

Kohlendioxid und Klima

Vortrag vor Old Table Freiburg am 21.2.2002
von Dipl.-Phys. Alvo v. Alvensleben
Revidierte Fassung März 2002

Definitionen

Meinen Vortrag möchte ich beginnen mit der Definition der beiden Begriffe, die im Titel genannt sind:

Kohlendioxid, chemisch CO₂, ist ein Gas, das bei allen Verbrennungs- und Atmungsvorgängen entsteht. Zwei Sauerstoffatome aus der Luft verbinden sich mit einem Kohlenstoffatom, das beim Verbrennen von kohlenstoffreichen Verbindungen wie Holz, Kohle, Öl oder Erdgas freigesetzt wird. In schwachen Konzentrationen ist CO₂ geruchlos, stärker konzentriert hat es einen stechenden Geruch. Wir kennen ihn alle, denn jeder hat schon einmal erlebt, wie CO₂ in der Nase sticht, wenn man ein Glas Mineralwasser schnell getrunken hat.

Was verstehen wir unter Klima? Klima ist ein Sammelbegriff für den mittleren Zustand des Wetters, gemittelt über etwa 30 Jahre. Elemente des Klimas sind Temperatur der Luft, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Wind, Bewölkung, Nebel, Verdunstung, Strahlungshaushalt. Das Klima eines Ortes läßt sich nicht durch feste Werte der genannten Größen beschreiben, sondern durch eine Häufigkeitsverteilung, etwa nach Art einer Glockenkurve, die beschreibt, wie häufig Abweichungen einer bestimmten Größe vom Mittelwert auftreten. Im Zusammenhang unseres Themas werden uns vor allem die Temperaturen interessieren.

Der Hauptteil des Vortrages soll nun der Frage nach den Wechselwirkungen der beiden Begriffe gewidmet sein, also: Wie beeinflusst Kohlendioxid das Klima, und wie beeinflusst das Klima den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre? Verstärken wir mit der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas den Treibhauseffekt?

Zu Beginn ein Zitat

Zur Einstimmung auf das Thema hier Auszüge aus einem Artikel in der angesehenen **amerikanischen Wochenzeitung "Newsweek"**:

"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 ernststen 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 13 US-Staaten angerichtet.

Wissenschaftler sehen in diesen ... Ereignissen die Vorboten eines dramatischen Wandels im Wettergeschehen der Welt. Meteorologen sind sich nicht einig über Ursache und Ausmaß des Trends wie auch über seine spezifischen Auswirkungen auf lokale Wetterbedingungen. ...

"Ein größerer Klimawechsel würde wirtschaftliche und soziale Anpassungen in weltweitem Maßstab erzwingen", warnt ein kürzlich erschienener Bericht der National Academy of Sciences (NAS) ...

"Unsere Kenntnis der Mechanismen des Klimawechsels sind ebenso bruchstückhaft wie unsere Daten" räumt der Bericht der NAS ein. "Nicht nur sind die grundlegenden wissenschaftlichen Fragen größtenteils unbeantwortet, sondern in vielen Fällen wissen wir nicht einmal genug, um die

entscheidenden Fragen zu stellen". ...

Und weiter:

"Klimatologen sind pessimistisch daß die politischen Führer irgendwelche 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."

Soweit das Zitat aus "Newsweek". Das klingt alles ziemlich dramatisch und hochaktuell. - Wirklich? Der Bericht erschien vor 27 Jahren, am 28. April 1975. Und er warnte - vor den Folgen der in den letzten 3 Jahrzehnten beobachteten globalen Abkühlung!

Inzwischen hat ein Richtungswechsel um volle 180 Grad stattgefunden. Mit ähnlich dramatischen Worten wird jetzt vor den Gefahren einer globalen Klima-Erwärmung gewarnt. Auch die Hinweise auf die vermehrt drohenden Unwetterkatastrophen sind ziemlich wörtlich die gleichen wie vor 27 Jahren - nur die Ursache soll jetzt die globale Klima-Erwärmung, nicht die Abkühlung sein. Was ist von all diesen Szenarien zu halten?

Das IPCC

Verantwortlich für die weltweit verbreitete Furcht vor einer globalen Klima-Erwärmung und ihren vielfältigen Folgen ist das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ein Gremium von (formell) rund 650 Wissenschaftlern, das vom United Nations Environmental Program (UNEP) und von der World Meteorological Organization (WMO) getragen wird. Dieses Gremium, in dem in mehreren Arbeitsgruppen jeweils einige wenige Personen die Hauptarbeit leisten, hat im April 2001 einen Third Assessment Report herausgegeben, auf dessen Grundlage im Juli 2001 Vertreter zahlreicher Staaten in Bonn zusammenkamen, um über die Durchführung von Maßnahmen zu beraten, die in Kyoto 1997 empfohlen worden waren ("Kyoto-Protokoll").

Mit Klima-Modellen wurde eine Erwärmung der Erdatmosphäre zwischen 1.4 und 5.8 °C bis zum Jahre 2100 vorausgerechnet. Diese soll eintreten, wenn nichts gegen den weiteren Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre unternommen wird. Wenn man über das IPCC nichts Näheres weiß, hat man den Eindruck, in den Veröffentlichungen müssten sich die besten und sichersten Erkenntnisse der Klimatologie wiederfinden. Aber Zweifel sind angebracht:

- 1.** So war das IPCC nach politischen, nicht nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten zusammengesetzt: Es sollten möglichst viele Länder (mehr als 100) vertreten sein; die Nationalität war wichtiger als die wissenschaftliche Qualifikation..
- 2.** die Schlußveröffentlichung des "Technical Summary, (TS) stellt kein von Gutachtern gebilligtes Dokument (wie in einer referierten Zeitschrift) dar, weil die Hauptautoren Einwände ohne Begründung übergehen durften - und dies auch taten, und
- 3.** Autoren, die - wie Professor Richard Lindzen vom MIT in Boston - daraufhin verlangten daß ihr Name aus der Liste der "Contributors" gestrichen wird, weil sie sich mit dem Inhalt der Veröffentlichung nicht identifizieren können, wurde dieser Wunsch abgelehnt. Nach außen erscheinen sie nach wie vor als Mitarbeiter an den veröffentlichten Dokumenten.

Einige persönliche Bemerkungen

Die düsteren Prognosen des IPCC, erarbeitet von so vielen Experten und mit den besten verfügbaren Computern und Klimamodellen, schienen mir kaum von der Hand zu weisen. Allerdings stieß ich bald auch auf kritische Stimmen, insbesondere auf eine Veröffentlichung "Klimafakten" der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover [1].

Meine Hauptbeschäftigung in den letzten Monaten war dann ein Studium der Klimatologie, insbesondere der Frage, ob wir nun, nach der Absage von Bush an das Kyoto-Protokoll, mit einer katastrophalen Klima-Erwärmung rechnen müssen, verursacht durch das von Menschen in der Erdatmosphäre angereicherte Kohlendioxid. Erlaubt mir hier eine kleine Abschweifung: Das Internet bietet für ein solches Studium traumhafte Möglichkeiten. Innerhalb von zwei Tagen war ich Student der Universitäten von Zürich, Heidelberg, Bochum, Erlangen, Potsdam, Berlin, Melbourne ..., konnte den Wortlaut der Erklärungen von Bush und seinen Beratern lesen, sowie das Kyoto-Protokoll und die Äußerungen seiner Kritiker in USA und Deutschland. Das Wort "traumhaft" habe ich bewußt gewählt, denn solche Möglichkeiten zu Hause im Wohnzimmer (oder wo immer der Computer steht) zu haben, konnte man früher höchstens träumen, ohne Hoffnung, daß das jemals wahr werden könnte.

In meiner Darstellung bemühe ich mich um Anschaulichkeit unter Vermeidung von Begriffen wie "Strahlung eines Schwarzen Körpers", die entweder gar nicht oder falsch verstanden werden. Wo ich mich auf "Autoritäten" berufe, versuche ich, deren Kompetenz glaubwürdig zu begründen.

Das ganze Thema hat mich auch emotional sehr bewegt. Deshalb habe ich gelegentlich persönliche Bemerkungen und Einschätzungen eingefügt. Ich denke, sie kommen der Lebendigkeit des Vortrags zugute.

Hauptergebnisse der Klimastudien

Die wichtigsten Ergebnisse meiner Studien möchte ich zunächst in ein paar kurzen Absätzen zusammenfassen. Im weiteren Verlauf werde ich dann die Thesen, die für einige von Euch wohl überraschend sein werden, näher erläutern und begründen.

Ich gehe davon aus, daß jeder von Euch in den vergangenen Jahren schon gehört hat: Das Gas Kohlendioxid, CO₂, reichert sich seit Jahrzehnten in der Erdatmosphäre an. Ebenso hat jeder schon gehört, daß die Zunahme dieses Gases zu einer Erwärmung der Erdatmosphäre führen soll, mit vielerlei bedrohlichen Folgen: Anstieg des Meeresspiegels, vermehrtes Auftreten von Dürren hier, von Überschwemmungen dort, von Orkanen, Aussterben von Tierarten usw. Das weiß heute doch jeder - oder? Nun einige Ergebnisse:

1. Das CO₂ nimmt zu.

Die CO₂-Zunahme in der Atmosphäre ist real (**Bild 1a,b**) – und außerordentlich günstig für das Pflanzenwachstum; eine weitere Zunahme ist im Interesse der Welternährung durchaus erwünscht. Experimente mit Pflanzen in künstlich CO₂-angereicherten Atmosphären zeigen, daß mit einer Verdoppelung des CO₂-Gehaltes Wachstumssteigerungen bei den meisten Pflanzen im Bereich 10 bis 80 % möglich sind – Holz, Blätter, Früchte, alles wächst besser. Es gibt keinen besseren Dünger. CO₂ - ein "Umweltgift"? Mehr dazu später.

Bild 1a: Der auf Hawaii gemessene CO₂-Anstieg seit 1959
Eingetragen ist auch der CO₂-Wert von 1860 und der verdoppelte Wert

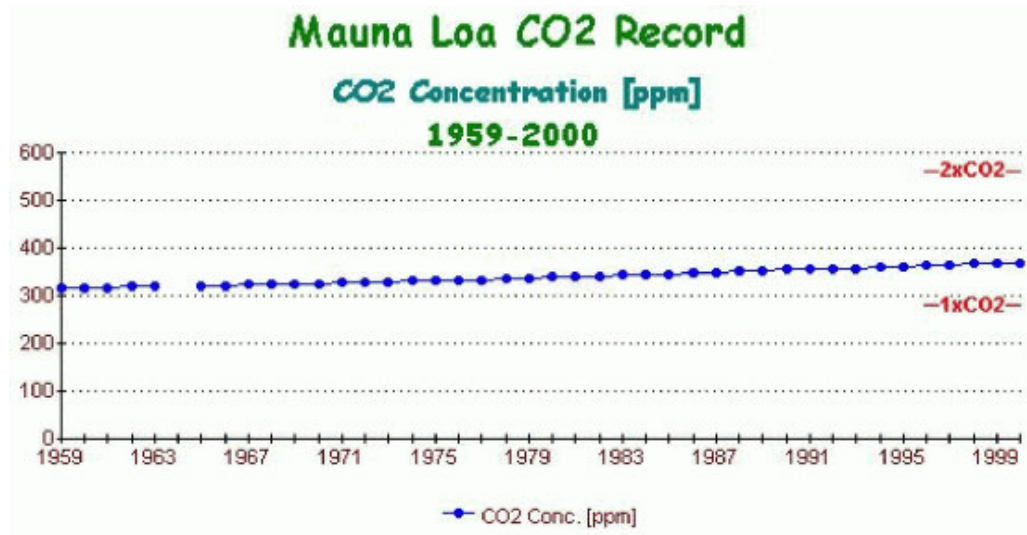
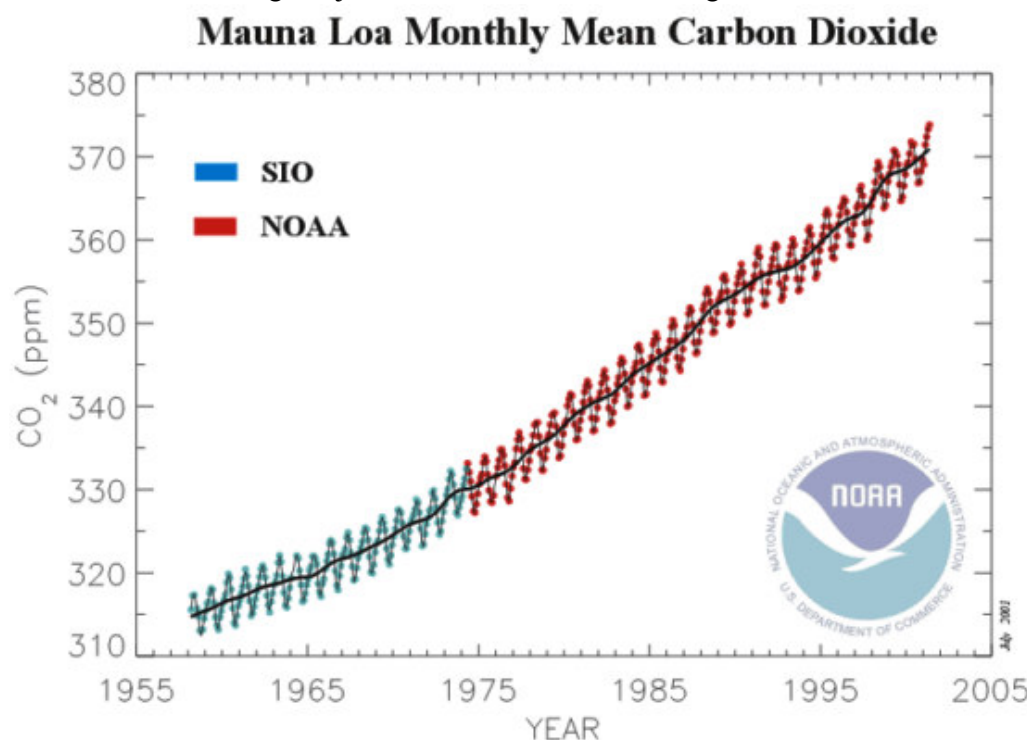


Bild 1 b: CO₂-Anstieg mit jahreszeitlichen Variationen in größerem Maßstab



Atmospheric carbon dioxide monthly mean mixing ratios: Data prior to May 1974 are from the Scripps Institution of Oceanography (SIO, blue), data since May 1974 are from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, red). A long-term trend curve is fitted to the monthly mean values. Principal investigators: Dr. Pieter Tans, NOAA CMDL Carbon Cycle Greenhouse Gases, Boulder, Colorado, (303) 497-6678, ptans@cmdl.noaa.gov, and Dr. Charles D. Keeling, SIO, La Jolla, California, (616) 534-6001, cdkeeling@ucsd.edu

2. Das Klima der Vergangenheit

Um das Klima der Vergangenheit zu erforschen, hat man in Grönland und in der Antarktis tiefe Löcher ins Eis gebohrt und die Bohrkernkerne untersucht. Aus ihnen konnte man die Entwicklung des Erdklimas über mehr als 400 000 Jahre zurückverfolgen. Das Verhältnis der Sauerstoff-Isotope ^{18}O : ^{16}O von eingeschlossenen Luftbläschen gibt Aufschluß über die Temperaturen; der CO₂-Gehalt in den Bläschen kann gemessen werden. Aus den Bohrkern-Untersuchungen weiß man, daß es in den letzten 420 000 Jahren vier kurze Warmzeiten von je etwa 10 000 Jahren Dauer und dazwischen etwa 10 mal so lange Kaltzeiten gegeben hat. Außerdem zeigte sich, daß in der Erdgeschichte der CO₂-Anstieg zeitlich immer erst **nach** den Klimaerwärmungen stattfand, **also nicht deren Ursache, sondern Folge war**. Das ist ein sehr wichtiger Befund. Ich komme darauf noch zurück

3. Die Gletscher der Erde

Zutreffend ist, daß die Mehrzahl der kontinentalen Gletscher, z.B. in den Alpen, in den letzten Jahrzehnten weiter geschrumpft ist. Kann man daraus auf eine globale Erwärmung schließen? Dieser Punkt verdient eine eingehendere Betrachtung.

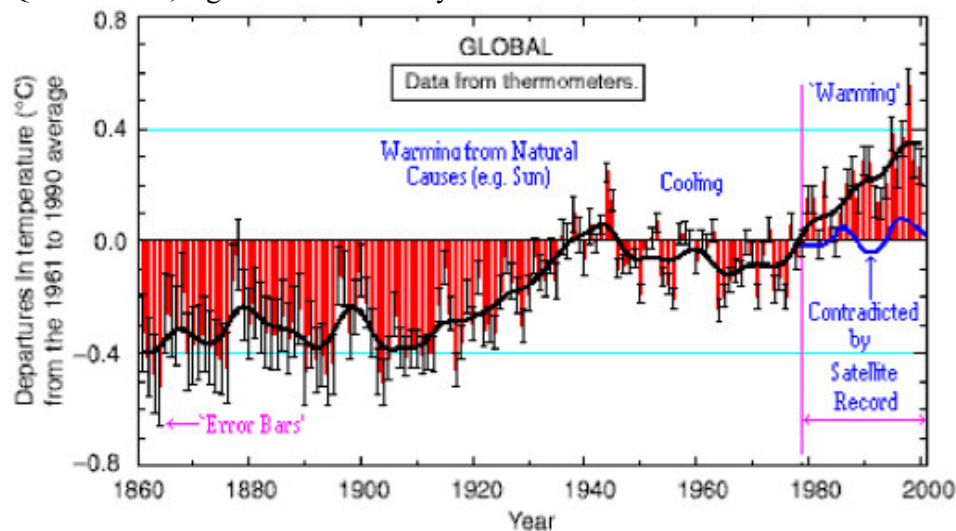
4. Die Entwicklung der globalen Temperatur in Bodennähe seit 1860

Um 1860 endete eine Jahrhunderte lange Phase globaler Abkühlung, die "Kleine Eiszeit", die mit großen Gletschervorstößen verbunden war. Seitdem stieg die globale Temperatur, gemessen in 2 m Höhe über dem Erdboden, um etwa $0.6\text{ °C} \pm 0.2\text{ °C}$ bis 1930. (Bild 2) Parallel dazu gingen die kontinentalen Gletscher stark zurück. Von 1940 bis 1975 nahm die Lufttemperatur wieder um etwa 0.2 °C ab und stieg ab 1975 wieder auf Werte, wie sie zwischen 1930 und 1940 gemessen wurden. Dies gilt jedenfalls für den Bereich der Erde, aus dem die genauesten Messungen der bodennahen Lufttemperatur stammen, und in denen das dichteste Meßnetz bestand, nämlich die USA

Bild 2: Die globale Entwicklung der Lufttemperatur seit 1860

Die Satellitendaten ab 1979 lassen keinen Temperaturanstieg erkennen

Quelle: IPCC, ergänzt von John Daly



5. Temperaturmessungen von Satelliten aus

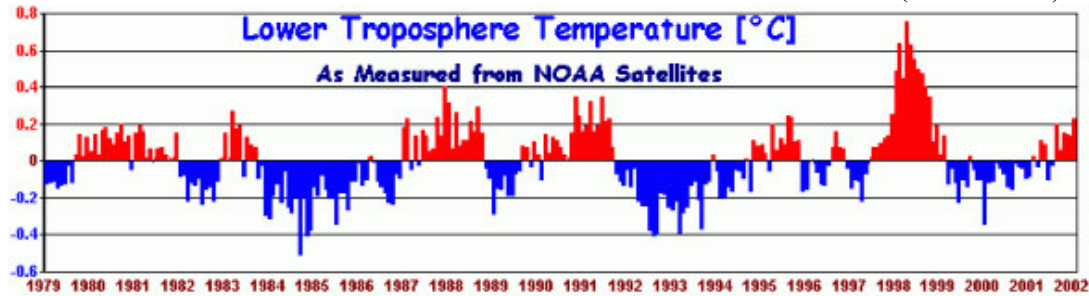
Seit 1979 kann man die Lufttemperatur von Satelliten aus messen und hat so erstmalig die Möglichkeit, die Temperatur der ganzen Erdatmosphäre, nicht nur die über den Kontinenten zu messen. Zur Messung benutzt wird die Emission von Sauerstoffmolekülen, die ein sehr genaues Thermometer darstellt. An den Messungen sind ständig mindestens 2 Satelliten (mit gewöhnlich 4 Jahren Lebensdauer) beteiligt, deren Ergebnisse untereinander verglichen werden. Die Meßmethode erlaubt sogar, zwischen verschiedenen Höhenbereichen, nämlich der Troposphäre und der Stratosphäre, zu unterscheiden.

Die Messungen hatten ein Ergebnis, daß für die Klima-Erwärmungspropheten höchst überraschend war und entsprechend kritisch und sorgfältig analysiert wurde:

Für die Zeit seit 1979 kann man die "globale Erwärmung" mit gutem Gewissen als ein Märchen bezeichnen. **(Bild 3)** Die Satellitenmessungen stimmen untereinander auf 0.02 °C , mit Ballonsondenmessungen auf 0.03 °C überein, und sie zeigen nur einen minimalen Anstiegstrend (von 0.038 °C pro Jahrzehnt) seit 1979, also in der Zeit, in der der steilste Anstieg des CO_2 in der Atmosphäre zu verzeichnen war.

Bild 3: Die Temperatur-Meßergebnisse der Satelliten

von Januar 1979 bis Januar 2002 - Globale Monats- und Jahresmittelwerte (unteres Bild)



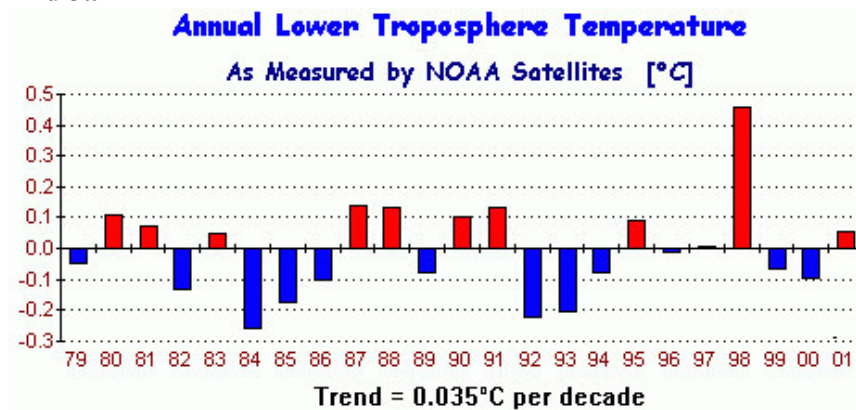
The Satellite Record 1979-2002

The new way to determine global temperature is to use satellites to measure the temperature of the lower atmosphere, giving the Earth a uniform global sweep, oceans included, with no cities to create a false warming bias. This second method, used since January 1979, is accurate to within one hundredth of a degree, and is clearly the best record we have. Here is Global Mean Temperature (anomalies in °C) of the Lower Troposphere (lower atmosphere) for the 23-year period January 1979 to January 2002, as measured by NOAA satellites. It shows a very different picture to that of the global 'surface record' over the same period.

Global trend per decade = +0.038 °C, (Northern Hemisphere = +0.112 °C, Southern Hemisphere = -0.037 °C.)

Global January 2002 = + 0.232 °C, (Northern Hemisphere = +0.321 °C, Southern Hemisphere = +0.144 °C.)

Bild 3a



6. Änderungen des Meeresspiegels?

Als eine der Folgen der "globalen Erwärmung" wird von den Klimawarnern eine Erhöhung des Meeresspiegels erwartet. Wenn das Meerwasser sich erwärmt, dehnt es sich aus. Außerdem befürchtet man ein Abschmelzen der Festlandgletscher und des Grönlandeises und langfristig der Antarktis, und damit verstärkte Zuflüsse ins Meer. Wir werden noch sehen, was es damit auf sich hat.

7. Häufigkeit von Unwetterkatastrophen

Ein vermehrtes Auftreten von Stürmen, Hurrikans, Taifunen, Hochwassern als Folge einer globalen Erwärmung gehört zu den beliebtesten Schreckensvisionen der Klimawarner. Allerdings muß ich den IPCC-Bericht in diesem Punkt freisprechen: In tropischen und außertropischen Stürmen sei über das 20. Jahrhundert hin kein signifikanter Trend erkennbar, und auch keine systematische Änderung in der Häufigkeit von Tornados, Gewittertagen oder Hagelschlägen.

Anderslautende Voraussagen spekulieren auf das kurze Gedächtnis der Menschen. Aber sorgfältigen statistischen Untersuchungen halten sie nicht stand. Zugenommen hat, wie die Münchener Rückversicherungsgesellschaft zu melden weiß, die durchschnittliche Schadenshöhe von schweren Unwetterkatastrophen - als Folge der zunehmenden Bevölkerungsdichte, aber auch der Versiegelung von Böden, der Begradigung von Bach- und Flußläufen etc. Aber die Zahl schwerer Stürme pro Jahrzehnt ist in allen Erdteilen ziemlich konstant geblieben; manche Untersuchungen verzeichnen

sogar eine Abnahme.

8. Das Nordpoleis

Im Jahr 2000 wurden am Nordpol offene Spalten im Eis entdeckt und als "Beweis" für die globale Erwärmung durch die Medien weit verbreitet. Was die Entdecker nicht wußten: Solche Spalten waren längst aus früheren Jahrzehnten bekannt, sie treten bei dem schwimmenden Nordpoleis immer wieder einmal auf – wie man z.B. in dem Sachbuch "Klimafakten" bei Berner [1] nachlesen kann. 2001 haben die Eisspalten am Nordpol sich wieder geschlossen; kürzlich erfolgte Messungen ergaben am Pol eine Eisdicke von 3.5 m ("Der Spiegel" vom 15.9.2001).

9. Einfluß der Sonne

Hier müssen wir zwischen direkten und indirekten Wirkungen, die von der Sonne ausgehen, unterscheiden. Die direkte Sonnenstrahlung schwankt über Jahrzehnte nur um etwa 0.1%, was an der Erdoberfläche Schwankungen des "Strahlungsantriebs" (Forcing) von 0.3 W/m^2 ausmacht.

Viel größer sind indirekte Wirkungen als Folge von Schwankungen des Sonnenmagnetfeldes, in das die Erde eingebettet ist. Folgendes geschieht dabei: Teilchen der Kosmischen Strahlung, die aus den Tiefen des Weltraums ständig in die Erdatmosphäre prasseln, erzeugen dort Ionen, die - genau wie schwebende Staubteilchen (Aerosole) - als Kondensationskerne für Wassertropfen dienen können. Das wechselnde Magnetfeld und der Sonnenwind schirmen Kosmische Strahlung mehr oder minder stark ab. Sie ändern damit die Tropfenbildung in der Atmosphäre und die Wolkenbedeckung der Erde.

Die Abschirmung der ionisierenden Strahlung durch das solare Magnetfeld ist lange bekannt. Sie wurde bereits 1971 auf dem Deckel eines Geophysik-Lehrbuches zeichnerisch dargestellt. Noch länger bekannt ist die Wirkung von Ionen als Kondensationskerne - sie sind die Grundlage der "Wilsonschen Nebelkammer", die ich schon 1951 als Physikstudent im Praktikum kennengelernt habe. Im Jahre 1997 haben die dänischen Forscher Svensmark und Friis-Christensen, gestützt auf Satellitenmessungen der Wolkendecke seit 1979, den engen Zusammenhang zwischen außertropischer Wolkenbedeckung und sonnenmodulierter Kosmischer Strahlung nachgewiesen und veröffentlicht. Sie fanden einen Abkühlungseffekt von 1 bis 1.5 W/m^2 - 3 bis 5 mal so groß wie die Schwankungen der direkten Sonnenstrahlung.

Aber der "Dritte Ergebnisbericht" des IPCC befand noch 2001: "Mechanismen für die Verstärkung solarer Effekte auf das Klima sind vorgeschlagen worden, es fehlt ihnen aber bisher eine strenge theoretische oder beobachtungsseitige Basis". **Daher wurden diese Effekte vom IPCC in seinen Klimamodellen nicht berücksichtigt - wohl einer der größten einzelnen Fehler in den Analysen der klimarelevanten Einflußgrößen des IPCC.** Wir sollten auch im Auge behalten, daß wir das Verhalten des solaren Magnetfeldes nicht voraussagen können. Es geht als großer Unsicherheitsfaktor in alle Modellrechnungen ein.

Noch weit größere Schwankungen der von der Erde empfangenen Sonnenstrahlung werden verursacht durch periodische Veränderungen der Erdbahn und der Schiefe der Ekliptik. Diese Änderungen spielen sich ab auf Zeitskalen von **20 000 bis 100 000 Jahren (Milankowitsch-Zyklen)** und werden als Ursachen der Eiszeiten angesehen, die man aus Eisbohrkernen datieren konnte. Wegen der großen Zeitskalen sind sie aber nicht Thema dieses Vortrages.

10. Klimasimulationen im Computer

Die **Klimamodelle, auf deren Vorausberechnungen sich die ganze "Global Warming"-Aufregung stützt, sind noch grob falsch - unter anderem deshalb, weil sie den Einfluß der Wolken und vieler anderer, auch von der Sonne kommender Effekte völlig unzureichend berücksichtigen. Das stärkste Treibhausgas ist nicht CO₂, sondern H₂O, also Wasserdampf in Gasform.** Und dessen Gehalt in der Atmosphäre schwankt zeitlich zwischen 0.1 und 5.0 %, also in einem großen Bereich. Aber nicht nur

das - Wasserdampf absorbiert auch Strahlung in einem viel breiteren Bereich von Wellenlängen des Infrarotspektrums, in dem die Strahlung der Erdoberfläche liegt, als es Kohlendioxid tun kann. **Rund zwei Drittel des gesamten Treibhauseffekts der Erdatmosphäre sind von H₂O-Dampf verursacht, wie in den "Klimafakten" [1] festgestellt wird.** Und je nachdem, wieviel Kondensationskerne in der Atmosphäre sind, können sich Wolken bilden, mit kleinen oder großen Tropfen, und davon hängt wieder ab, wie stark sie Sonnenlicht direkt reflektieren, und wie stark sie die Abstrahlung vom Erdboden behindern – kurz, es gibt da so komplizierte Zusammenhänge, daß ich gar keine Hoffnung sehe, Klimamodelle so gut zu machen, daß sie brauchbare Voraussagen über Jahre oder Jahrzehnte liefern könnten. (Eindrucksvolle Beispiele für diese Problematik gibt **Joachim Bublath [2]** in seinem Buch "Chaos im Universum").

Die jetzt vom IPCC in der Öffentlichkeit verbreiteten Modellrechnungen, nach denen Erwärmungen von 1.4 bis 5.8 Grad bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu erwarten sind, sind jedenfalls so unzuverlässig, daß ich sie als Prognosen für wertlos halte. Sie scheitern ja schon an der "Rückwärts-Vorhersage" für das Klima des vergangenen Jahrhunderts. Die Modellierer selbst sind auch vorsichtiger geworden, wie ich auf einer Klimatagung in Frankfurt lernen konnte. Sie sprechen nicht von Prognosen, sondern von "Szenarien", also von Beschreibungen eines Klimas, das dann eintreten wird, wenn ihre hineingesteckten Annahmen richtig sind. ... **Klima-Skeptiker erwarten aufgrund theoretischer Berechnungen eine Erwärmung von nicht mehr als 0.4 °C bis 2100 als Folge der CO₂-Zunahme (Dietze, 2002). Das würde auch genau dem gemessenen Trend in den Satellitenbeobachtungen entsprechen.**

Nach diesem Streifzug durch meine Studienergebnisse möchte ich nun einige der oben angeschnittenen Punkte näher erläutern.

Gletscher als Klimazeugen

Zuerst zu der Frage, wie weit Gletscher uns über Klimaänderungen Auskunft geben können: Bevor man aus der Abnahme der meisten kontinentalen Gletscher auf eine globale Erwärmung schließt, sollte man mehrere Umstände in Rechnung stellen:

a) 99% des Gletschereises der ganzen Erde befinden sich in der Antarktis und auf Grönland. Die kontinentalen Gletscher der polfernen Gebiete machen nur 1% der Gletschermasse aus. Das Hauptgletschergebiet der Erde, die Antarktis, zeigt für die Zeit seit etwa 1960 in Bodennähe eine beträchtliche Abkühlung von 0.7 °C pro Jahrzehnt, wie unabhängig voneinander mehrere Forschergruppen in "Nature" und "Science" berichteten (Januar 2002). Eine Voraussage, im Jahre 1990 veröffentlicht in der referierten Zeitschrift "Nature", erwartet sogar ein deutliches Absinken des Meeresspiegels als Folge der Zunahme des antarktischen Inlandeises. - Nur auf der antarktischen Halbinsel, dem "Sporn" von der Antarktis in Richtung Südamerika, wurde eine Erwärmung verzeichnet.

b) Eis ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Gletscher folgen daher Temperaturänderungen, abhängig von ihrer Dicke, nur träge mit großen Verzögerungen (typisch: Jahrzehnte). Daher darf es nicht überraschen, daß manche Gletscher, wie etwa der Franz-Josefsgletscher auf Neuseeland, trotz der globalen Abkühlung von 1940-1970 zusammenschmolzen und trotz der anschließenden Erwärmung wieder zunahm. In den letzten Jahrzehnten sind die meisten Alpengletscher geschrumpft, während die meisten norwegischen Gletscher gewachsen sind.

c) Zu oder Abnahme von Gletschern hängen empfindlich von den Niederschlagsmengen im Nährgebiet der Gletscher ab. Daher findet man in nahe benachbarten Regionen nicht selten gleichzeitig wachsende und schrumpfende Gletscher.

d) Die normale Abnahme der Lufttemperatur nach oben beträgt 0.1 °C pro 15 Höhenmeter. Bei einem Gefälle einer Gletscherzunge von 10%, (also 1 m Höhendifferenz auf 10 m Gletscherlänge) genügt

daher eine Temperaturzunahme von 0.1 °C, um die Gletscherzunge um 150 m zu verkürzen - ein ziemlich dramatisch wirkender Effekt für eine so kleine Ursache.

Wie funktioniert der Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre?

Wenn die Satelliten trotz der Zunahme des CO₂ in der Atmosphäre keine Temperaturerhöhung, also keinen verstärkten Treibhauseffekt finden, verlangt das nach einer Erklärung. Ich versuche, den Sachverhalt möglichst anschaulich darzustellen und lehne mich im Folgenden an einen Internet-Diskussionsbeitrag eines klugen Engländers, **Richard Courtney**, an, der schwierige Sachverhalte gut zu erklären versteht: :

Änderungen im CO₂-Gehalt der Atmosphäre haben die globale Temperatur nicht so geändert, wie es die Hypothese des verstärkten Treibhauseffekts voraussagt. Jahrzehntelang zwischen 1940 und 1975, ist ja die globale Temperatur gesunken, trotz steigenden CO₂-Gehalts. Einige Klimatologen haben dafür die "Sulfat-Aerosol-Hypothese" zur Erklärung herangezogen. Aber John Emsley (vom Imperial College of Science and Technology und Gewinner des Rhone Poulenc-Preises 1995) war der erste, der erklärte, daß es zu erwarten sei, daß Anstiege im atmosphärischen CO₂-Gehalt nur einen geringen Einfluß auf die globale Temperatur haben würden.

Einige Mechanismen des Treibhauseffekts sind unumstritten. Die Sonne ist sehr heiß, und daher emittiert sie Strahlung mit kurzen Wellenlängen, hauptsächlich im Bereich des sichtbaren Lichtes. Die Erdatmosphäre ist – von Wolken abgesehen – fast vollständig durchlässig für Strahlung im Visuellen und nahen infraroten Spektralbereich; deshalb kann fast die gesamte Sonnenstrahlung dieses Bereiches die Erdatmosphäre passieren und die Erdoberfläche erreichen. Auf diese Weise heizt die Sonne die Erdoberfläche.

Aber die Sonnenenergie, die von der Erdoberfläche absorbiert wurde, muß von ihr auch wieder emittiert werden - andernfalls würde die Erdtemperatur beständig steigen. Die erwärmte Oberfläche emittiert die Sonnenenergie, die sie absorbiert hat, als Infrarotstrahlung mit längeren Wellen als die, die sie absorbiert hat. Das ist eine generelle Eigenschaft erwärmter Festkörper und Flüssigkeiten. Auf diese Weise besteht ein Gleichgewicht zwischen der Sonnenenergie, die die Erde absorbiert hat, und der Strahlung, die von der Erdoberfläche ausgeht. Dieses Gleichgewicht nennt man "Strahlungsgleichgewicht" der Erde. Es besteht natürlich nur als zeitlicher Mittelwert über alle Tages- und alle Jahreszeiten und über die ganze Erdoberfläche, ist also eine rein statistische Größe. Aber es ist für die physikalische Behandlung des Klimas ein sehr brauchbarer Begriff.

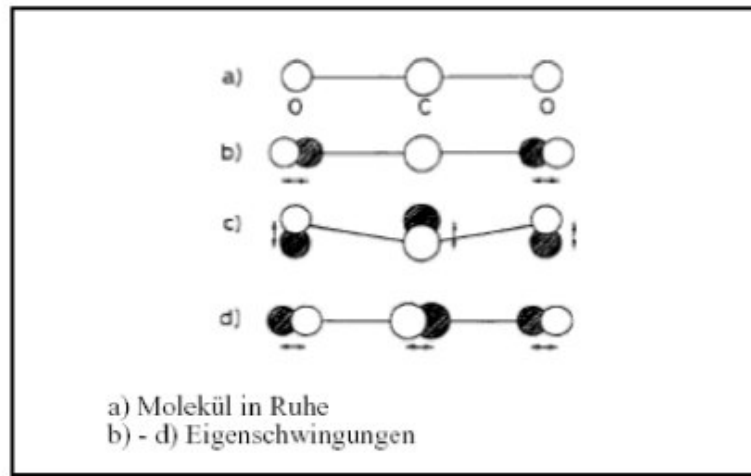
Einfache Berechnungen zeigen, daß eine "nackte" Erde ohne Atmosphäre, (**aber mit dem tatsächlichen Reflexionsvermögen von 30%, das im zeitlichen Mittel für die teilweise bewölkte Erde gilt**) eine mittlere Oberflächentemperatur von etwa -18 °C haben sollte. Aber die Erde hat eine mittlere Oberflächentemperatur von etwa +15 °C, das heißt ungefähr 33 °C wärmer als die einfache Berechnung des Strahlungsgleichgewichts ergibt. Dieser Unterschied ist verursacht durch den "natürlichen Treibhauseffekt."

Die Erdatmosphäre ist nicht transparent für einige Infrarotstrahlung, die von der Erdoberfläche emittiert wird, weil einige Wellenlängen dieser Strahlung durch Moleküle in der Luft absorbiert werden können. Strahlung besteht aus Photonen, und jedes Photon besitzt eine Energie, die von seiner Wellenlänge abhängt. Diese Energie wird aufgenommen, wenn ein individuelles Photon von einem individuellen Luftmolekül absorbiert wird. (Bild 4) Das Molekül wird dabei angehoben in einen Zustand höherer Schwingungs- und Rotationsenergie, und man nennt das dann "angeregt". Das angeregte Molekül kehrt zu seinem ursprünglichen Zustand niedriger Energie, seinem "Grundzustand" zurück, wenn es die Energie des absorbierten Photons wieder abgibt.

CO₂-Moleküle in Luft absorbieren Strahlung in zwei schmalen Bereichen von Wellenlängen ("Absorptionsbanden"). Es gibt keine Meinungsverschiedenheiten über den bis hierher beschriebenen Mechanismus.

Bild 4: Schwingungsarten ("Moden") des 3-atomigen CO₂-Moleküls

Eigen-
schwingungen des
dreiatomigen
Moleküls CO₂



Dr. Jack Barrett (einer der eingeladenen Vortragenden auf einer Klimatagung in Frankfurt, Oktober 2001) hat nun darauf hingewiesen, daß es sehr unwahrscheinlich ist, daß diese Strahlung von den CO₂-Molekülen re-emittiert werden kann, bevor sie durch Zusammenstöße mit Stickstoff- oder Sauerstoffmolekülen in Bewegungsenergie dieser Moleküle, also in Wärme umgewandelt wird. Dieser "Thermalisierung" genannte Vorgang wird auch von IPCC-Vertretern nicht bestritten. Die CO₂-Moleküle würden, wenn sie ungestört blieben, nach etwa einer hunderttausendstel Sekunde aus dem angeregten Zustand spontan in den Grundzustand zurückkehren, indem sie das eingefangene Photon wieder emittieren. Stattdessen werden sie vorher, (also innerhalb einer Hunderttausendstel Sekunde!) etwa 10 000 mal von den viel zahlreicheren N₂- und O₂-Molekülen angestoßen. Man unterscheidet elastische und unelastische Stöße. Letztere sind viel seltener, aber zahlreich genug, um den CO₂-Molekülen ihre Anregungsenergie abzunehmen, bevor sie diese abstrahlen können. Die N₂- und O₂- Moleküle können die Wärme aber nicht abstrahlen. Sie können sie durch Konvektion, durch Wind, durch Bodenberührung und durch Stöße untereinander neu verteilen, und sie können ihrerseits CO₂-Moleküle im Grundzustand wieder "anregen". Dieses Pingpongspiel mit Photonen bedeutet aber, daß die Wärmeenergie im Mittel tagelang in der Atmosphäre gespeichert bleibt, bevor sie es schafft, in der oberen Atmosphäre in den Weltraum abgestrahlt zu werden. Nach Barretts Berechnung ist der gesamte Wärmegehalt der Erdatmosphäre rund 120 mal so groß wie die Wärmemenge, die täglich umgesetzt, also von der Sonne empfangen und wieder emittiert wird.

Berechnungen auf Basis der HITRAN-Spektral-Datenbank, mit der auch das IPCC arbeitet, zeigen, daß eine typische Atmosphäre mit dem normalen Partialdruck von CO₂ und mit einer 50-prozentigen Wasserdampfsättigung schon nach 100 m Weglänge 72,8% der Strahlung von der Erdoberfläche absorbiert hat. Verdoppelt man in dieser Atmosphäre den CO₂-Gehalt, so erhöht sich die Absorption von 72,8 auf 73,5%. Die winzige Erhöhung um 0,7 Prozent bei CO₂-Verdoppelung zeigt an, wie nahe an einer Sättigung die Treibhauswirkung durch CO₂ - im Zusammenwirken mit dem stets vorhandenen Wasserdampf - bereits ist.

Klimaskeptiker contra IPCC

Soweit die Erläuterung des Treibhauseffektes durch Dr. Barrett. Demgegenüber geht das IPCC davon aus, daß bei einer CO₂-Verdoppelung in der Atmosphäre ein zusätzlicher "Strahlungsantrieb" von etwa 3,7 W/m² auftritt, der an der Tropopause abgestrahlt werden müßte (Die Tropopause ist die Grenzschicht von der Troposphäre zur Stratosphäre in Höhen zwischen ca. 12 km am Äquator und 8 km an den Polen. Sie markiert ein Temperaturminimum - oberhalb, in der Stratosphäre, wird es wieder wärmer, weil dort die harte Ultraviolettstrahlung der Sonne von Ozon (O₃) absorbiert wird und die Stratosphäre heizt). Der Strahlungsantrieb von 3,7 W/m² soll zu einer Erwärmung der Atmosphäre von 2,8 °C führen.

Es ist in der Klimatologie üblich, zu berechnen, wie sich eine Verdoppelung des CO₂-Gehalts in der

Erdatmosphäre auswirken würde. Damit macht man sich frei von Annahmen darüber, wann eine solche Verdoppelung eintreten könnte. Zugleich schafft man sich eine Basis für Vergleiche verschiedener Klimamodelle. Dabei benötigt man aber immer noch zwei Stufen: Zuerst wird berechnet, um wieviel Watt pro Quadratmeter Erdoberfläche die durch das zusätzliche CO₂ zurückgehaltene Strahlung zunimmt. Im zweiten Schritt muß man herausfinden, um wieviel Grad C pro 1 Watt Strahlungsantrieb (Forcing) die Temperatur in der Atmosphäre zunimmt. Letzteres nennt man die "Klimasensitivität". Zur genauen Feststellung dieser Sensitivität gibt es leider kein eindeutiges und allein richtiges Verfahren. Aber mit einer Reihe verschiedener Verfahren kommt man zu brauchbaren Werten für die Unter- und Obergrenzen der Sensitivität: Sie liegen bei 0.08°C und 0.22°C pro 1 Watt/m². [3]

Ein Kritiker des IPCC, Peter Dietze, einer der offiziellen Gutachter für den Dritten IPCC-Bericht, hat in einer detaillierten Kritik der Methoden, Vereinfachungen und Vernachlässigungen des IPCC vorgerechnet, daß eine CO₂-Verdoppelung einen (im Vergleich zum IPCC) etwa um den Faktor 4 geringeren Temperatureffekt bewirken würde - **also nur 0.7 °C Erwärmung der Atmosphäre bei Verdoppelung des CO₂-Gehalts.**

Dies ist aber nur ein Punkt der Kritik.

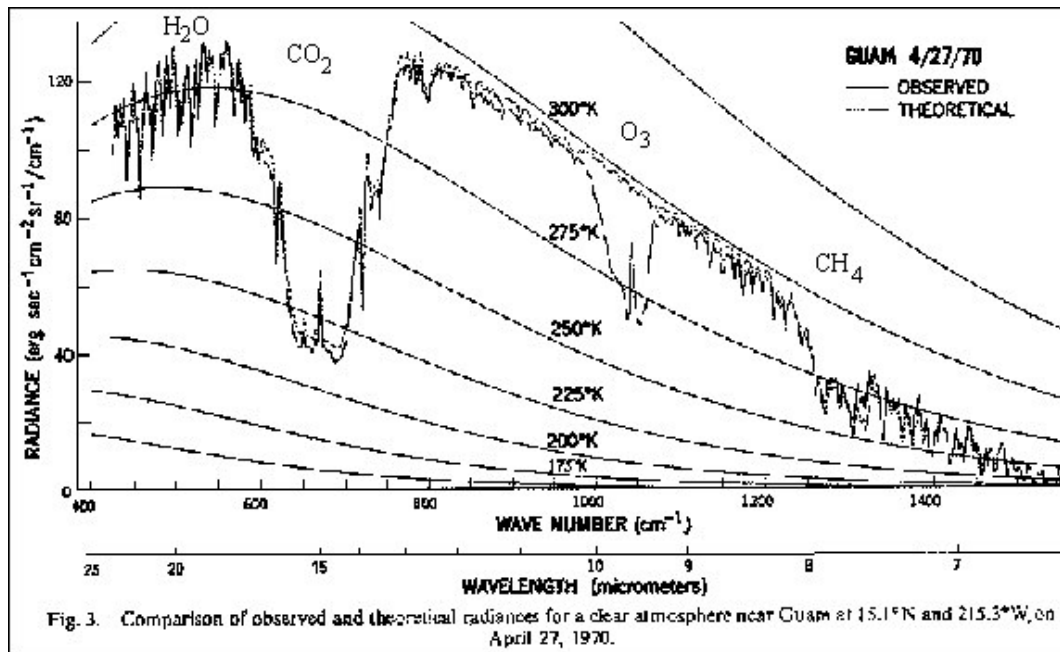
Weitere Punkte beziehen sich auf die vom IPCC in

Modellrechnungen angenommene jährliche Zunahme des CO₂-Gehalts um 1 Prozent - obwohl die gemessene Zunahme nur 0.4% beträgt. Ferner kritisiert Dietze die vom IPCC angesetzte Extrapolation bis zum Jahre 2100 beim globalen Verbrauch von Kohle, Öl und Gas. Dort wird nicht berücksichtigt, daß die **Vorräte in der Erde begrenzt** sind, und daß mit schwindenden Vorräten und steigenden Preisen die Rate des Verbrauchs zurückgehen wird..

Ähnliche Kritiken wie die von Dietze haben auch andere Experten vorgebracht [4]. Ich habe mich hier nur auf die von Dietze beschränkt. Er beschreibt detailliert und für Physiker nachvollziehbar die gedanklichen und die Rechen-Schritte, mit denen er zu seinen Ergebnissen kommt. Er hat diese Ergebnisse auch vor Behörden- und Industrievertretern im Capitol in Washington im Rahmen einer Anhörung zum Thema der globalen Erwärmung im Mai 2000 vorgetragen ("IPCC's Most Essential Model Errors", [5])

Das Emissionsspektrum der Erde wird durch Satellitenmessungen veranschaulicht – im Bereich der CO₂-Absorptionswellenlänge ist die Atmosphäre praktisch vollständig undurchlässig gegenüber der vom Boden stammenden IR-Strahlung (Bild 5). Die Strahlung am Boden des 15 µm-"Trichters" stammt aus einer Atmosphärenschicht mit einer Temperatur von etwa -53 °C - d.h. aus einer Schicht nahe der Tropopause, ca. 10 bis 12 km über der Erdoberfläche. Bei CO₂-Verdoppelung müßte sich der "Trichter" bei Fehlen von Wasserdampf um etwa 11% verbreitern und sich wegen zunehmender Strahlungskühlung auch etwas vertiefen. Wegen des stets vorhandenen Wasserdampfes ist die Wirkung der CO₂-Verdoppelung in der Natur aber noch erheblich kleiner. [Dietze2001: Carbon Model Calculations]

Bild 5: Spektrum der Erdatmosphäre, aufgenommen im Infrarotbereich von einem Erdsatelliten aus, bei klarer Luft am 27.4.1970 über der Pazifikinsel Guam



Deutlich sind die "offenen Fenster" zu sehen, in denen die thermische Abstrahlung des Bodens fast ungehindert in den Weltraum gelangt.

Was kann durch CO₂-Beschränkungen erreicht werden?

Eine bedeutsame Folgerung müssen wir noch ziehen: Die Verminderung des CO₂-Ausstoßes in die Atmosphäre, wie sie das Kyoto-Protokoll vorsieht, kann bestenfalls nur einen kleinen Bruchteil der Wirkung auf die globale Temperatur haben, die das IPCC annimmt. **Die Emissionsreduktion gemäß Kyoto ist in dieser Hinsicht praktisch wirkungslos: Folgt man Tom Wigley, einem prominenten Vertreter des IPCC, so würde sie bis 2050 nur 0.07 °C ausmachen.** Wie Dietze und andere Kritiker gezeigt haben, ist selbst dieser errechnete Wert noch etwa um den Faktor 3.5 zu groß - es bleibt ein **Kyoto-Temperatur senkungseffekt von 0,02 °C bis zum Jahre 2050.** (Diese Zahl hat Dietze auf einer Tagung in Wiesbaden den IPCC-Vertretern vorgehalten, und es wurde ihm nicht widersprochen!). Bekanntlich wollen aber die USA und andere Länder das Kyoto-Protokoll nicht ratifizieren. So wird der errechnete Effekt noch einmal herabgesetzt - auf weniger als 1 /100 °C.

Meine persönliche Schlußfolgerung: Was uns als Normalbürgern mit den CO₂-Reduktionen zugemutet wird, ist ein beträchtlicher finanzieller Aufwand und eine für jeden Einzelnen spürbare Einschränkung seiner persönlichen Lebensgestaltung - nur zu dem Zweck, eine globale Temperatursenkung zu erreichen, die so winzig ist, daß praktisch niemand sie messen kann.

Auf der erwähnten Tagung in Wiesbaden hörte ich im November 2001 einen Vertreter des IPCC. Er glaubte noch an die drohende Erwärmung durch CO₂. Seinem Vortrag hatte er den Titel gegeben: 'Von Kyoto nach Marrakesh - von "zu wenig" nach "noch weniger"'. Obwohl es nicht so gemeint war, konnte man es praktisch als ein Plädoyer dafür verstehen, die Pläne von Kyoto stillschweigend zu begraben.

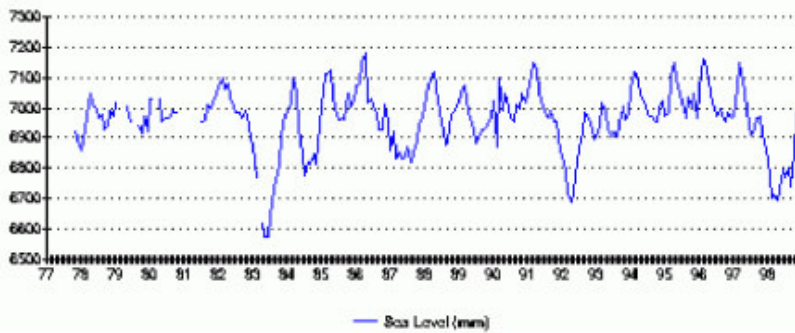
Und der Meeresspiegel?

Nachdem wir uns nun überzeugt haben, daß die vorausgesagte Klimaerwärmung durch CO₂ gar nicht droht, - ihre Theorie ist "faulty science" - fehlerhafte Wissenschaft, wie Präsident Bush sie genannt hat, - und nachdem die Satellitenmessungen zeigen, daß der Temperaturanstieg gar nicht stattfindet - können wir die Frage des Meeresspiegelanstiegs ziemlich schnell erledigen - er findet auch nicht statt.

Bild 6: Gemessene Meeresspiegelschwankungen

Funafuti Atoll, Tuvalu

Monthly Mean Sea Level, 1977-1998



Pegelmessungen über 3 Jahrzehnte in Tuvalu, einem kleinen pazifischen Inselstaat, und in Diego Garcia, dem englischen Flottenstützpunkt mitten im Indischen Ozean, zeigen keine Veränderung des Meeresspiegels. (Bild 6) Lediglich von Zeit zu Zeit, wenn der Wind den El-Niño-Strom nach Osten trieb, sank der Meeresspiegel für einige Zeit um bis zu 30 cm, um anschließend zu normalen Werten zurückzukehren. (Eine dpa-Meldung über den drohenden Untergang von Tuvalu, die ich in der Badischen Zeitung fand, habe ich auf Grund meiner Informationen beanstandet, und 3 Tage später druckte die BZ einen Widerruf, nachdem sie mit dem Konsul von Tuvalu gesprochen hatte).

Entsprechendes gilt für den Inselstaat der Malediven, deren Vertreter in Marrakesch auf die drohende Überflutung ihrer Inseln hingewiesen haben sollen. Eine schwedische Untersuchungskommission unter Leitung eines führenden Experten für die Frage von Meeresspiegelschwankungen (Prof. Mörner) hat das Problem auf den Malediven untersucht und überhaupt keine Zunahme des Meeresspiegels für die letzten 100 Jahre gefunden.

Schwankungen des CO₂ in der Erdgeschichte

Die Messungen des CO₂-Gehalts in Eisbohrkernen haben sich, wie man erst seit wenigen Jahren weiß, doch als ziemlich ungenau erwiesen – wohl als Folge von Diffusionseffekten im Eis, durch die größere Schwankungen des CO₂-Gehaltes nivelliert wurden. Daher ist zur Zeit noch die Meinung verbreitet, in den letzten 420 000 Jahren habe der CO₂-Gehalt nur zwischen 190 ppm in den kältesten Zeiten und 280 ppm in den Warmzeiten gependelt. Daraus haben Botaniker gefolgert, der Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre um rund 30% in den letzten 140 Jahren sei in der jüngeren Erdgeschichte ein einzigartiger Vorgang, und die Natur werde sich darauf nicht einstellen können, mit katastrophalen Folgen für die Pflanzenvielfalt. (Ich habe darüber einen Briefwechsel mit Prof. Christian Körner, Botaniker an der Universität Basel geführt, dem ich für viele Anregungen zu danken habe).

Ein neues Meßverfahren - und überraschende Ergebnisse

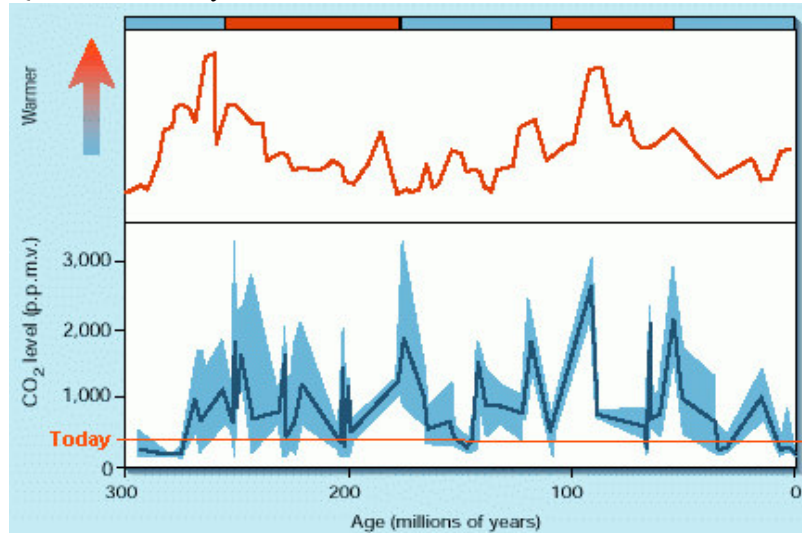
Hier ein Zitat aus einer Buchbesprechung [6] im Internet:

"Eine neue, robuste Technik zur Bestimmung der CO₂-Gehalte der Luft in der Vergangenheit wurde nun in den späten Neunziger Jahren eingeführt. Zwischen der Flächendichte der Spaltöffnungen (Stomatae) in den Blättern bedecktsamiger Pflanzen (Angiospermen) und der umgebenden atmosphärischen CO₂-Konzentration besteht ein enger inverser Zusammenhang. Dieser macht es möglich, den einstigen CO₂-Gehalt der Atmosphäre aus fossilen Blättern zu bestimmen. (Bild 7) Für weniger weit zurückliegende Epochen können CO₂-Gehalte abgeleitet werden aus Blättern, die man im Torfmoor findet.

Obwohl die Eisbohrkerne dies nicht erkennen lassen, zeigt das neue Meßverfahren, wie die atmosphärische CO₂-Konzentration von 260 ppm am Ende der letzten Eiszeit schnell auf 335 ppm im Preboreal (vor 11500 Jahren) anstieg, dann wieder auf 300 ppm abfiel und vor 9300 Jahren 365 ppm

erreichte. **Diese Beobachtungen widerlegen die Annahme einer stabilen "vorindustriellen" Atmosphäre und zeigen, daß CO₂-Niveaus wie das heutige das Ergebnis sonnengesteuerter Temperaturzunahmen mit darauffolgender Ozean-Entgasung sind. Der rekonstruierte Verlauf aus der Zeit vor 9000 Jahren gibt Auskunft über CO₂-Zunahmen von 65 ppm pro Jahrhundert, die zu CO₂-Niveaus wie dem heutigen führten, bei Temperaturen ebenfalls ähnlich den heutigen. Daraus folgt, daß man nach Beweisen für Effekte der industriellen CO₂-Emissionen vergeblich suchen wird. Weder die heutigen Temperaturen noch die heutige atmosphärische Chemie zeigen Anomalien.**"
(Ende des Zitats)

Bild 7: CO₂ -Gehalt der Atmosphäre in den letzten 300 Millionen Jahren
Quelle: John Daly



In a new paper in *Nature* (v.411, p.287, 17 May 2001), Gregory Retallack compared leafstomata of Ginkgo trees with similar stomata from fossil remains of related ginkgo trees as far back as 300 million years. From this, he was able to reconstruct the history of atmospheric carbon dioxide as shown left. Today's CO₂ level (370 ppmv) is added (horizontal red line), and it is readily apparent that CO₂ in the distant past reached between 2,000 and 3,000 ppmv, or to 10 times the pre-industrial level of 280 ppmv. And we are paranoid about a mere doubling to 560 ppmv in the next 150 years. If anything, our present level of CO₂ is very low by geological standards (perhaps even dangerously low during recent glaciations).

The above graph compares CO₂ (solid blue line, with standard deviations shown in shaded blue) with a low resolution temperature chart covering the same period. The author concludes in his abstract - "These results support the role of water vapour, methane, and CO₂ in greenhouse climate warming over the past 300 Myr." These are carefully crafted words, given the editorial policy toward global warming of the journal he was publishing in. CO₂ was mentioned only as a third factor, the primary role being attributed to water vapour, a very safe and correct choice to preserve the integrity of his findings.

But what else do we find in the above chart? The resolution of the CO₂ chart is coarse, ± 6 million years, but even with that caveat, it is clear that as with many other palaeo-climate studies comparing CO₂ with temperature, this study shows the same tendency for temperature changes to lead CO₂ changes. This is apparent as a 'right shift' in the CO₂ chart when compared with the temperature chart above it. This means that the CO₂ changes were caused by the temperature changes, not the other way around.

It is also apparent that the Earth cruised through periods of very low CO₂ (such as today) and periods when CO₂ was up to ten times greater, with no ill effects to the climate. Indeed, the Earth was more biologically productive during the high CO₂ regimes (it needed to be to support all those hungry

dinosaurs). This provides us with the confidence that higher levels of CO₂ (but still low by geological standards) will have no ill effects on the Earth's climate, but make the Earth much more productive biologically. The greening of the Earth is the only significant consequence of rising CO₂.

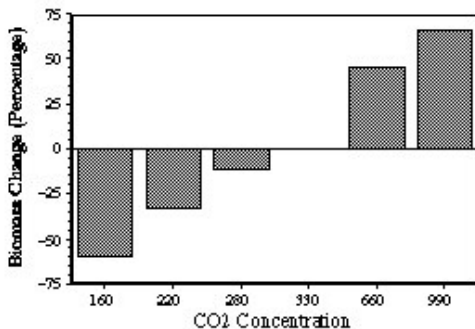
CO₂-Wirkungen in der Biosphäre

Aber damit nicht genug. CO₂ ist neben Wasser und Lichtenergie das Grundnahrungsmittel der Pflanzen. Unsere Pflanzenwelt hat eine Evolution hinter sich, die über Hunderte von Millionen Jahren fast ständig in einer Atmosphäre abließ, die CO₂-Gehalte bis zum Zehnfachen des vorindustriellen CO₂-Gehalts aufwies, also 2000 bis 3000 ppm. Dies weiß man aus Untersuchungen an Blättern des Ginkgo-Baumes, der sich über 300 Millionen Jahre kaum verändert hat. Die Ergebnisse wurden in "Nature" im Mai 2001 veröffentlicht. Erst in der letzten Million Jahre lag der CO₂-Gehalt meistens zwischen 190 und 280 ppm.

Die Pflanzenwelt hat sich wohl nur mit Mühe dem niedrigen CO₂ angepaßt, wie die Existenz von sogenannten C₄-Pflanzen zeigt, die eine CO₂-Anreicherungsmethode erfunden haben, um das bescheidene Angebot besser nutzen zu können. (95% aller Pflanzen sind C₃-Pflanzen, die ohne die Anreicherung auskommen). Es ist daher kaum verwunderlich, daß die Pflanzenwelt auf das neuerdings erhöhte Angebot an CO₂ in einer Weise reagiert, die ich mit "geradezu enthusiastisch" bezeichnen möchte: Kürzlich wurden Experimente veröffentlicht, bei denen man den heutigen CO₂-Gehalt der Atmosphäre künstlich auf den Wert herabgesetzt hat, der vor 1860, d.h. vor Beginn der Industrialisierung bestanden hat. Man hat also verschiedene Pflanzenarten bei 280 ppm CO₂ wachsen lassen und mit Pflanzen verglichen, die 365 ppm CO₂ zur Verfügung hatten.

Ergebnis: Ein um 25 % vermindertes Pflanzenwachstum bei dem niedrigen CO₂-Gehalt der Vergangenheit. (Bild 8) Auch wenn das vielleicht nicht für alle Nahrungspflanzen zutreffen mag - es bedeutet: Schon jetzt haben wir der CO₂-Zunahme um 30 % in den letzten 140 Jahren rund ein Viertel unserer Ernteerträge zu verdanken, oder anders ausgedrückt: ¼ der Menschheit, 1.5 Milliarden Menschen, leben von der atmosphärischen CO₂-Zunahme seit 1860!

Bild 8: Änderungen der Biomasse von Sojabohnen in Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (in ppm)



Ein erfreuliches Nebenergebnis ist, daß der Zuwachs den Bauern weltweit und kostenlos zugute kam.

Mit weiterer Zunahme des CO₂-Gehalts wird, wie Experimente in künstlich angereicherten CO₂-Atmosphären zeigen, der Zuwachs an Biomasse bei den Pflanzen in eine Sättigung übergehen. Außerdem ist selbstverständlich das CO₂ nur einer von verschiedenen Nährstoffen, die die Pflanzen brauchen. Wenn z.B. Stickstoff oder Phosphor oder Wasser fehlen, stößt der Zuwachs der Pflanzen schnell an seine Grenzen. Aber insgesamt ist das Grün auf der Erde in den vergangenen 30 Jahren soviel dichter geworden, daß der Zuwachs in den gemäßigten Breiten (zwischen 30 und 70 Grad nördlicher Breite) bereits von Satelliten aus meßbar geworden ist! [7]

Die positiven Wirkungen der CO₂-Vermehrung sind damit noch gar nicht alle aufgezählt: Mehr CO₂

bedeutet meßbar geringeren Wasserbedarf der Pflanzen, also Erweiterung von Anbaumöglichkeiten in trockenere Gebiete hinein, und verlängerte Photosynthesezeiten in der Morgen- und Abenddämmerung (um Minuten) und im Frühjahr und Herbst (um Tage). Und zu den neuesten, noch nicht ganz gesicherten Ergebnissen gehört, daß vermehrtes CO₂ auch als Heilmittel gegen das Waldsterben wirkt - den kranken Bäumen scheint die CO₂-Kur gut zu bekommen.

Eine Kehrseite hat die schöne Medaille der CO₂-Vermehrung natürlich auch. So enthalten "CO₂-gedüngte" Pflanzen weniger Blattproteine, die Stickstoffkonzentration ist erniedrigt. Auch der (relative) Proteingehalt in Samen und damit auch der im Brotgetreide (Backfähigkeit) geht unter erhöhtem CO₂ zurück. Noch bedeutsamer mag eine andere Folge der CO₂-Düngung sein: Da nicht alle Pflanzen in gleicher Weise reagieren, **wird es bei den neuen Bedingungen nicht nur Gewinner, sondern auch Verlierer geben.** Nachdenkliche Wissenschaftler wie der Baseler Botaniker Prof. Körner [8] befürchten deshalb eine **Abnahme der Pflanzenvielfalt**, und wegen der Abhängigkeit vieler Tiere von ihren Nahrungspflanzen parallel dazu eine Abnahme der Vielfalt in der Tierwelt. Ich kann diese Befürchtungen verstehen, **vertraue aber auf die Anpassungsfähigkeit der lebendigen Natur**, die, wie oben dargestellt, das gleiche Problem schon wiederholt gelöst hat - auch in jüngerer Zeit, in den letzten Jahrtausenden (was Professor Körner noch nicht bekannt war, als er seine Bedenken vortrug).

Zusammenfassung:

Eine nennenswerte Klima-Erwärmung durch Zunahme des von Menschen produzierten CO₂ in der Atmosphäre droht uns nicht. Die Verminderung der CO₂-Einträge in die Atmosphäre gemäß dem Kyoto-Protokoll halte ich nicht nur für überflüssig, sondern sogar für schädlich, da sie die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung erschwert, die schon jetzt auf den erreichten Zuwachs der Ernteerträge angewiesen ist. Alle bisherigen Beobachtungen zeigen auch, daß die natürlichen Senkenflüsse - d.h. die Aufnahme von CO₂ aus der Luft durch Meere, Erdboden und Pflanzen - bei Anstieg der CO₂-Konzentration zunehmen und den CO₂-Zuwachs in der Luft begrenzen.

Und obendrein: Die im Kyoto-Protokoll geforderte CO₂-Verminderung ist auch extrem teuer. Präsident Bush war nicht schlecht beraten, als er sich weigerte, das Kyoto-Protokoll zu ratifizieren [9].

Für mich gibt es nur ein gewichtiges Argument für die CO₂-Reduktion: Öl, Gas und Kohle sind viel zu schade, verheizt zu werden, weil sie die wichtigsten Chemie-Rohstoffe sind. Und wir verbrauchen jährlich soviel davon, wie die Sonne in 500 000 Jahren bei uns eingelagert hat. Das heißt: Diese Rohstoffe sind unersetzlich. Und spätere Generationen – falls es sie gibt – werden uns nicht wegen der Nutzung der Atomenergie, sondern wegen der Verschwendung der fossilen Energieträger verfluchen, die wir in viel höherem Maße durch Atomenergie hätten ersetzen können. Aber das ist wieder ein anderes Kapitel.

Dank:

Mein Dank gilt **John Daly in Tasmanien**, dessen Website zu konsultieren immer wieder eine Freude war, vor allem aber Herrn **Dipl.-Ing Peter Dietze**, der mehr als jeder andere in intensiven Diskussionen und per E-mail zur Entstehung dieses Textes einschließlich seiner technischen Ausgestaltung beigetragen hat. Etwaige Fehler bleiben aber meine eigenen.

Literatur

Allgemein zur Diskussion um die Vorgänge beim Treibhauseffekt:

1. Climate Change 2000, The Scientific Basis, TAR Working Group 1 Report, p. 90, Fig. 1.2
2. Climate Change 1992, IPCC Supplement, p. 7.
3. J. Barrett, Spectrochimica Acta, 51A, 415, (1995)
4. Sir John Houghton, Spectrochimica Acta, 51A, 1391, (1995)

5. K. P. Shine, Spectrochimica Acta, 51A, 1392, (1995)
6. J. Barrett, Spectrochimica Acta, 51A, 1395, (1995)
7. P. S. Braterman, Spectrochimica Acta, 52A, 1565, (1996)
8. J. Barrett, Spectrochimica Acta, 52A, 1567, (1996)
9. R. S. Courtney, Spectrochimica Acta, 53A, 1601, (1997)
10. H. Hug, Energy & Environment, 11, 631, (2000)
11. H. Hug, CHEMKON, 7, 6, (2000)
12. N. D. Coggeshall and E. L. Saier, J. Chem. Phys., 15, 65, (1947), Fig. 1
13. Adapted from Climate Change 2000, The Scientific Basis, TAR Working Group 1 Report, p. 430 Fig. 7.2
14. Climate Change 2000, The Scientific Basis, TAR Working Group 1 Report, p. 199

Speziell zum Vortrag "Kohlendioxid und Klima":

- [1] Ulrich Berner, Hansjörg Streif: Klimafakten, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung 2001
- [2] Joachim Bublath: Chaos im Universum, Droemer 2001
- [3] [A lukewarm Greenhouse - How 'Warm' Will Global Warming Get? by John L. Daly, http://www.vision.net.au/~daly/miniwarm.htm](http://www.vision.net.au/~daly/miniwarm.htm)
- [4] Bengtsson, L., Roeckner, E., Stendel, M. Why is the global warming proceeding much slower than expected?; J. of Geophys. Res. 104 D4 (Feb 1999)
- [5] [IPCC's Most Essential Model Errors, http://www.john-daly.com/forcing/moderr.htm](http://www.john-daly.com/forcing/moderr.htm)
- [6] Geological Perspectives of Global Climate Change, AAPG Studies in Geology No. 47 Edited by Lee C. Gerhard, William E. Harrison and Bernold M. Hanson Published by the American Association of Petroleum Geologists in collaboration with the Kansas Geological Survey and the AAPG Division of Environmental Geosciences; contributions by the U.S. Geological Survey, March 2001
- [7] [Greening Earth \(8 Sept 2001\) by John Daly, http://www.vision.net.au/~daly/press/press-01b.htm#greening](http://www.vision.net.au/~daly/press/press-01b.htm#greening)
- [8] Christian Körner: Biologische Folgen der CO₂-Erhöhung, in: Biologie in unserer Zeit, 29. Jhrgg, Nr.6
- [9] [Kyoto can't help, but it could hurt! by Dr. James J. O'Brien, http://www.vision.net.au/~daly/guests/j-obrien.htm](http://www.vision.net.au/~daly/guests/j-obrien.htm)
- [Dietze2002] <http://www.iavg.org/iavg081.htm>
- [Dietze2001], Carbon Model Calculations, <http://www.vision.net.au/~daly/dietze/cmodcalc.htm>

Weitere >100 Quellen im Internet, speziell die [Webseite von John Daly: "Still waiting for Greenhouse"](http://www.vision.net.au/~daly/press/press-01b.htm#greening) <http://www.john-daly.com/> und die wissenschaftliche Gästeseite <http://www.john-daly.com/guests.htm>

email Adresse des Autors : Alvo v. Alvensleben - alvo9.alvensleben@t-online.de

Ursprünglicher Artikel von A. v. Alvensleben: www.schulphysik.de/klima/alvens/klima.html
 Entgegnung von Prof. Rahmstorf: www.pik-potsdam.de/~stefan/alvensleben_kommentar.html
 Antwort von A. v. Alvensleben: www.schulphysik.de/klima/alvens/antwort.html

[Aktuell Physik](#)
[Aktuell Astronomie](#)

[Klima- Seiten](#)
[Aktuell Klima](#)
[Aktuell Ozon](#)

[Aktuell Mathematik](#)

Kommentar von MM-Physik

Ein hervorragender, sachlich korrekter Vortrag, der die wesentlichen Kritiken an der Klimaerwärmungshysterie schön zusammenfasst.
 Schulphysik

Auch das Strahlungsgleichgewicht einer idealen schwarzen Erde im Strahlungsfeld zwischen Sonne 6000 K und leerem Raum 3 Kelvin wurde zwischen dem Newsweekartikel und heute umfunktioniert. Man rechnet nur mit 70% der

[Aktuell Kernenergie](#)
[News-Foren](#)
[Fachliteratur](#)
[Datenblätter](#)
[Jobs](#)
[Kontakmenü](#)
[Kontakte](#)
[Sucher](#)
[Suchmaschinen](#)
[Homepage](#)

Sonneneinstrahlung einerseits , gestattet der Erde andererseits aber 100% igen Output und kommt so auf - 18 Grad Celsius.

Rechnet man richtig, so bekommt man in "**Nullter Näherung**" für eine Schwarz-Körper-Erde eine Temperatur von **+6 Grad**.

In "1. Näherung" = verbesserte Näherung wird man dann Albedo A bei der Einstrahlung und Emissivität ep bei der Ausstrahlung berücksichtigen. A schwankt jahreszeitlich und solar bedingt um die 0,297 oder 29,7 % und ähnlich ändert sich ep.

$$T_E^4 = S / 4 / \sigma (100\% - A) / \epsilon_p$$

Gegenwärtig messen Satelliten das ep und grobe Schätzungen kommen auf 80-95% (Ein isolierter, heller Körper strahlt weniger Energie ab. Jede klare Frühlingsnacht mit Frostgefahr stützt dieses Modell). Mit diesen Werten kommt man dann auf Werte zwischen 259 K und 271 K **-14 Grad und -2 Grad**. Sowohl Albedo als auch Emissivität scheinen darüberhinaus selbstregelnd die Erde auf konstanter Temperatur zu halten.(man beachte dazu das Gaia Modell der Erde aus den 60er Jahren).

Die Differenz zu den **tatsächlich sehr konstanten 15 Grad Celsius** wird mit dem Treibhauseffekt erklärt.

[Earthshine](#) bei [Big Bear Solar Observatory - Earthshine Measurements of Global Atmospheric Properties](#)

[Interaktive Rechnung und Strahlungsseite bei MM-Physik](#)
[Bilanz im Strahlungsgleichgewicht](#)

[Gefunden](#) (Goethe Gedicht) Gramschatzer Wald, bei Würzburg

Global warming - bei MM-Physik

[Es ist die Sonne und nicht der Mensch](#)

[Klima1](#) - [Klima2](#) - [Klima aktuell](#)

[Bilanz1](#) - [Bilanz2](#)

[Klima3](#) - [Klima4](#) - [Klima5](#) - [Presse2](#)

[KHZ-Klima in historischen Zeiten](#)




[Greening Greenhouse - Teil II](#)

[Messdaten Hohenpeissenberg 1780.2002](#)

[Strahlungsgesetz - Sonnenstrahlung und Erdtemperatur](#)
[rechen](#)

[Aktuell Sonnenwind](#)

[FAQ Skeptiker fragen Wissenschaftler antworten](#)

 Geophysik Geologie	 Klima Wechsel?	 Ozon Waldsterben	 Umwelt Energie	 Science Nat-W.
 Wetter Meteorologie	 Energie Versorgung	 Karten Atlanten	 Medizin und Physik	 Home

Mechanik	Akustik	Elektrik	Optik	Quanten	Kerne	Relativität	Konstanten
Gravitation	Rotation	Wellen	Geophysik	Klima	science	Medizin	Verkehr
Interaktiv-JAVA	Experimente	Online-Kurse	Schule	Institute	Museen	news	topten
Geschichte	Physiker	MSR	jufo	Philosophie	Mathe	Klima	Astronomie
Physets	Versuche	Aufgaben	Didaktik	Literatur	Kontakt	Neues	Sucher
Programme	Schülerhilfen	scripten	Pisa	Lehrmittel	Projekte	Aktuelles	homepage

 Schulphysik	WWW.SCHULPHYSIK.DE	www.physiker.com MM-Physik-ZUM MM-Physik-Würzburg-Online	
 Script	30. April 2005 © Schulphysik - privat	Impressum - Disclaimer - Awards	