist allgemeiner Konsens, auch unter vielen Skeptikern, daß die in Bild 8.1 dokumentierte CO₂-Zunahme anthropogen ist. Unterstützt wird diese Auffassung durch Untersuchungen über die Isotopenverhältnisse in CO₂, die eindeutig auf fossile Verbrennung schließen lassen.

Eine nähere Sicht auf die Verhältnisse zeigt, daß indes auch hier noch einige Fragen offen sind. Die Schwierigkeiten liegen in den Unbekannten des CO₂-Zyklus: die Auf- bzw. Abgabemengen der Ozeane können nur grob geschätzt werden, insbesondere besteht keine ausreichende Kenntnis über die großen Hydratvorkommen unter Wasser. Auf- bzw. Abgabemengen der Bodenorganismen sind weitgehend unbekannt.

Marsh liefert eine Fehlerbetrachtung des CO₂-Zyklus und kommt zu dem Ergebnis, daß dieser Zyklus weder qualitativ noch quantitativ genau genug bekannt ist, um den Anteil des anthropogenen CO₂ an der gemessenen CO₂-Zunahme befriedigend gut angeben zu können. Allein für die biologische Pumpe sind 18 Gt CO₂ verglichen mit 26 Gt CO₂ aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen anzusetzen. In seiner Zusammenfassung zu diesem Problempunkt lesen wir auf S. 14 [Marsh, 2002]:

"The carbon cycle is not well understood and current estimates of carbon fluxes have very large errors. Dynamic responses of the ocean and land-plants are generally not included in coupled ocean-atmosphere general-circulation models. Although the buildup of carbon dioxide in the atmosphere may be due to increased burning of fossil fuels and changes in land use, it is difficult to determine how much of this buildup may be due to changes in the performance of the biological pump for reasons that may be unrelated to the burning of fossil fuels."

8.4 Radiative Forcing, oder welchen Anteil hat CO₂ am Treibhauseffekt?

Das von der Erde zurückgestrahlte Infrarot wird von CO₂ absorbiert, indem das Molekül in einen höheren Schwingungszustand versetzt, also angeregt wird. Die so vom CO₂ absorbierte Energie wird vorwiegend durch unelastische Stöße mit N₂- und O₂-Molekülen an diese weitergegeben, verbleibt im Mittel tagelang in der Erdatmosphäre gespeichert und heizt diese auf, bevor sie schließlich in den Weltraum abgestrahlt wird. Der gesamte Wärmegehalt der Erdatmosphäre ist übrigens etwa 120 mal so groß wie die Wärmemenge, die täglich von der Sonne empfangen und wieder abgegeben wird.

Die Frage, wie groß der Anteil des atmosphärischen CO₂, wobei jetzt seine Herkunft einmal nicht interessieren soll, am Treibhauseffekt überhaupt ist, wird in der Literatur unterschiedlich beantwortet, weil hier vor allem die bislang nicht ausreichend erforschten Einflüsse der Wolken hineinspielen. Ohne auf die in [Marsh, 2002] ausführlicher diskutierte Verhältnisse einzugehen, nachfolgend die Angaben: sie variieren zwischen etwa 25% (IPCC), 10% [Marsh, 2002] bis herunter zu 3% [Jaworowski, 2003] für CO₂ und alle anderen Treibhausgase zusammen. Die Differenz dieser Werte zu 100 ergibt den Wasserdampf-Anteil.

Wichtiger noch als die Frage nach dem absoluten Anteil des CO₂ am Treibhauseffekt ist die nach der Änderung des Treibhauseffekts, infolge Änderung der CO₂-Konzentration. Diese Abhängigkeit ist nichtlinear.

Für die angesprochene Frage sind die optischen Absorptionseigenschaften von CO₂ maßgebend. CO₂ besitzt drei Absorptionsbanden bei 4.26 μm, 7.52 μm und 14.99 μm [Bigg, 1996], die gesättigt sind, also unabhängig von der CO₂-Konzentration kein Licht dieser Wellenlängen mehr durchlassen. Allerdings trägt nur der Bereich von 14.99 μm bei, weil die Erde als Schwarzkörper-Strahler zwischen 15 μm und 20 μm ein maßgebendes Maximum besitzt. Diese Verhältnisse würden in erster Näherung bedeuten, daß die atmosphärische CO₂-Konzentration für die Absorptionseigenschaften des CO₂ überhaupt keine mehr Rolle spielt. Es gibt aber noch kleinere Einflüsse von den Rändern des 14.99 μm Bands, die nicht gesättigt sind. Für das sog. Radiative Forcing, vereinfacht gesagt, den Änderungsanteil am Treibhauseffekt (hier Änderung infolge veränderter CO₂-Konzentration), gibt das IPCC die folgende Formel an (C, C₀ - Konzentrationen an CO₂):

$$\Delta F = 6.3 \cdot \ln\left(\frac{C}{C_0}\right) \text{ W/m}^2$$

Eine Verdoppelung der CO₂-Konzentration führt wegen des Logarithmus in dieser Formel nur zu einem $\Delta F = 4.4 \text{ W/m}^2$, also einem sehr kleinen Wert gegenüber den unter 7.2 genannten 149 - 178 W/m² des Treibhauseffekts selber. Betrachtet man dagegen die bisher beobachtete CO₂-Erhöhung von grob 25% seit etwa der Mitte des 19-ten Jahrhunderts, so ergibt sich $\Delta F = 1.4 \text{ W/m}^2$. Wie sich später zeigen wird, verschwinden solch kleinen Werte im Rauschen der Modelle und Messdaten und sind daher mit den heutigen Mitteln nicht direkt nachweisbar.

Oft wird die Situation auf der Erde mit der auf der Venus verglichen und befürchtet, daß sich infolge CO₂-Erhöhung langfristig ähnliche Verhältnisse einstellen könnten. Diese Befürchtung ist indes unbegründet, denn die Venusatmosphäre besteht zu etwa 96% aus CO₂ und ist zudem neunzig mal so schwer wie die der Erde, d.h. der Atmosphärendruck auf der Venus beträgt rd. 90 bar(a). Marsh drückt es lapidar wie folgt aus: "there are no lessons to be learned from Venus about human activities on the Earth" [Marsh, 2002].

8.5 Temperatursteigerung infolge CO₂ und Einfluß von Wolken

Eine zentrale Frage ist die, wie sich die mittlere globale Temperatur in Bodennähe bei einer Verdoppelung des CO₂-Gehalts der Erdatmosphäre ändern würde, denn ein solches Verdoppelungs-Szenarium liegt den Klima-Befürchtungen des IPCC zugrunde. Das unter 7.4 berechnete (theoretische) Radiative Forcing infolge Verdoppelung des CO₂ mit dem Ergebnis $\Delta F = 4 \text{ W/m}^2$ stammt vom IPCC selber und ist allgemeiner Konsens. Die weitere Theorie der Temperaturermittlung, auf deren detaillierte Erörterung durch Marsh verwiesen wird, liefert im allgemeinen Konsens $1.9 \text{ }^\circ\text{C}$ [Marsh, 2002].

Diese Theorie läßt die von Wolken verursachten Einflüsse unberücksichtigt. Wolken sind in die Modellierung des Treibhauseffekts auch auf heutigem Stand nur schwierig einzubeziehen. Z.Zt. werden Wolken beispielsweise so modelliert, daß Wolkenbildung spontan erfolgt, wenn in dem betrachteten Kontrollvolumen die Luftfeuchtigkeit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Wolken reflektieren Sonnenstrahlung, verringern also den Treibhaus-Effekt, andererseits verhindern sie ein Entweichen der Wärmestrahlung aus Ozeanen, also vergrößern sie ihn auf der anderen Seite. Das IPCC schätzt den von Wolken herrührenden Netto-Effekt zu -13 W/m^2 ein, d.h. Wolken wirken demnach abkühlend. Harries gibt -20 W/m^2 an, mit einer Schwankungsbreite, die von -140 W/m^2 bis zu $+55 \text{ W/m}^2$ reicht [Harries,2000]. Marsh berichtet von Modellen mit Bereichen zwischen 0 W/m^2 und -30 W/m^2 . In Summa ist festzustellen, daß nicht einmal das Vorzeichen des Wolkeneinflusses sicher ist. Hinzu kommt, daß die Physik der Wolken heute noch bei weitem nicht gut genug verstanden wird. Marsh berichtet beispielsweise, daß Wolken im Widerspruch zu gängigen Klimamodellen mehr Strahlung absorbieren als angenommen [Marsh, 2002].

Wie bereits erwähnt, muß die Genauigkeit eines Modells besser sein, als die Größe des Effekts, über welchen das Modell etwas aussagt. Diese Voraussetzung liegt bei der Frage nach der Temperaturerhöhung infolge doppeltem CO₂-Gehalt nicht vor. Der Wert von etwa 4 W/m^2 geht im Modell-Rauschen, das im wes. durch den Einfluß der Wolken verursacht wird, unter. Die theoretische Zahl $1.9 \text{ }^\circ\text{C}$ besitzt aus diesem Grunde nur wenig Aussagekraft.

Unter dem angesprochenen Aspekt müssen die sich bereits im allgemeinen wissenschaftlichen Konsens befindlichen Feststellungen eines vernachlässigbaren Nutzen bei Befolgung des Kyoto-Protokolls gesehen werden. Die Schätzung geht von den im Kyoto-Protokoll vorgeschriebenen Einsparungspotentialen aus und setzt diese in Relation zu dem bereits sehr kleinen Wert von 4 W/m^2 bei CO₂-Verdoppelung. Daraus folgt (theoretisch) eine sehr kleine Temperaturabsenkung, die schlußendlich wie alle anderen bisher besprochenen kleinen Größen vom Modell-Rauschen verdeckt wird.

8.6 Die Sonne als treibende Klimakraft

Die seit jüngster Zeit beobachteten Klimaveränderungen sind, in erdhistorischem Maßstab gesehen, normal. Kurze, in Zeitspannen von wenigen Jahren ablaufende Änderungen, gehen auf das Konto des weltbekannten "El Niño" oder größerer Vulkanausbrüche, also auf lokal zu bezeichnende Phänomene. Längerfristige Änderungen werden durch Änderungen der Solarkonstanten³¹, durch Änderungen des Magnetfeldes der Sonne und durch Änderung der kosmischen Strahlung verursacht. Kosmische Strahlung erzeugt z.B. durch Ionisationsvorgänge Kondensationskerne für die Wolkenbildung, so daß auch kleine Änderungen der Solarkonstanten verstärkt werden. Über die Größenordnung dieser Verstärkung gibt es aber noch keine gesicherten Erkenntnisse.

³¹ sie ist also in Wirklichkeit keine "Konstante", gemessen wurden Veränderungen im Bereich von 0,1%-0,5% [Cubasch, 2001].

Außerdem sind noch Änderungen der astronomischen Erdbahnparameter zu nennen. Es ist auf Grund der scheinbar uhrwerkartig ablaufenden Planetenbewegungen weniger allgemein bekannt, daß sich viele Planetenparameter, ja sogar das gesamte Sonnensystem chaotisch verhält, allerdings erst in sehr langen Zeiträumen. Mit chaotisch ist gemeint, daß beliebig kleine Änderungen der Bewegungsparameter sich endlich zu prinzipiell unvorhersehbaren, größeren Schwankungen auswachsen. Glücklicherweise sind die betreffenden Zeiten sehr lang (viele 100-Tausende bis Millionen von Jahren), für langfristige Klimaänderungen sind solche Effekte aber relevant.

Betrachtet man historische Zeiträume bis zu Zeiten zurück zu etwa 10 000 Jahren, so ist z.B. eine der IPCC-Aussagen, wir befänden uns zur Zt. in einer noch nicht dagewesenen Erwärmungsphase, auf Grund der Datenlage unzutreffend. Das mittelalterliche Wärmemaximum zwischen den Jahren 1000 und 1400 wies etwa 0.6 - 0.7 °C wärmere globale Temperaturen auf als der Beginn des 20-ten Jahrhunderts. Marsh faßt die Ergebnisse der historischen Zeiten wie folgt zusammen [Marsh, 2002]: "So since 1000 AD temperatures have varied over a range of about 1.5 0C, and over almost the last 10 000 years they have varied within a range of 2 0C". Dr. Neu aus dem IPCC-Lager teilte in seinen Mails dem Autor mit, daß es im Mittelalter zwar nicht überall auf der Erde, wohl aber temporär und lokal wärmer als heute gewesen war [Neu, 2004]. Bild 8.2 zeigt den Temperaturverlauf in historischen Zeiten.

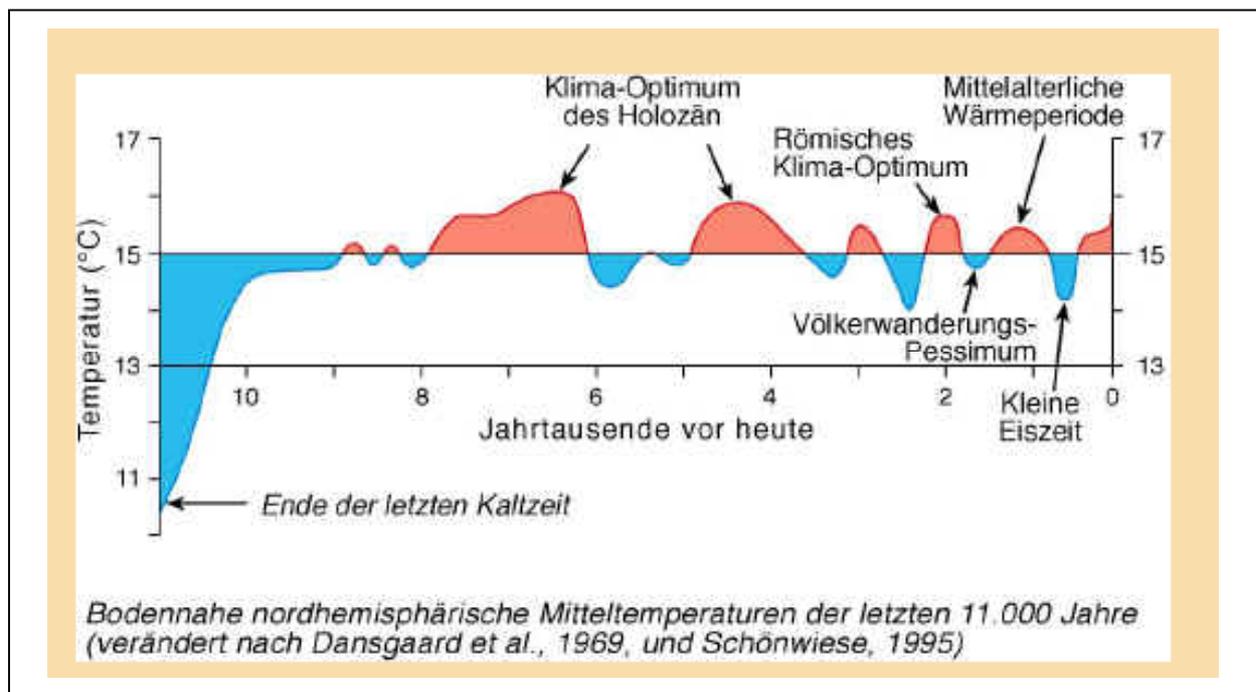


Bild 8.2: Temperaturen in historischen Zeiten [KIHZ]

Die in Bild 8.2 erkennbaren Temperatur-Variationen waren zwangsläufig natürlichen Ursprungs und erreichten bzw. übertrafen das, was wir heute erleben. Auch der CO₂-Gehalt der Atmosphäre schwankte in erheblichen Grenzen. In der Literatur werden wesentlich höhere Werte als heute genannt [Retallack, 2001], ohne daß es zum Wärme-Kollaps der Erde kam.

In der Zeit zwischen 1860 und 1900 werden folgende Entwicklungen beobachtet, wenn man als Eichlinie den Durchschnitt der globalen mittleren Temperaturen zwischen 1951 - 1980 nimmt:

zwischen 1860 - 1920:	0.3 °C kälter als Durchschnitt
1920 - 1940:	0.35 °C über Durchschnitt
1940-1975:	Abkühlung um etwa 0.1 °C
1975-1990:	Anstieg um etwa 0.3 °C

Die Eiszeitwarmer vor 20 Jahren (s. unter 2.) hatten also Gründe für Ihre Befürchtungen.

Die langfristigen Vergangenheitsdaten weisen eine starke Korrelation zwischen Temperatur und CO₂-Gehalt auf. Fischer et al. zeigten, daß in den letzten 250 000 Jahren die CO₂-Konzentration der Atmosphäre stets 400 bis 1000 Jahre nach Ende einer Eiszeit zunahm, also einem Zeitraum, der gut mit der Zeit zusammenpaßt, die Ozeane brauchen, bis ihr Wasser völlig durchmischt ist. Dies legt den Schluß nahe, daß das CO₂ von Ozeanen in die Atmosphäre als Folge von Temperaturerhöhung ausgegast wurde und nicht seinerseits Primärursache für die Temperaturerhöhungen war [Fischer, 1999]. Eine Umkehrung dieser Folge scheint nur schwer begründbar.

Für die hier besonders interessierenden Klimaveränderungen in historischen Zeiträumen und von Änderungsdauern in Jahrzehnten bis zu mehreren 100 Jahren vor dem Erscheinen des anthropogenen CO₂ stellt sich naheliegenderweise die Frage nach den Ursachen. In der Literatur genannt werden

- Änderungen der Solarkonstanten
- Änderungen des Magnetfeldes der Sonne
- Änderungen der Intensität der kosmischen Strahlung
- Vulkanausbrüche

Die Änderung der Solarkonstanten und des Sonnen-Magnetfeldes steht bei allen Diskussionen im Vordergrund, nachdem Friis-Christiansen und Lassen Messwerte veröffentlichten, die starke Korrelation zwischen Sonnenaktivität und mittleren globalen Temperaturen aufwies [Friis, 1991]. Auch neueste Daten der NASA weisen auf die Sonne als Verursacher hin [NASA, 2003].

Das folgende Bild 8.3 zeigt die Anzahl der Sonnenflecken seit Beginn des 17. Jahrhunderts. Zwischen Temperaturkurve und Anzahl der Sonnenflecken besteht eine Korrelation mit dem sehr hohen Koeffizienten 0,9. Bild 8.4 zeigt die globale Temperaturkurve zusammen mit der Sonnenfleckenkurve für die letzten 150 Jahre.

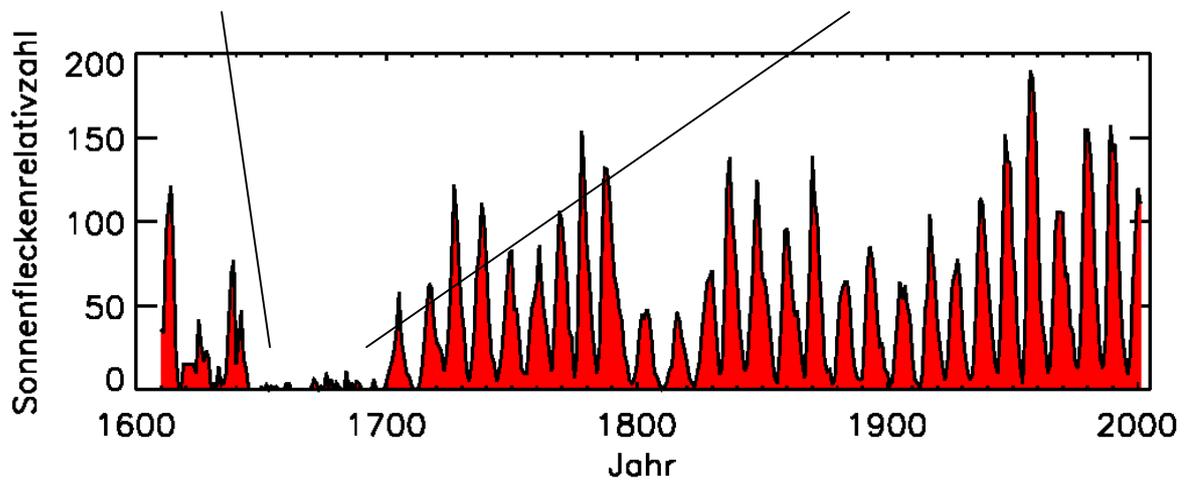


Bild 8.3: Sonnenfleckenaktivität seit Beginn des 17. Jahrhunderts. Das fast völlige Fehlen von Sonnenflecken zwischen 1650 und fällt mit der "kleinen Eiszeit" (Maunder Minimum) des 17. Jahrhunderts zusammen. Die Sonne strahlt bei wenigen Flecken kälter, bei mehr Flecken wärmer. Unteres Bild Entnommen aus [Schmitt, 2002]

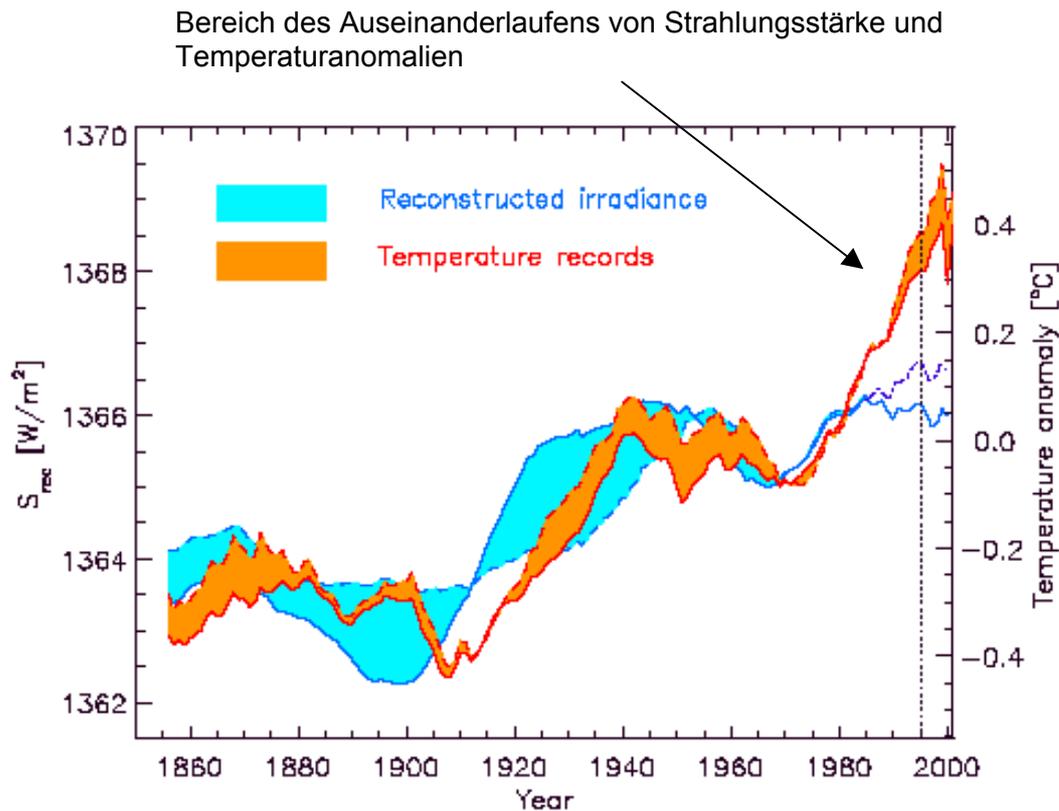


Bild 8.4: Sonnenaktivität gegen Temperaturanomalien ab 1860 bis heute. Ab etwa 1980 laufen beide Kurven deutlicher auseinander, was ein Indiz für den Einfluß anthropogenen CO₂ auf die globale Temperaturentwicklung gewertet wird. Bild Entnommen aus [Schmitt, 2002]

Bei Diskussionen über den Sonneneinfluß ist zu beachten, daß das Radiative Forcing der Sonne nur $0.1 - 0.5 \text{ W/m}^2$, im Gegensatz zu dem einer CO₂-Verdoppelung von 4.4 W/m^2 , ausmacht, so daß als mögliche Erklärung eines wirksamen solaren Einflusses für Klimaänderungen nur Verstärkungsmechanismen in Frage kommen.

Solche Mechanismen sind bekannt. Veränderte Sonnenaktivität ändert das abschirmende Erdmagnetfeld und nimmt damit Einfluß auf die Intensität der auf die Erde treffenden kosmischen Strahlung, wobei diese wiederum über Erzeugung von Kondensationskeimen für Wolken einwirkt. Über die Existenz dieser Mechanismen besteht zwar Konsens, sie sind aber, wie auch alle weiteren, die Wolken betreffenden Phänomene, noch nicht so gut verstanden, um zu verlässlichen quantitativen Aussagen zu führen.

Der heutige Stand zur Sonnenaktivität geht aus folgender Pressemitteilung des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau vom 27.10.2004 hervor [limpi, 2004]:

"Wie die Wissenschaftler aus Deutschland, Finnland und der Schweiz in der neuen Ausgabe der Zeitschrift "Nature" berichten, muss man über 8.000 Jahre in der Erdgeschichte zurückgehen, bis man einen Zeitraum findet, in dem die Sonne im Mittel ebenso aktiv war wie in den vergangenen 60 Jahren (nature, 28. Oktober 2004). Aus dem Studium früherer Perioden mit hoher Sonnenaktivität sagen die Forscher voraus, dass die gegenwärtig hohe Aktivität der Sonne wahrscheinlich nur noch wenige Jahrzehnte andauern wird."

Prof. Dr. Solanki sagt hierzu detaillierter aus, Zeitreihenanalysen hätten ergeben, daß die Wahrscheinlichkeit einer gleichbleibend hohen Sonnenaktivität in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten unter 1% liegt [Solanki, 2004].

Die Menschheit wird daher in naher Zukunft mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eine Abschwächung der Sonnenstrahlungsleistung und als Folge davon, unter Umständen eine klimatische Abkühlungsphase erleben. Hieraus ergibt sich eine interessante Konsequenz: Wäre die vorgenannte Abnahme der Sonnenaktivität so stark wie Mitte des 17. Jahrhunderts, würden wir einer neuen kleinen Eiszeit mit all ihren nachteiligen Folgen entgegengehen. Das anthropogene CO₂ wäre dann die einzige Möglichkeit, dieser Katastrophe zu entgehen, vorausgesetzt, die IPCC-Hypothese über seinen maßgebenden Einfluß stellt sich als richtig heraus. Nicht CO₂-Reduktionen, wie sie das Kyoto-Protokoll fordert, sondern massive CO₂-Emissionen zum Ausgleich der fehlenden Sonneneinstrahlung wären dann erforderlich!

8.7 Mythen

Die folgenden Punkte werden in den politisch getönten IPCC-Veröffentlichungen leider mit Stillschweigen übergangen.

8.7.1 Zunehmende Unwetterhäufigkeit und -Intensität infolge globaler Erwärmung

Bild 8.5, entnommen aus [Jaworowski, 2003] zeigt, daß die zunehmende Anzahl von Unwettern zumindest für den Bereich des Atlantischen Ozeans zu den Mythen zu zählen ist. Wie erkennbar, nimmt in dieser Region sogar die mittlere Windgeschwindigkeit von Hurrikänen ab. Im Global Temperatur Report 1978-2003 der Autoren Christy und Spencer lesen wir "An analysis of hurricane and tropical cyclone data found those storms are not becoming either more frequent or more violent" [Christy, 2003], sowie [Landsea, 1999] und [Raghavan, 2003]. Das Center for the Study of Carbon Dioxide and global Change gibt ebenfalls Entwarnung [Journal Reviews].

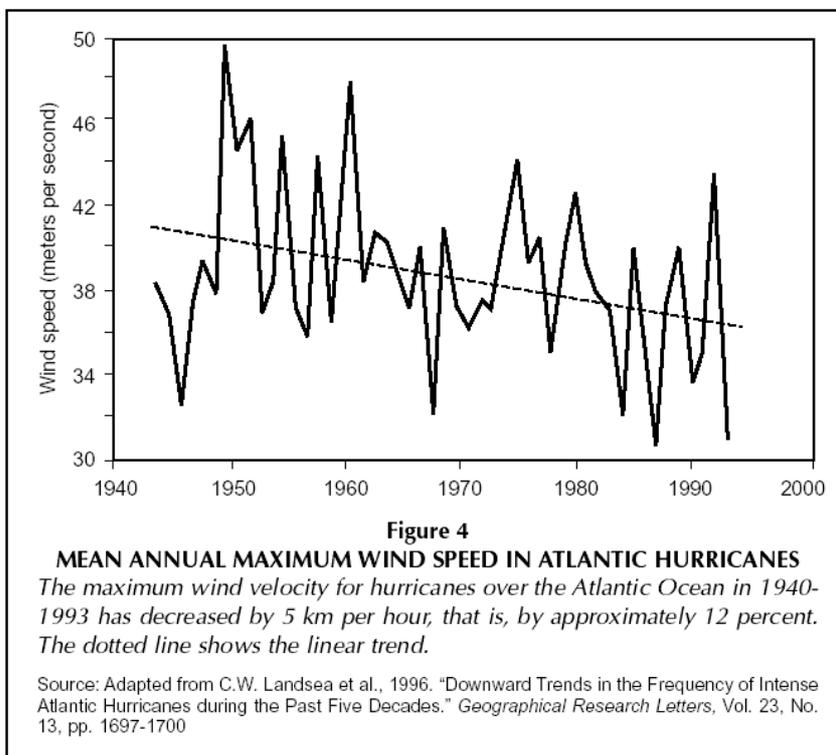


Bild 8.5: Mittlere maximale Windgeschwindigkeiten für Hurrikane im Atlantischen Ozean

Die großen Rückversicherungsgesellschaften berichten von immer höheren Schadenssummen, die aber aus dichter Besiedelung, höherer Versiegelung von Bodenflächen etc. zwanglos ableitbar sind und kein verstärktes Auftreten von Unwettern als Erklärung benötigen. Gemäß Bestätigung seitens von Neu [Neu, 2005] gibt es keine statistischen Nachweise für zunehmende Unwetterereignisse über Klimazeiträume.

8.7.2 Die Abnahme von Gletschern

Das Abschmelzen bzw. Anwachsen von Gletschern hängt nicht nur von der mittleren Umgebungstemperatur sondern auch von den Niederschlagsverhältnissen ab. Da ersichtlich in den bekannten Alpen Skigebieten die Gletscher auffallend zurückgehen, wird dies vom IPCC als deutliches Warnsignal der kommenden Wärmekatastrophe angeführt. Die Fakten liegen anders, wobei darauf hinzuweisen ist, daß polferne Gebiete nur etwa 1% der Gesamtgletschermassen der Erde enthalten.

Zum Thema Gletscherschwund berichtet R.J. Braithwaite [Braithwaite, 2002], der weltweit Massenbilanzierungs-Messungen von 246 Gletschern zwischen 1946 und 1995 unter die Lupe genommen hat. Seine Ergebnisse zusammengefaßt: Es gibt Gegenden mit hoher negativer Massenbilanz in Übereinstimmung mit der öffentlichen Wahrnehmung, daß die Gletscher schmelzen. Fast überall in Europa beispielsweise schmelzen die Gletscher, aber es gibt auch Regionen mit leicht positiver Bilanz, so z.B. in Skandinavien und es gibt Gegenden, in denen praktisch nichts passiert, wie z.B. im Kaukasus. Weltweit ist innerhalb der erreichbaren Genauigkeit, die wegen fehlender Meßdaten im Übrigen enttäuschend gering ist, kein eindeutiger Gesamttrend in Richtung Gesamtabnahme oder Zunahme aller Gletscher, weltweit zusammengenommen, auszumachen.

8.7.3 Anstieg der Meeresspiegel infolge Erwärmung

Veränderungen der Meeresspiegel sind ein schwieriges Kapitel, weil Meeresspiegel z.B. infolge tektonischer Veränderungen lokal unterschiedliche Veränderungen aufweisen können. Lokale Messungen allein erlauben daher m.E. keine Aussagen über den globalen Trend. Gemeint sind also nur Meeresspiegel-Anstiege bezogen auf einen festen Punkt der Erde. Satellitenmessungen zeigen seit 1993 solche Anstiege von rd. 2,5 mm/Jahr. Die IPCC-Modelle sagen Anstiege im globalen Durchschnitt zwischen 10 cm und 90 cm von 1990 bis zum Jahre 2100 voraus, verursacht durch anthropogenes CO₂. Der untere IPCC-Modellbereich, der mit den natürlichen Meeresspiegel-Variationen verschwimmt, sieht relativ harmlos aus, während die obere Grenze ohne Zweifel bedenklich ist. Erwähnt werden muß schlußendlich, daß die Modell-Anstiege nichtlinear sind.

Die IPCC-Modelle sind also sehr ungenau. Der gemessene Anstieg von 2,5 mm/Jahr wird zwar von dem unteren IPCC-Modellbereich noch abgedeckt, es ist aber fraglich, ob dieser Tatbestand als Beweis dafür gelten darf, daß die gemessenen Anstiege nicht doch natürlicher Herkunft sind. Jaworowski weist z.B. darauf hin, daß während der mittelalterlichen Warmzeit weder von einer Überflutung der Malediven noch der Pazifischen Inseln berichtet wird [Jaworowski, 2003].

In jedem Fall sollten die tatsächlichen Verhältnisse von IPCC-Vertretern auch gegenüber der uninformierten Öffentlichkeit ins richtige Licht gerückt werden. Wenn auch der höchste Modellwert von 90 cm, so er denn überhaupt zutreffen sollte, nicht hinnehmbar ist, so kann doch von gelegentlich in der Presse zu vernehmenden Katastrophenbildern, die von mehreren Metern weltweitem Anstieg in wenigen Jahrzehnten sprechen, nicht die Rede sein.

9 Stellvertretende Punkte der wissenschaftlichen CO₂-Auseinandersetzung

9.1 Die Zuverlässigkeit von Klima-Modellen

Die maßgebenden Aussagen des IPCC stützen sich auf Klima-Modelle. Eine Zusammenstellung der Gruppen weltweit, die mathematisch-numerische Modelle zur Klimaberechnung erstellen und anwenden (gekoppelte Ozean-Atmosphären-Modelle), findet sich in [Modelle] und [Ellin, 1991]. Modellierung ist das geeignete Instrument, um über physikalische Zusammenhänge Aufschluß zu erlangen, mit Modellen können "was wäre wenn"-Situationen durchgespielt und mit der Realität verglichen werden. Das Geld, das in Klima-Modellierung gesteckt wird, ist gut angelegt, und eine grundsätzliche Diskreditierung von Klima-Modellen nicht angebracht.

Jeder, der mit numerischer Modellbildung komplexer Vorgänge bereits einmal näher befaßt war, kennt aber die Grenzen. Sie rühren von unzureichender Modellierung selber, sowie von unvollständigen, oft sogar fehlenden Daten oder umgekehrt, von zuvielen Parametern her, mit denen die Modelle "gefüttert" werden müssen, um verlässliche Ergebnisse zu liefern. Beim Klima ist man noch lange nicht so weit, von befriedigend ausreichender Modellierung sprechen zu können. Z.Zt. ist man beispielsweise damit befaßt, den schwierig zu greifenden Einfluß von Wolken für die atmosphärische Wärmebilanz in die Modelle einzubauen. So schreibt etwa Stott et. al., dem es bis jetzt als einzigem gelungen ist, die ansonsten unerklärliche globale Abkühlung zwischen etwa 1940 und 1980 durch ein Simulationsmodell wiederzugeben, *"Given the uncertainties in historical forcing, climate sensitivity, and the rate of heat uptake by the ocean, the good agreement between model simulation and observations could be due in part to a cancellation of errors ..."* [Stott, 2000]. Der z.Zt. prominenteste und völlig unverdächtige Experte, der weltbekannte Physiker Freeman Dyson, führte anlässlich einer Ansprache in der American Physical Society [Dyson, 1999] zum Thema aus:

"The bad news is that the climate models on which so much effort is expended are unreliable. The models are unreliable because they still use fudge-factors rather than physics to represent processes occurring on scales smaller than the grid-size....they do not predict the existence of El Niño....they fail to predict the marine stratus clouds that often cover large areas of the ocean....So the error in the models is much larger than the global warming effect that the models are supposed to predict....they are not adequate tools for predicting climate. If we persevere patiently with observing the real world and improving the models, the time will come when we are able both to understand and to predict. Until then, we must continue to warn the politicians and the public, don't believe the numbers just because they come out of a supercomputer".

Modelle können weder die Temperaturentwicklung der Vergangenheit beschreiben, noch lokale Phänomene, z.B. den des Klima-wichtigen El Niño erklären. Unter 7.1 zeigte bereits eine Grobschätzung, daß die Fehler von Klima-Modellen kleiner als 3% sein müssen, um überhaupt sinnvolle Aussagen zu erhalten. Eine solche Genauigkeit liegt bei Modellen heute noch bei weitem nicht vor. Die wichtigsten Fehlerquellen nachfolgend nochmals zusammengestellt:

- ungenaue oder fehlende Messdaten als Modelleingabewerte
- noch keine befriedigende Berücksichtigung der Reflexions- und Absorptionseffekte durch Wolkenbildung
- Quantitative Unklarheit über Wolkenbildung infolge kosmischer Strahlung
- keine ausreichende Berücksichtigung des CO₂-Zyklus hinsichtlich Ozeanen und Pflanzen, weil hier die Verhältnisse nicht gut genug bekannt sind

Dr. Neu gab dem Autor im E-Mail-Austausch an [Neu, 2004], daß die in den Modellaussagen des IPCC erkennbare Fehlerbreite von 4 °C bis 5 °C etwa zur Hälfte aus der ungenauen Kenntnis über das zukünftige menschliche Verhalten in CO₂-Vermeidung und zur anderen

Hälfte aus inhärenten Modell-Ungenauigkeiten herrührt [Neu, 2004]. Grob 2 °C sind also Modellungenauigkeit. Modelle besitzen daher zur Klimavorhersage m.E. keine ausreichende Aussagekraft.

Wenn die Aussagekraft von Klima-Modellrechnungen zu Recht bezweifelt wird, darf das Kind nicht mit dem Bade ausgeschüttet werden, denn Klima-Modelle machen laufend Fortschritte und tragen wesentlich zum Verständnis von Einzelzusammenhängen bei. Zu den hier in Frage stehenden, sehr kleinen Effekten, insbesondere der Frage nach dem evtl. durch anthropogenes CO₂ verursachten Ausmaß einer globalen mittleren Temperaturerhöhung bis etwa 2100 sind sie aber noch nicht in der Lage, verlässliche Antworten zu geben. Unzureichende Genauigkeit von Klimamodellen schädigt nicht die Seriosität der Klimaforschung mit Hilfe von Modellen, nur die Seriosität derjenigen, die Modellvorhersagen als bare Münze verkaufen wollen.

9.2 Die vom IPCC verwendeten Daten von Mann et al.

Bei der Temperatur der Erdatmosphäre handelt sich um eine Größe, die von 4 Variablen abhängt, der geographischen Länge, Breite, der geodätischen Höhe und der Zeit. Von mittlerer globaler Temperatur zu reden, ist daher im Grunde ein mutiges Unterfangen, denn Temperaturen ändern sich zudem auch noch nicht einmal gleichsinnig, in einigen Gegenden der Erde kann es wärmer und in anderen zur gleichen Zeit kälter werden. Die Temperaturfrage soll im folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Vom Kalifornischen Caltech wurden mehr als 240 Publikationen zur globalen Temperaturentwicklung, die folgende Untersuchungen beinhalteten, einer Analyse unterzogen:

- historische Angaben
- Messungen an Wachstumsringen von Bäumen
- Isotopenverhältnisse in Eisproben
- See- und Ozean-Sedimente
- Stalagtiten
- Fossilienfunde
- Ausdehnung von Gletschern

usw.

Die aus den vorgenannten historischen Untersuchungen resultierenden Klimakurven liegen z.Teil weit auseinander. Vom IPCC wurden die Studien von Mann et al. als maßgebend ausgewählt [Mann, 1998], [Mann, 1999], die in Bild 9.0 gezeigt ist.

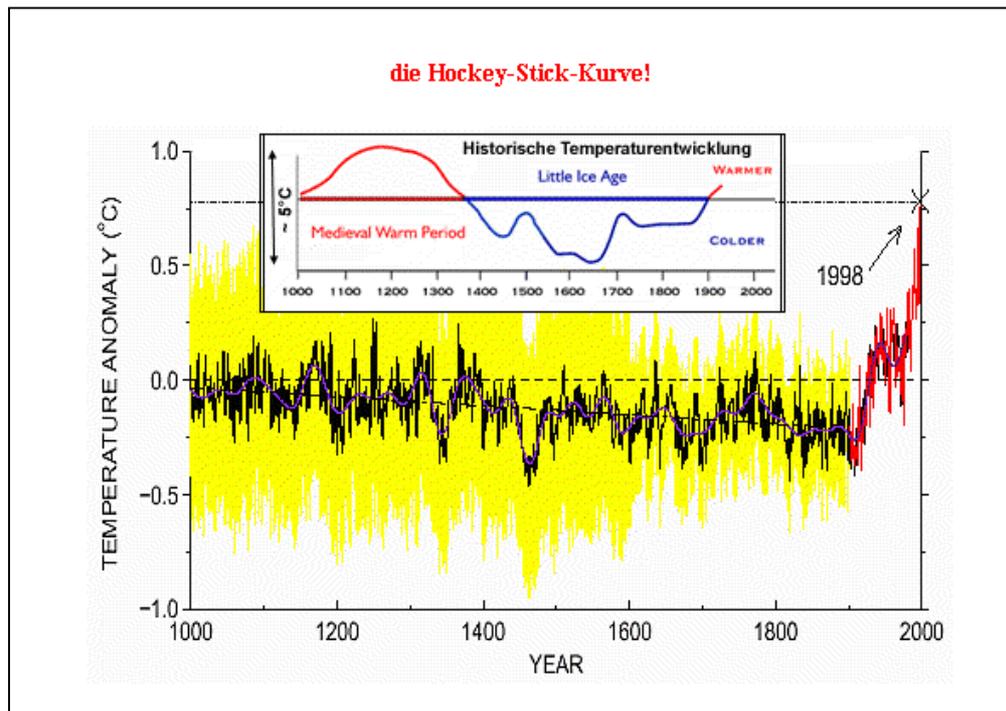


Bild 9.0: Die Temperaturkurve nach den Daten von Mann et al., Grafik entnommen aus [Beck, 2004]

Es ist auf den ersten Blick etwas überraschend, daß in der Mann et al. - Kurve kein deutlicheres mittelalterliches Wärmemaximum vorkommt, während die „kleine Eiszeit“ im 17-ten Jahrhundert gut identifizierbar ist. Beides sind Klimaereignisse, die durch viele tradierte Dokumente belegt sind.

Zuerst von Soon und später noch einmal von McIntyre und McKittrick (im folgenden als MM abgekürzt) erfolgten im Jahr 2003 Korrekturen der Daten von Mann et al. [Soon, 2003,1], [Soon, 2003, 2], [McIntyre, 2003]. Insbesondere die MM-Korrekturen werden z.Zt. (Ende 2004) sehr kontrovers im Internet diskutiert. Der Abstract von MM im folgenden wörtlich, wobei hier diese noch laufende Diskussion nicht bewertet werden soll:

Abstract:

The data set of proxies of past climate used in Mann, Bradley and Hughes (1998, "MBH98" hereafter) for the estimation of temperatures from 1400 to 1980 contains collation errors, unjustifiable truncation or extrapolation of source data, obsolete data, geographical location errors, incorrect calculation of principal components and other quality control defects. We detail these errors and defects. We then apply MBH98 methodology to the construction of a Northern Hemisphere average temperature index for the 1400-1980 period, using corrected and updated source data. The major finding is that the values in the early 15th century exceed any values in the 20th century. The particular "hockey stick" shape derived in the MBH98 proxy construction – a temperature index that decreases slightly between the early 15th century and early 20th century and then increases dramatically up to 1980 -- is primarily an artefact of poor data handling, obsolete data and incorrect calculation of principal components.

Das Ergebnis von MM zusammen mit den Mann et al. – Daten zeigt Bild 9.1. Die Temperaturkurven anderer Autoren liegen ganz grob zwischen den beiden Extremen:

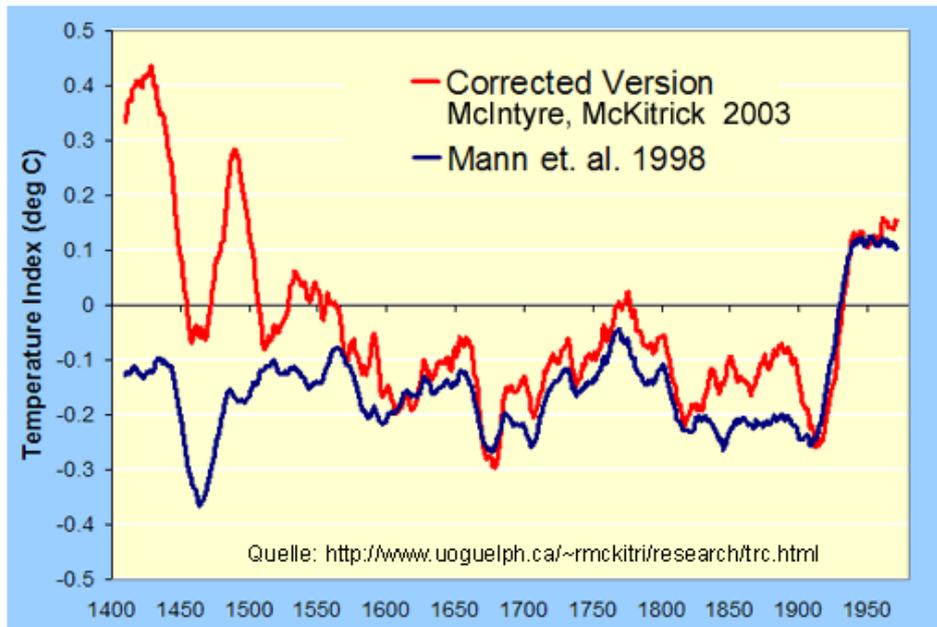


Bild 9.1: Temperaturkurve nach MM (obere Kurve zwischen 1400 und 1600) und die Temperaturkurve von Mann et al. (untere Kurve). Grafik entnommen aus [Beck, 2004]

Bild 9.2 zeigt Temperaturkurven zusammen mit Modellsimulationen, wobei insbesondere auf die sehr hohen schattierten Unsicherheitsbereiche hingewiesen wird.

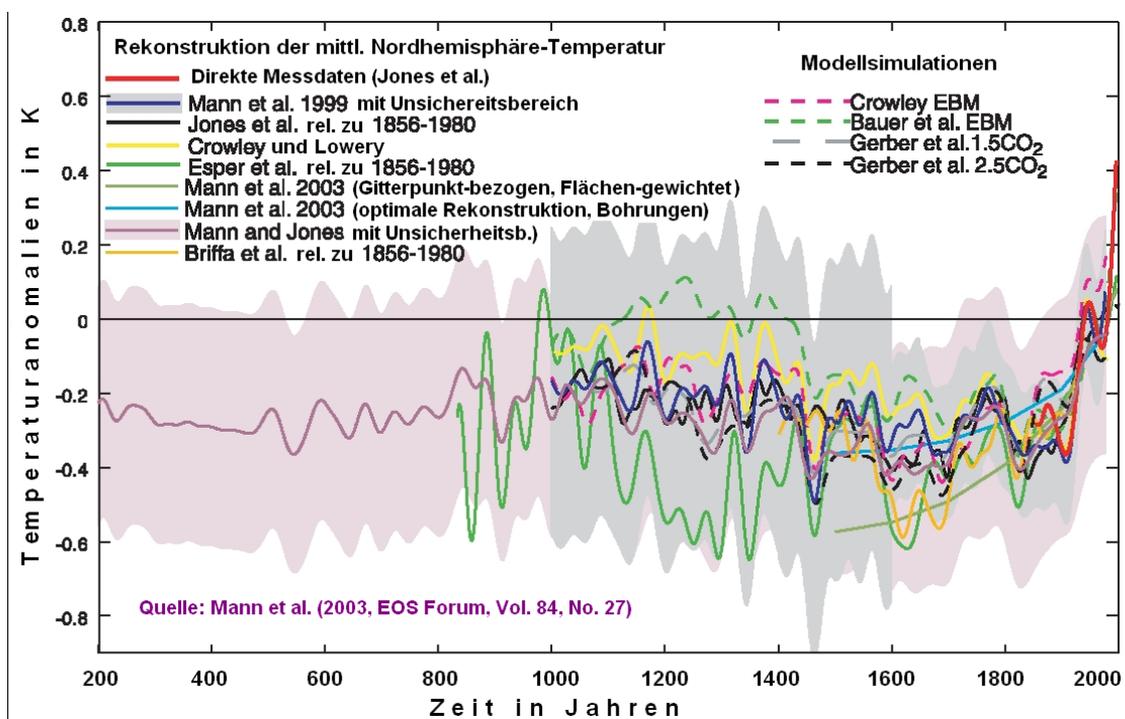


Bild 9.2: Messdaten zusammen mit Simulationen (dem Autor freundlicherweise von Prof. Dr. Schönwiese, Uni Frankfurt, per E-Mail zur Verfügung gestellt)

Sollten McIntyre u. McKittrick Recht behalten, wäre eine der zentralen IPCC-Aussagen, dieses Jahrhundert sei das wärmste des Jahrtausends, falsifiziert. Bild 9.3 zeigt den Temperaturverlaufs seit Beginn der Industrialisierung ab 1850:

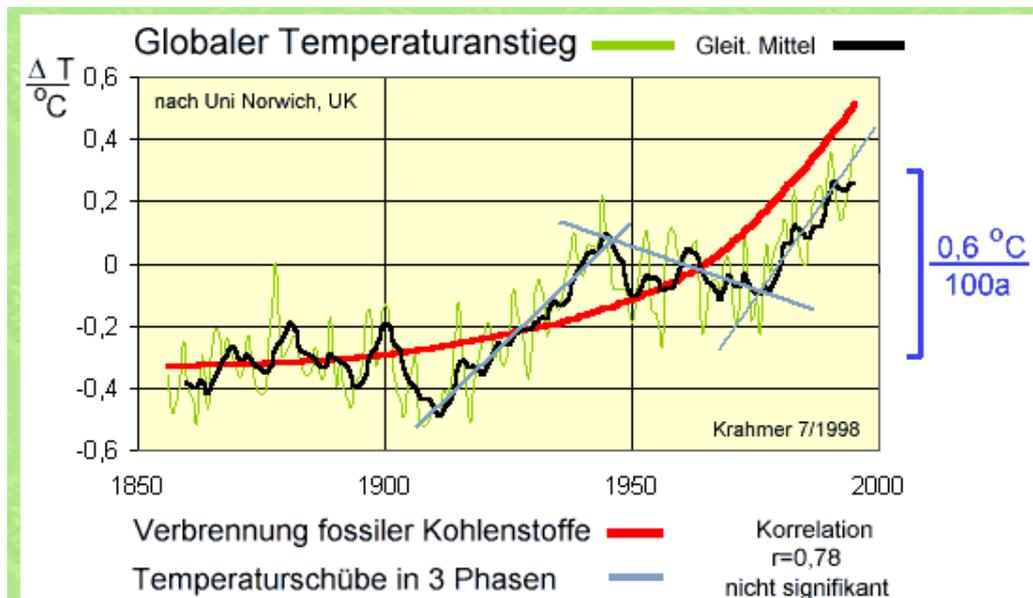


Bild 9.3: Globaler Temperaturanstieg seit 1850 (nach Jones, Parker, e.a. von der Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom). Bild entnommen aus [Krahmer, 2004, 1]

In Bild 9.3 ist zwischen etwa 1940 und 1975 ein starker Widerspruch zwischen CO₂-Anstieg und Temperaturkurve erkennbar. In [Krahmer, 2004, 1] heißt es hierzu: "Die Korrelation (zwischen CO₂-Konzentrationskurve und Temperatur) ist mit $r=0,78$ zwar hoch, aber auf keinem der üblichen Signifikanzniveaus eindeutig belegbar".

In Bild 9.4 ist der Zeitraum zwischen 1880 und 2000 noch einmal aus anderer Quelle gezeigt. In ihm ist eine linear interpolierende Trendlinie, die 0.6°C Temperatursteigerung pro Jahrhundert ausweist, eingetragen.

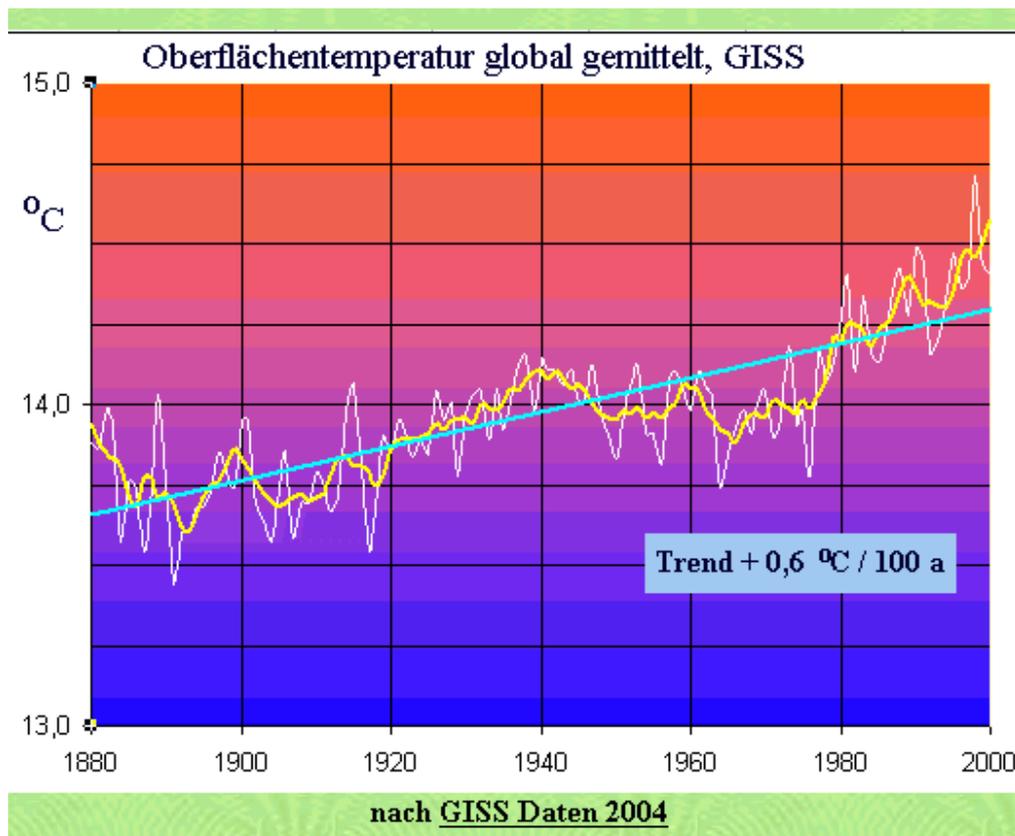


Bild 9.4: Noch einmal die globalen Oberflächentemperaturen nach GISS [GISS, 2004]. Bild entnommen aus [Krahmer, 2004, 1]

Bleibt schließlich noch der Bereich ab etwa 1975 bis heute. Hier wird es durch Verfügbarkeit von Satellitenmessungen (mit Satelliten sind nur Messungen in großen Höhen, wegen Wolken aber keine in Bodennähe möglich) und der inzwischen erhöhten Aufmerksamkeit um die Brisanz der Klimafrage recht genau. Die entsprechenden Veröffentlichungen sind teilweise nur ein oder 2 Jahre alt. Stark konträre Meß-Aussagen ab 1980 sind ernsthaft nicht mehr möglich.

Die Satellitenmessungen, Messungen von Bodenstationen und Ballonmessungen, die im Großen und Ganzen gut zueinander passen, sprechen eine deutlich andere Sprache als die Daten von Mann [Christy, 2003]. Die Temperaturerhöhungen in Bodennähe für den Zeitraum 1978 – 2003 zusammengefasst in [vAlvensleben, 2004] lauten:

Norhalbkugel:	0.147 °C
Südhalkugel:	0.006 °C
Global:	0.076 °C

Beschleunigte Erwärmung ist angesichts dieser Werte nicht erkennbar.

Die Verhältnisse in Troposphäre und Stratosphäre widersprechen auf den ersten Blick den IPCC-Pessimisten. Die untere Atmosphäre (Troposphäre) läßt nach NASA Messungen überhaupt keinen Trend erkennen. Die Stratosphäre dagegen hat sich in dem betrachteten Zeitraum von 20 Jahren sogar um 0.2 °C abgekühlt. Gemäß Dr. Neu wird aber diese Abkühlung von den IPCC-Klimamodellen vorhergesagt.

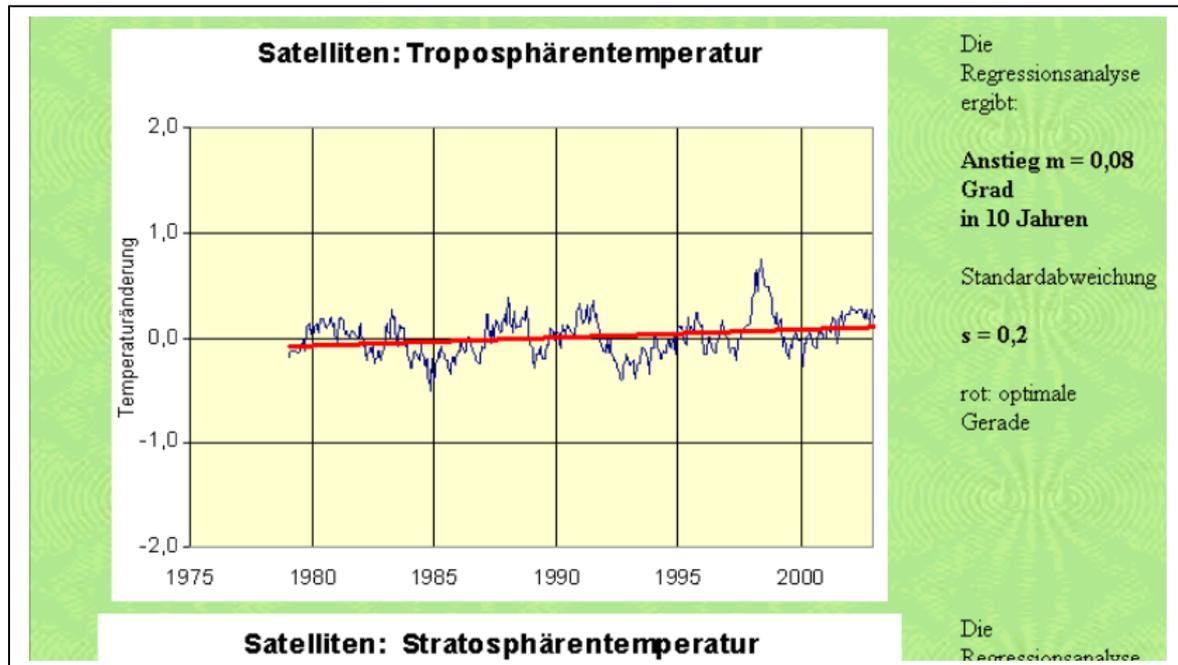


Bild 9.5: Troposphärentemperaturen nach NASA/MSFC Earth Science: Globally-Averaged Atmospheric Temperatures. Bild entnommen aus [Krahmer, 2004, 1]

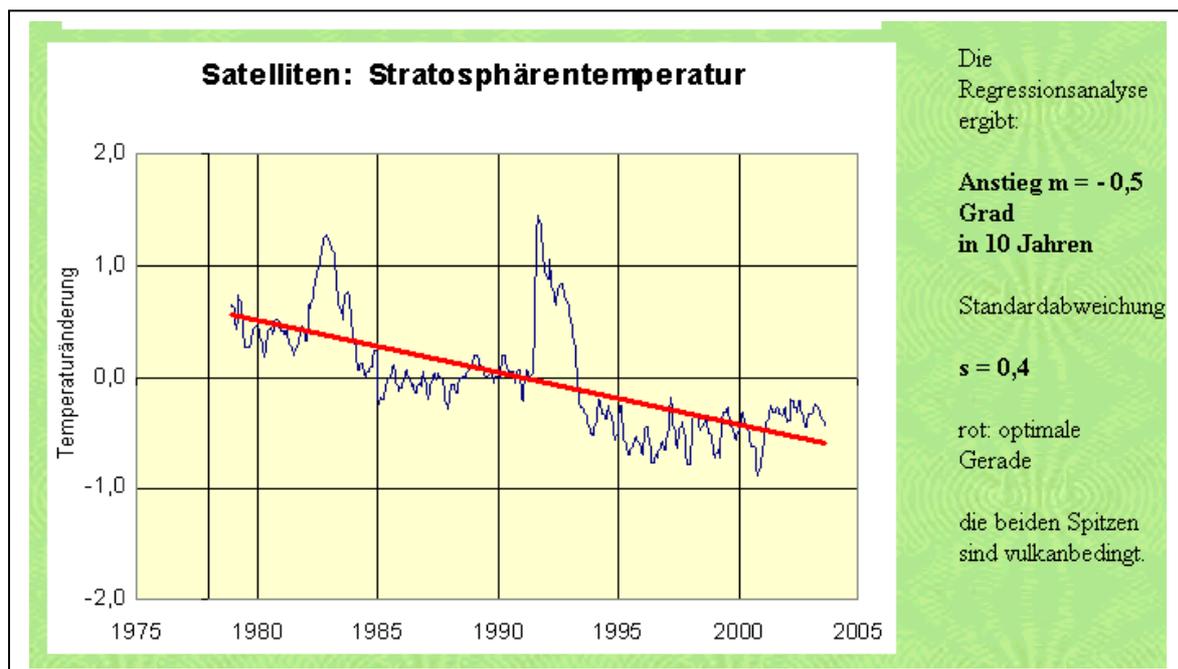


Bild 9.6: Stratosphärentemperaturen nach NASA/MSFC Earth Science: Globally-Averaged Atmospheric Temperatures. Bild entnommen aus [Krahmer, 2004, 1]

Was ist nun von all den Meßdaten ab Mitte des 19-ten Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag herauszulesen, wenn man die Zukunft bis zum Jahre 2100 im Auge hat? Eine genaue Antwort ist unmöglich. In jedem Fall wird trotz stetigem CO₂-Anstieg kein "Super Treibhaus" beobachtet. Ob eine lineare Extrapolation, d.h. die Fortsetzung der in Bild 9.4 eingezeichneten Geraden bis 2100 gerechtfertigt ist, ist angesichts der starken Variabilität in der Vergangenheit mehr als fraglich. Würde man dies tun, würde man bei 1.2 °C höherer

Temperatur in 2100 landen, was im Übrigen nicht mehr so weit von dem niedrigsten Szenarium des IPCC, das von 1.4 °C spricht (hinsichtlich der Fehlerbreite wäre 1°C besser), entfernt ist. Die zwischen 1980 bis heute verlangsamte Erwärmung in Bodenhöhe und vielmehr noch die Abkühlung in höheren Atmosphärenschichten deuten auf einen evtl. noch tieferen Endwert hin. Für grob 1 °C bis zum Jahre 2100 würde man aber kein anthropogenes CO₂ zur Erklärung mehr benötigen, die natürliche Vorgänge, z.B. die Variation der Sonnenaktivität reichen völlig aus, und sämtlichen wissenschaftlichen und außerwissenschaftlichen Auseinandersetzungen hätten sich dann erübrigt.

10 Literaturnachweise

- [ACIA, 2004]: ACIA-Report, am einfachsten in GOOGLE Stichwort "ACIA Report" eingeben
- [vAlvensleben, 2002] am schnellsten erreichbar auf der Webseite [Krahmer, 2004]
- [vAlvens/Rahm, 2004] Die öffentliche Diskussion mit insgesamt 3 Beiträgen. am schnellsten auf der Webseite [Krahmer, 2004]
- [Atmo] Atmospheric CO₂ Enrichment: Just what the Food Doctor Ordered;
http://www.co2science.org/edit/v6_edit/v6n15edit.htm, 20.6.04
- [Beck, 2004] "Der Wasserplanet: Dokumentation einer anthropogenen Irrlehre". am schnellsten auf der Webseite [Krahmer, 2004], 20.6.04
- [Bigg, 1996] G.R. Bigg: The Ocean and Climate, Cambridge University Press (1996)
- [BMBF, 2003] Bundesministerium für Bildung und Forschung: "Herausforderung Klimawandel" (2003), www.bmbf.de/pub/klimawandel.pdf, 20.6.04
- [Braithwaite, 2002] J.R. Braithwaite: Glacier Mass Balance, The first 50 years of international monitoring, Progress in Physical Geographie 26, S. 76-95 (2002)
- [Broeker, 1995] Broeker, W.S.: Chaotic Climate, "Scientific American" (Nov. 1995), p. 62-68
- [Bryson, 1993] Bryson, R.A.: "Simulating Past and Forecasting Future Climates", Environmental Conservation, Vol. 20, No. 4, pp. 339-346
- [Bundestag, 2004] www.bundestag.de/bic/hib/2004/2004_009/03.html, 20.6.04
- [Christy, 2003] Christy, J., Spencer, R.: Global Temperatur Report 1978-2003, Earth System Science Center, University of Alabama, Huntsville, 8. Dez. 2003. Im Internet: <http://www.uah.edu/News/climate/25years.pdf>, 20.6.04
- [Conard, 2004] Prof. Dr. Conard, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Uni Tübingen, Anfänge der Kunst, Vortrag gehalten am 19.12.04 an der Uni Heidelberg
- [Cubasch, 2001] Cubasch, U.: Sonne, Mensch und Klima, Max-Planck-Forschung. Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft, 4/2001, 78-83
- [Dyson, 1999] Dyson, F.J.: The Science and Politics of Climate, talk given at the American Physical Society Centennial Meeting in Atlanta, GA, March 25 (1999)
- [economist, 2004]: economist, 13.11.04, A canary in the coal mine, p. 89
- [Ellin] R.G. Ellington, J. Ellis, S. Fels: The Intercomparison of Radiation Codes Used in Climate Models, Long Wave Results, Journal of Geophysical Research, Vol. 95 (D5), S. 8929-8953 (1991)
- [FAZ, 2004] Frakfurter Allgemeine Zeitung vom 19.5.04, S. 13
- [FAZ, 2005] Der widersätzliche Planet: Frakfurter Allgemeine Zeitung vom 14.1.05, S. 10
- [Fischer, 1999] Fischer, H. et al., Science 283, 1712 (1999)
- [Friis, 1991] Friis-Christensen, E., Lassen, K.: Length of the Solar cycle: An indicator of Solar activity closely associated with climate. Science, Vol. 254, 698-700 (1991)
- [GISS, 2004] The Goddard Institute for Space Studies. NASA Research Institute & Columbia University, New York City
- [Hnasen, 2005]: Hansen: Kommt die Klimakatastrophe, Spektrum der Wissenschaft, Jan. 2005
- [Harris, 2000] J.E. Harris: Contemporary Physics 41, 309 (2000)
- [Heidelberg, 1992] The Heidelberg Appeal 1992. Auf der Haupt-Webseite [SEPP] sofort anklickbar, 20.6.04
- [IPCC] IPCC, www.ipcc.ch/, 20.6.04

- [IPCC *] http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/339.htm, angegeben im executive summary, 20.6.04
- [IPCC, 2001] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001, Contribution of Working Group 1 to the third Assessment Report of the IPCC, Houghton, J.T., et.al., eds., Climate Change 2001: The scientific basis: Cambridge University Press, p. 892
- [Jaworowski, 2003] Jaworowski, Z.: Solar Cycles, Not CO₂, Determine Climate, 21st Century Science & Technology, www.21stcenturysciencetech.com/articles%202004/winter2003-4/global-warming.pdf. Einfacher auf der Webseite Klima von [Krahmer, 2004]
- [Journal Reviews] <http://www.co2science.org/journal/2003/v6n48c1.htm>
- [KIHZ] Projekt Klima in historischen Zeiten des Potsdamer Geoforschungs-Zentrum: http://www.gfz-potsdam.de/pb3/pb33/kihzhome/kihzo1/fig2_deu.html, 20.6.04
- [Kemfert, 2004], FAZ vom 9.12.04, S. 14
- [Kleeberg, 1996] Kleeberg, H.-B., 1996: Hochwassertrends in Deutschland. Universität der Bundeswehr, Institut für Wasserwesen, München, Heft 56a, S. 155-167.
- [Klima-Portal, 2003] Klima-Portal, <http://www.climate-change.ch/klima/strahlung-sonne/Sonneneinfluss.html>, 20.6.04
- [Kondratyev, 2004] Res. Centre of Ecol. Safety, Russian Acad. Sci. St. Petersburg (13.4.32004); www.geocities.com/~remark/aktkli2204.html, 20.6.04
- [Krahmer, 2004] <http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de/~pkrahmer/home/klima.html>, 20.6.04. Einfacher: google.de, mm physik eingeben, weiter unter Klima
- [Krahmer, 2004, 1] Der Klima Flop. <http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de/~pkrahmer/home/klima3.html>, 20.6.04
- [Kyoto, 1992] www.bmu.de/files/protodt.pdf, 20.6.04
- [Landsea, 1999] Landsea, C.N., Pielke, R.A., Mestas-Nunez, Knaff: Atlantic Basin Hurricanes: Indices of Climatic Changes. Climatic Change, 1999, 42; 89-129
- [Laut, 2000] Laut, P., Gundermann, J.: Is there a correlation between solar cycle lengths and terrestrial temperature? Old claims and new results. Proceedings of 1st Solar & Space Weather Euroconference 'The solar Cycle and Terrestrial Climate', Tenerife, 189-194 (2000)
- [Lassen, 2000] Thejll, P., Lassen, K.: Solar forcing of the Northern hemisphere land airtemperature: New data. Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, Vol. 62 (13), 1207-1213 (2000)
- [Leipzig, 1997] The Leipzig Declaration (1997). Auf der Webseite [SEPP], 20.6.04
- [limpi, 2004] presseinfo@limpi.mpg.de, 20.11.04
- [Mann, 1998] Mann, M.E. et al.: Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing over the past six Centuries, Nature, Vol. 392, pp. 779-787
- [Mann, 1999] Mann, M.E., Bradley, R.S., Hughes, M.K.; Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations, Geophysical research Letters, Vol. 26, No. 6, pp. 759-762
- [Marsh, 2002] Marsh, G.: A Global Warming Primer: National Policy Analysis, Nr. 420, (Juli 2002); <http://www.nationalcenter.org/NPA420.pdf>, 20.6.04, am schnellsten auf der Webseite [Krahmer, 2004], 20.6.04
- [McIntyre, 2003] McIntyre, S., McKittrick, R.: Corrections to the Mann et al. (1998) Proxy data base and Northern Hemispheric Average Temperatures Series, Energy & Environment, Vol. 14, No. 6, pp. 751-771 (2003). Im Internet: www.multi-science.co.uk/mcintyre_02.pdf, 20.6.04
- [McIntyre, McKittrick, 2004] <http://www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/trc.html>, 6.7.04
- [Milankovich] www.geocities.com/CapeCanaveral/4310/klima/landscheidt/sonne6.htm, 20.6.04
- [Modelle] am einfachsten auf der Webseite [Krahmer, 2004] unter Klima, 20.6.04
- [NASA, 2003] http://science.nasa.gov/headlines/y2003/17jan_solcon.htm, 20.6.04, oder auf der Webseite [Krahmer, 2004] den Artikel "The inconstant Sun" anklicken, 20.6.04
- [Negendank, 2004] Prof. Dr. Negendank, Geo-Forschungszentrum Potsdam, "Gehen wir in eine neue Kaltzeit", Vortrag am 12.12.04, Universität Heidelberg
- [Neu, 2004] Dr. Urs Neu, Universität Bern, private Mitteilung per E-Mail, 2004
- [Neu, 2005] Dr. Urs Neu, Universität Bern, private Mitteilung per E-Mail, 2005

- [Newsweek, 1975] Newsweek, 28. April 1975
- [Nordhaus, 1999] Nordhaus, W.D., Boyer, J.G.: Requiem for Kyoto. An Economic Analysis of the Kyoto Protocol, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1201, Yale University, pp. 1-46
- [Raghavan, 2003] Raghavan,S., Rajesh,S.: Trends in Tropical Cyclone Impact, A Study in Andhra Pradesh, India. Bulletin of the American Meteorological Society, 2003. 84; 635-644
- [Rahmstorf] Die Webseite <http://www.pik-potsdam.de/~stefan/>, 20.6.04
- [Rahmstorf, 2004, 1] "Klimawandel - Rote Karte für Leugner": <http://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Other/klimageschichte.pdf>, 20.6.04
- [Rahmstorf, 04/05]: Austausch zahlreicher E-Mails mit dem Autor
- [Rasool, 1971] S.I. Rasool, S.H. Schneider: Atmospheric Carbon Dioxide and Aerosols; Effects of large Increases on Global Climate, Science, Vol.173 (July 9), S. 138-141 (1971)
- [Ravel, 19989] Ravel,A., Ramanathan,V., Nature 342, S. 758 (1989)
- [Retallack,G.] Nature 411, p.287 (2001)
- [Schlesinger, 2003] J. Schlesinger: Climate Change, The Science isn't Settled, in der Washington Post vom 7. Juli, (2003)
- [Schmitt, 2002] Schmitt,D., Schüssler,M.: Klimaveränderung - Treibhauseffekt oder Sonnenaktivität?, Max-Planck-Institut für Aeronomie, 2002
- [Schönwiese] Die Webseite <http://www.uni-frankfurt.de/IMGF/meteor/klima/schoenwiese/>
- [Schönwiese, 2003] <http://www.uni-frankfurt.de/IMGF/meteor/klima/SW-KLIA9.htm>
- [SEPP] Webseite www.sepp.org
- [Solanki, 2004], Vortrag im physikal. Institut der Universität Heidelberg am 3.12.04
- [Soon, 2003, 1] Soon,W. et al.: Reconstructing Climatic and Environmental Changes of the Past 1000 Years, A Reappraisal, Energy & Environment, Vol. 14, pp. 233-296
- [Soon, 2003, 2] Soon,W., Baliunas,S.: Proxy Climatic and Environmental Changes of the Past 1000 Years, Climate Research, Vol. 23, pp. 89-110
- [Spektrum, 2004] Spektrum der Wissenschaften, Editorial, (Juni 2004)
- [Spiegel, 2004] Der Spiegel, Nr. 22, S. 144 (24.5.04)
- [Stott, 2000] P.A. Stott, et al., Science 290, 2133 (2000)
- [WBGU, 1997] www.awi-bremerhaven.de/WBGU/wbgu_sn1997.html, 20.6.04
- [ZEIT, 2004] Die ZEIT, 47/2004