

Der anthropogene Treibhauseffekt - eine spektroskopische Geringfügigkeit

von Heinz Hug

Zusammenfassung: Ganz offensichtlich wird die Wirkung des anthropogenen Treibhauseffekts weit überschätzt, denn insbesondere der CO₂-Treibhauseffekt war bis auf unbedeutende, spektroskopisch begründbare Restbeträge („Peakflanken“) bereits zu Zeiten Goethes ausgereizt. Wegen des weitgehenden „Sättigungseffekts“ ist der anthropogene Anteil der „Treibhausgase“ für die gegenwärtige Klimaänderung von untergeordneter Bedeutung. Vielmehr geht die Varianz der Erdoberflächentemperatur mit der Wolkenbedeckung einher, die wiederum von der Fluktuation des solaren Magnetfelds abhängt. Dabei hat eine größere Wolkenbedeckung des Globus in etwa die gleiche Auswirkung wie Vulkanasche nach einem Ausbruch. Der Einfluss der Wolkenbedeckung lässt sich mit den Klimamodellen des IPCC nur äußerst unzulänglich abbilden. Klimamodelle sind auch deshalb ein spektroskopisches Artefakt, weil sie mit gewillkürten Flusskorrekturen arbeiten müssen, deren Beträge den des anthropogenen Treibhauseffekts um ein Vielfaches übersteigen.

1. Was ist unter dem Begriff „Sättigung“ des Treibhauseffekts zu verstehen?

Klimaforschung ist eine in Politik gegossene Naturwissenschaft. Da beide Handlungsfelder nicht von einander zu trennen sind, gab es im Vorfeld von Rio92 in den unter Einfluss der Politik agierenden Medien ein flächendeckendes Meinungsbombardement über die kommende Klimakatastrophe.

Unter dem Eindruck der Medienhype versuchte man als Naturwissenschaftler in den neunziger Jahren etwas über die spektroskopischen Grundlagen des propagierten Klima-Harmagedons in den allgemein gelesenen Periodika zu erfahren – und biss auf Granit. Weder in „Nature“ noch in „Science“ oder in „Scientific American“ (deutsch „Spektrum der Wissenschaft“) erschien ein informativer Artikel über den grundlegenden spektroskopischen Mechanismus des „Treibhauseffekts“ und dessen Grenzen (Emissionsspektren des Erdkörpers, Strahlungstransport, Anwendung des Planck'schen-Strahlungsgesetzes auf die Besetzung von Schwingungsrotationsbanden bei CO₂, Integration über dem Halbraum zur Berechnung des „Treibhauseffekts“ einer Stoffmenge von CO₂, Festlegung und Definition der als normal geltenden Mitteltemperatur (288 K) im Rahmen einer Konferenz usw.). Auch Roger Revelle, der den späteren US-Vizepräsident Al Gore am College mit der „Treibhausgas“-Theorie bekannt machte, publizierte hierzu keine brauchbare Information [2]. Es war fast so, als hätte man Angst, die Karten aufzudecken.

Da man von den allgemein gelesenen Wissenschaftsjournalen im Stich gelassen wurde und die Propagandawalze in dem Medien unaufhörlich trommelte, möchte man als Chemiker erfahren, ab welchen CO₂-Gehalt der Treibhauseffekt aus spektroskopischen Gründen unter realistischen Annahmen ausgereizt ist. Dies insbesondere, wenn man beruflich mit der Quantifizierung von Analyten mittels spektroskopischer Methoden befasst ist und weiß, dass es immer einen Konzentrationsbereich gibt, ab dem die Messstrahlung nahezu komplett absorbiert wird. Es verhält sich ähnlich wie beim Eintropfen von schwarzer Tinte in ein

Wasserglas. Je mehr man zufügt, desto mehr des einfallenden Lichts wird absorbiert bis die Absorption schließlich vollständig ist (Transmission $\tau = 0$).

Ganz irreführend war ein Aufsatz von 1984 in der Mitgliederzeitschrift der Gesellschaft deutscher Chemiker, den so genannten „Blauen Blättern“ [5]. In dieser Veröffentlichung, auf die ich weiter unten zurückkomme, wird die „Rolle der treibhauswirksamen Spurengase“ mit Hilfe von **Transmissionsspektren** erläutert. Ein deutlicher Hinweis, dass es beim Treibhauseffekt um die atmosphärische **spektrale Strahldichte** (vereinfacht **Emission**) durch atmosphärische Spurengase geht, wird nur unterschwellig beschrieben. Angeregt durch die Literaturstelle [5], unternahm ich Messungen zur Transmission (bzw. Absorption oder Extinktion) in einer Gasküvette, um festzustellen, inwieweit der Treibhauseffekt des CO_2 „ausgereizt“ ist.

Wird durch „Treibhausgase“ beispielsweise 35 % der vom Erdboden ausgehend Strahlung bei einer bestimmten Wellenlänge in einer bestimmten Höhe absorbiert, dann ist die Absorption (früher A) $\alpha = 0,35$ (bzw. $\alpha = 35\%$). Die Transmission (früher T) beträgt $\tau = 0,65$ bzw. $\tau = 65\%$.

Da die Absorption von IR-Strahlung („Wärmestrahlung“) quantitativ dem *Bouguer-Lambert-Beer*-Gesetz (eine e -Funktion) folgt, sollte es eine „fließende Grenze“ geben, ab der bei zunehmender Konzentration des Absorbers keine wesentliche Steigerung der Absorption α erfolgt bzw. die Transmission τ gegen Null geht (Bild 1).

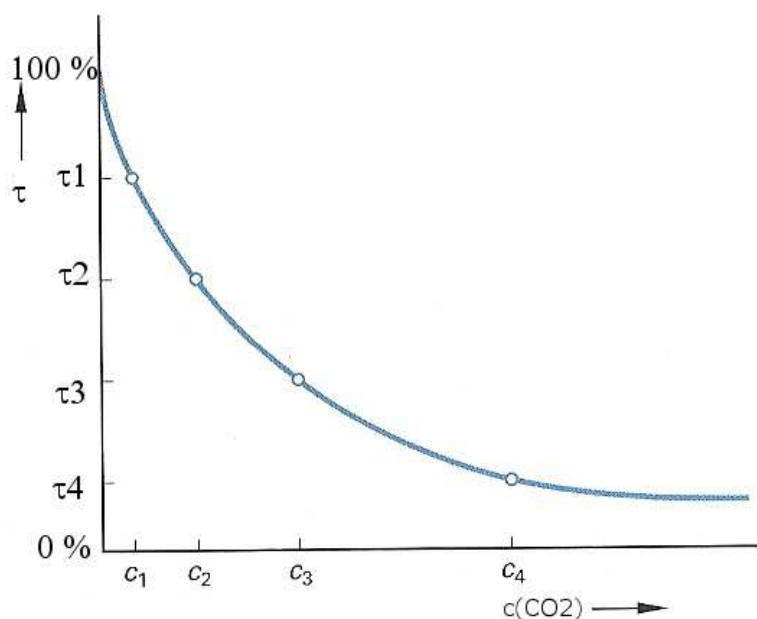


Bild 1: Transmission und Konzentration (schematisch)

Die Betrachtung der Transmission τ zur Abschätzung des anthropogenen Treibhauseffekts ist nicht vollkommen falsch, weil nämlich die „**Emissionsfähigkeit**“ der „Treibhausgasmoleküle“ mit der Absorptionsfähigkeit gemäß dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz korreliert. Deshalb sollte es einen („fließenden“) Konzentrationsbereich geben, ab dem der atmosphärische Treibhauseffekt CO_2 nicht mehr **nennenswert** ansteigt. Ich bezeichne dies als „Sättigung“, die es, wenn man in immer kleineren Kleinigkeiten kramt, tatsächlich nicht gibt. Nicht ganz korrekt aber anschaulich verhält es sich mit der „Sättigung“ *ähnlich* wie mit dem Grenzwert einer geometrischen Reihe. Beispiel:

$$S = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots \quad (\text{Gleichung 1})$$

Für eine solche geometrische Reihe gilt:

$$S_n = a_1 \cdot \frac{1-q^n}{1-q} \quad (\text{Gleichung 2})$$

Dabei ist a_1 das Anfangsglied und q der Quotient zweier aufeinander folgender Glieder ($q \neq 1$). In der obigen geometrischen Reihe ist $a_1 = 1$ und $q = 0,5$ (z. B. $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 0,5$). Setzt man jetzt beispielsweise $n = 11$ resultiert

$$S_{11} = 1 \cdot \frac{1-0,5^{11}}{1-0,5} = 1,9990234$$

und für $n = 12$ erhält man:

$$S_{12} = 1 \cdot \frac{1-0,5^{12}}{1-0,5} = 1,9995117$$

Der Zuwachs zwischen S_{11} auf S_{12} beträgt: $\Delta S = 1,9995117 - 1,9990234 = 2,777 \cdot 10^{-4}$ entsprechend 0,014 %. Bezeichnet man den Grenzwert dieser arithmetischen Reihe als „vollständige Sättigung“ ($S_{\infty} = 2$), dann ist der Betrag von S_{12} nur noch um

$$\frac{2,00000 - 1,999517}{1,999517} \cdot 100\% = 0,024\%$$

von dieser vollständigen „Sättigung“ entfernt.

Natürlich beruht der Treibhauseffekt auf der **Emission** von IR-Strahlung durch atmosphärische Spurengase und nicht auf der **Absorption** bzw. der **Transmission** von IR-Strahlung durch dieselben. Weil aber

- erstens IR-aktive Spurengase gemäß dem Kirchhoff'sche Strahlungsgesetz genau so emittieren wie sie absorbieren,
- kann zweitens der „Sättigungscharakter“ des Treibhauseffekts in einfacher Näherung mit Hilfe des *Bouguer-Lambert-Beer*-Gesetzes **abgeschätzt** werden.

Nun basiert dieses Gesetz nicht wie oben auf einer geometrischen Reihe sondern auf einer e -Funktion, die als Potenzreihe gegen Null konvergiert (vgl. a. Bild 1).

$$e^{-x} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^n}{n!} = 1 - x + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \dots \quad (\text{Gleichung 3})$$

Angenommen für eine Absorptionsbande des CO_2 wird für eine bestimmte CO_2 -Konzentration in einer bestimmten Höhe willkürlich der Zahlenwert $x = 8$ eingesetzt, dann resultiert

$$e^{-8} = 3,355 \cdot 10^{-4}$$

Werden die Bedingungen gleich gehalten und lediglich die CO₂-Konzentration verzehnfacht, erhält man

$$e^{-80} = 1,805 \cdot 10^{-35}$$

Man kann das Spiel beliebig weiter machen und gelangt schnell an die Grenzen eines Taschenrechners und später auch an die eines Supercomputers (z. B.: $e^{-10^{18453389}}$). Anschaulich gesprochen heißt das, die tatsächliche „Sättigung“ wird erst in einer reinen CO₂-Atmosphäre mit unendlicher Schichtdicke erreicht. Erst dann ist die Transmission formal $\tau = 0$ und die Absorption $\alpha = \infty$. Das ist natürlich Unsinn, aber orthodoxe Anhänger der „Treibhausgas“-Theorie können immer argumentieren, es gibt auch bei stetig steigenden CO₂-Gehalt keine Sättigung des Treibhauseffekts und damit ein endloses Diskussions-perpetuum-mobile in Gang halten.

Nebenbei bemerkt hatte 1995 der englische Chemiker Jack Barrett in der *Spectro Chimica Acta* auf die bereits längst gegebene „Sättigung“ der Treibhauseffekts hingewiesen und damit eine heftige Kontroverse ausgelöst [3, 8, 9, 10, 11]. Der damalige Chairman und spätere Co-Chairman des IPCC, Sir John Houghton, rief Barrett nach Erscheinen der Publikation an und verlangte, er solle seine Veröffentlichung zurückziehen. Außerdem verständigte Sir Houghton die Leitung des Imperial Colleges, an dem Barrett damals arbeitete. Diese untersagte ihm umgehend unter Androhung von Konsequenzen weitere kritische Veröffentlichungen zum Treibhauseffekt [35].

2. Der Treibhauseffekt

Fälschlicherweise wird oftmals angenommen, der Treibhauseffekt sei mit der Absorption von Infrarotstrahlung (IR-Strahlung) durch atmosphärische Spurengase (CO₂, CH₄, Wasserdampf u. a.) identisch. Durch **strahlungslose Deaktivierung** der angeregten Moleküle („Thermalisierung“) würde sich die Luft erwärmen und ihre Wärmeenergie auf die Erdoberfläche übertragen. Ähnlich wie eine heiße Flüssigkeit die Wandung eines Behälters durch Wärmeübertragung erhitzt. Der Treibhaushypothese nach verhält es sich genau umgekehrt: Die Erdoberfläche wird fast ausschließlich durch Bestrahlung erwärmt und die Atmosphäre nimmt ihre Wärmeenergie durch direkten Kontakt mit dem Erdboden auf.

Die Bestrahlung der Erdoberfläche setzt sich aber aus zwei Teilen zusammen:

1. Die direkte Solareinstrahlung (abhängig von der Wolkenbedeckung)
2. Strahlung durch den atmosphärische Treibhauseffekt (im wesentlichen ausgereizt)

Die Existenz einer **atmosphärischen Gegenstrahlung**, die den Treibhauseffekt charakterisiert, lässt sich zwar leicht nachweisen, aber bereits die Größenordnung des natürlichen Treibhauseffekts kann nur berechnet werden und die ihm zugeschriebene Auswirkung auf das Klima entzieht sich vollkommen der Verifikation [20]. Im gleichen Maß entziehen sich Klimacomputermodelle vollkommen der Falsifikation. Man kann mit ihnen jegliche Entwicklung prophezeien, ohne je befürchten zu müssen, gegenwärtig widerlegt zu werden.

Zum Verständnis des CO₂-Treibhauseffekts ist zunächst einmal die „ganz normale“ Infrarot-Absorption atmosphärischer Spurengases zu betrachten [2]. Da IR-aktive Verbindungen mit mehr als zwei Atomen meist verschiedene Absorptionsbanden bzw. Emissionsbanden

besitzen, muss geklärt werden, welche der Absorptions-/Emissionsbande des CO₂ von Bedeutung ist. Hierüber geben Satellitenspektren Auskunft [4].

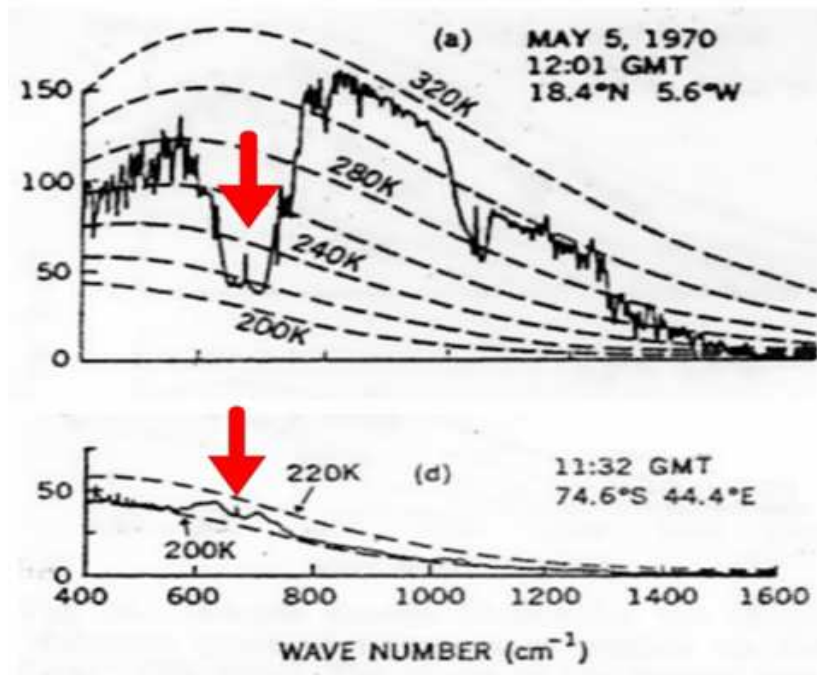


Bild 2: Satellitenspektren, oben über der Sahara, unten über der Antarktis

Die gestrichelten Linien im Bild 2 sind die idealen Planck-Strahlungskurven der Erdoberfläche berechnet bei unterschiedlichen Temperaturen in Kelvin. Die „gezackte Linien“ repräsentieren neben der ungehinderten Emission der Erdoberfläche die **Emissionsgraphen** der atmosphärischen „Treibhausgase“. Die stets **offenen Strahlungsfenster** liegen bei 800 cm⁻¹ bis 1000 cm⁻¹ und 1050 cm⁻¹ bis 1300 cm⁻¹. Die roten Pfeile im Bild 1 kennzeichnen die **v₂-Bande um 15 µm (667 cm⁻¹)**. Deshalb ist nur diese relativ schwache Bande von Bedeutung und nicht die wesentlich stärkere v₃-Bande um 4,2 µm (2349 cm⁻¹). Außerdem erkennt man, die Atmosphäre emittiert tatsächlich IR-Strahlung („Treibhauseffekt“). Dies sieht man ganz deutlich im Satellitenspektrum über der Arktis (unteres Spektrum im Bild 2). Die Bodentemperatur beträgt dort nämlich ca. 200 K (-73 °C), während die Atmosphäre in etwa 10 km Höhe eine höhere Temperatur von ca. 210 K (-63 °C) aufweist. Dies ist ein erster Hinweis darauf, dass der den IPCC-Computernmodellen zugrunde liegende Strahlungstransport die Verhältnisse nicht korrekt beschreibt. Es handelt sich vielmehr um einen **Energietransport** infolge der natürlichen Konvektion. Dabei steigt wärmere Luft unter Abkühlung auf und gibt ihre Energie oberhalb einer Höhe von 10 km als „ungestörte Emission“ ins Weltall ab.

Die im Bild 2 deutlich erkennbaren **Strahlungsfenster**, die bei wolkenfreiem Himmel stets offen sind, veranlassen einige Skeptiker zu argumentieren, selbst wenn es einen Treibhauseffekt gäbe, könne dieser nicht die behauptete Erwärmung der Erdoberfläche verursachen, weil die Auskühlung durch die Strahlungsfenster mindestens so groß wie die Wirkung des Treibhauseffekts.

Andere Skeptiker sagen, weil „klimawirksame“ Spurengase wie CO₂ usw. IR-Strahlung nicht nur absorbieren sondern im gleichem Maße auch emittieren (*Kirchhoff*’sches Strahlungsgesetz), besitzen „Treibhausgase“ eine kühlende und keine erwärmende Wirkung. Dies beweisen u. a. die im Bild 2 mit rotem Pfeil markierten Maxima des Emissionsspektrums von CO₂, die die Abgabe von Strahlungswärme ins Weltall repräsentieren. Die gleichen

Skeptiker sagen, gäbe es wirklich einen Treibhauseffekt, müsste die Oberfläche der Arktis (200 K) auf die Temperatur erwärmt werden, die in ca. 10 km Höhe herrscht (210 K). Außerdem verstoße der „Treibhausgas“-Effekt gegen den 2. Hauptsatz der Thermodynamik, weil kältere, höher gelegene Luftschichten nicht dem wärmeren Erdboden durch „Rückstrahlung“ erwärmen können (vgl. Temperaturgradient im Bild 10).

3. Eigene Messungen

Weil, wie eingangs erläutert, in den allgemein gelesenen wissenschaftlichen Journalen keine auch nur annähernd brauchbare Information zur Spektroskopie des Treibhauseffekts veröffentlicht wurde, habe ich die Absorption des Kohlenstoffdioxids einmal in einem Industrielabor und einem Hochschullabor gemessen und die Transmission einzelner Banden, so weit sie erfassbar waren, auf die Atmosphäre hochgerechnet.

Ein Teil der Messungen (vgl. Bild 4) wurden mittels einer 10-cm-Küvette mit IR-durchlässigem Fenster durchgeführt, die mit synthetischer CO₂-freier und wasserfreier Luft gefüllt war. Danach wurde mit einer Mikroliterspritze CO₂ zugegeben, so dass 357 ppm CO₂ zugegen waren (CO₂-Konzentration von 1993). Weiter wurden soviel Wasser zugefügt, bis 2,6 % Wasserdampf vorlagen. Als IR-Strahlungsquelle diente ein *Globar*, ein elektrisch auf 1000 °C bis 1200 °C geheizter Siliziumkarbid-Stab mit nachgeschaltetem variablen Interferenzfilter. Nach der Aufnahme dieses Spektrums wurde mit CO₂ aufgestockt, so dass 714 ppm enthalten waren. Die Messung erfolgte zum einem FT-IR-Spektrometer "Bruker IFS 48".

Um den Einfluss von Fremdgasen zu überprüfen wurde reines CO₂ und CO₂ in Gegenwart von He sowie N₂ bei 1020 mbar mit einem Perkin Elmer System 2000 FT-IR-Spektrometer gemessen. Bild 3 zeigt das Ergebnis. Im Strahlengang des Spektrometers befand sich jedes Mal die gleiche Anzahl an CO₂-Molekülen. Reines CO₂, das die niedrigste Absorption hat, wurde bei einer Schichtdicke von 0,35 mm gemessen. Die anderen in einer 10-cm-Küvette in Gegenwart von He (mittlere Absorption) und Stickstoff (größte Absorption).

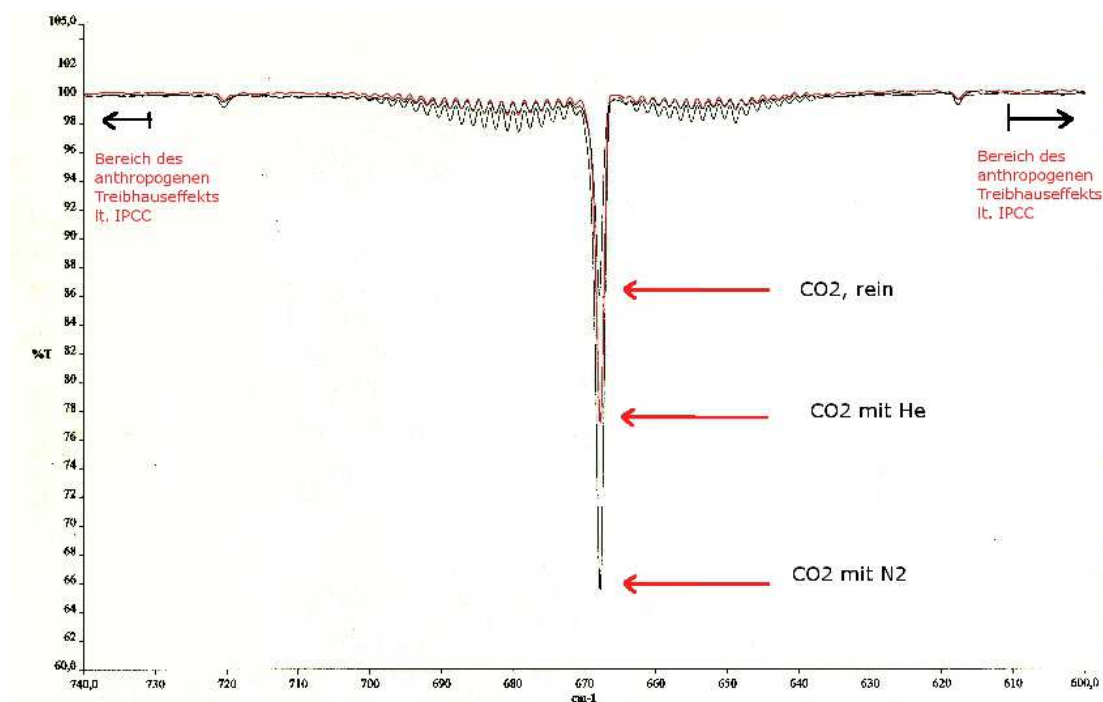


Bild 3: Spektrum von CO₂ (rein) und in Gegenwart von He sowie N₂

Die Abhängigkeit der Transmission von der molaren Masse der Begleitgase (He, N₂) belegt deutlich, dass in bodennahen Schichten angeregte CO₂-Moleküle durch strahlungslose Deaktivierung („Thermalisierung“) in den Grundzustand zurückkehren. Ähnlich wie es Jack Barrett in seiner *Spectro Chimica Acta*-Publikation 1995 feststellte. Dieses Erkenntnis ist nicht allzu neu, sondern in der Literatur schon vor über sechzig Jahren beschrieben und gehört heute zum gesicherten Lehrbuchwissen [27].

Der Bereich, der nach IPCC-Angaben den zusätzlichen – anthropogenen – Treibhauseffekt präsentiert, ist durch Pfeile im Bild 3 kenntlich gemacht. Nun kann man argumentieren, wählt man eine Küvette mit einer Länge von 1 000 m findet man an den Rändern mehr „klimawirksame“ Absorptions-/Emissionsbanden. Dies insbesondere, wenn man eine Wegstrecke vom Erdboden bis zur Tropopause (ca. 10 000 m) wählt. Wie gesagt, das Diskussions-perpetuum-mobile lässt sich endlos in Gang halten.

3.1 Auswertung der eigenen Messungen

Bild 4 zeigt das unbearbeitete Spektrum der 15 µm-Bande für 357 ppm CO₂ und 2.6% H₂O.

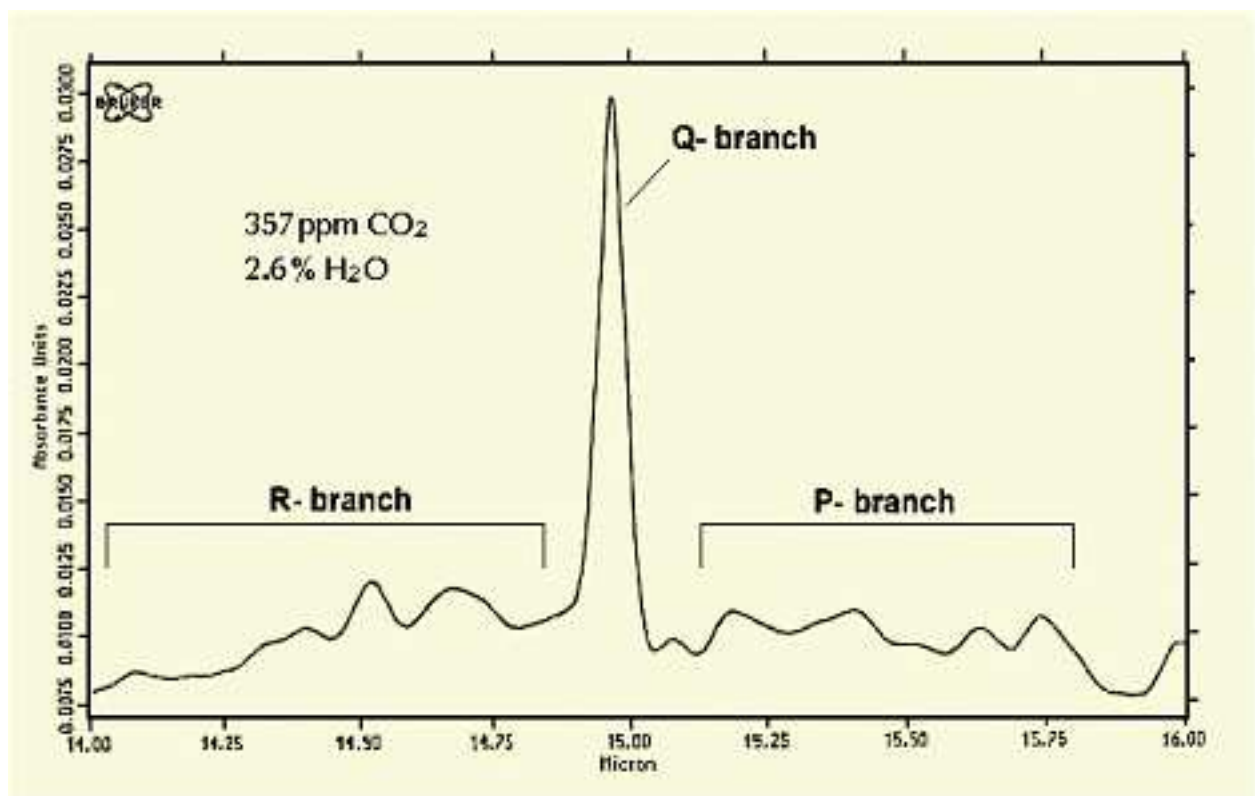


Bild 4: Unbearbeitetes Spektrum der 15 µm-Bande (v₂-Bande)

Deutlich sind wie im Bild 3 der R- ($\Delta J = +1$) und der P- ($\Delta J = -1$) sowie der Q-Zweig ($\Delta J = 0$) der v₂-Bande zu erkennen. Der Extinktionskoeffizient im Maximum ($\Delta J = 0$) ergab sich zu:

$$\varepsilon = 20,2 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ (v}_2 \text{ bei } 667 \text{ cm}^{-1}\text{)}$$

Um die Absorption zu berechnen, wurde der durchschnittliche CO₂-Gehalt der Atmosphäre mit $c = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$ angenommen. Setzt man die oben gemessenen molaren Extinktionen nebst der Konzentration und der Schichtdicke der Troposphäre ($h = 10 \text{ km} = 10^4 \text{ m}$) in das *Lambert-Beer'sche*-Gesetz ein, so erhält man eine Extinktion (Formelzeichen nach DIN: A) von

$$A(\nu_2) = 20,2 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1} \times 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \times 10^4 \text{ m} = 208$$

Dies bedeutet, dass die Transmissionen in der Mitte der Absorptionsbande bei den um 1997 gegebenen 357 ppm CO₂ bei $T(\nu_2) = 10^{-208}$ liegt (Bild 5).

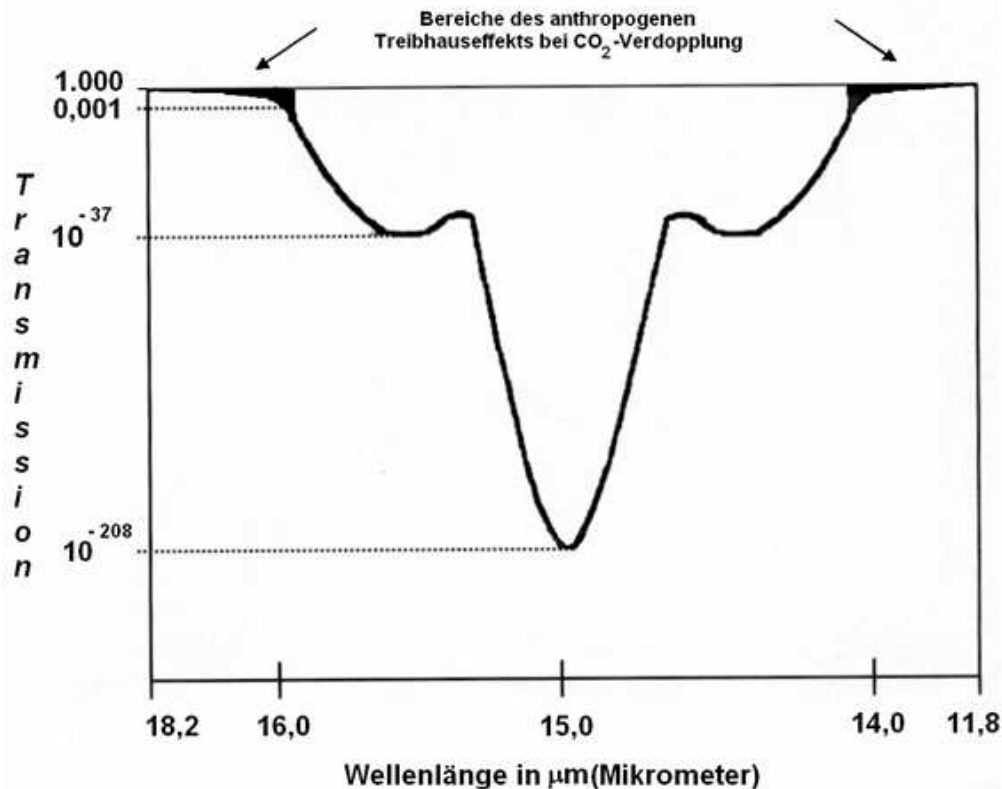


Bild 5: Spektrales Auswertungsschema

Dies ist ein extrem geringer Transmissionswert, der eine Steigerung des Treibhauseffektes bei Verdopplung des klimawirksamen Spurengases in diesem Bereich vollkommen ausschließt.

Setzt man den molaren Extinktionskoeffizient ε für die ν_2 -Bande sowie die Volumenkonzentration in mol/m^3 (357 ppm CO₂) in das *Lambert-Beer*'sche-Gesetz ein und nimmt eine Schichtdicke von 10 m an, resultiert eine Extinktion von

$$A = 20,2 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1} \times 0,0159 \text{ mol/m}^3 \times 10 \text{ m} = 3,21$$

Dies entspricht einer Transmission von $T = 10^{-3,21} = 0,6$ Promille. Mit anderen Worten: Bereits nach 10 m absorbiert die Q-Bande 1 - $T = 99,94\%$ der IR-Strahlung.

Bei der Absorption an den **Peakflanken** ist die Extinktion naturgemäß kleiner. Deshalb stellt das IPCC 1990 fest, die Schwingungsrotationsbanden im mittlerem Bereich der 15 μm -Bande seien so gut wie gesättigt („saturated“), weshalb sie zum „Treibhauseffekt“ bei weiter erhöhter Konzentration kaum beitragen. Aber: *"The effect of added carbon dioxide molecules is, however, significant at the edges of the 15 μm band, and in particular around 13,7 and 16,3 μm [14]"*. D. h. der vom IPCC als gefährlich eingestufte anthropogene Treibhauseffekt soll vor allem auf IR-Banden des Kohlenstoffdioxids unterhalb von 625 cm^{-1} bzw. auf oberhalb von 729 cm^{-1} beruhen [vgl. a. 36]. Was diese Aussage bedeutet, erkennt man am Besten, wenn man sich das Bild 3 noch einmal anschaut. Abgesehen davon stützen sich IPCC-Forscher auf eine vollkommen unbedeutende Oberschwingung des CO₂ bei 9,6 μm , die, wie bei Oberschwingungen üblich, 15 bis 30mal schwächer ist als die zugehörige

Grundschiwingung. Hinzu kommen noch andere „Treibhausgase“ wie N₂O, CH₄ usw., auf die ich hier nicht eingehen kann. Selbst das Schwefelhexafluorid (SF₆), das u. a. zur Füllung von Autoreifen verwendet wurde, damit die Fahrzeuge leiser dahinrollen, musste vor Jahren der befürchteten Klimakatastrophe weichen.

Natürlich existieren diese o. g. „edges“ um 15 µm, denn die Rotationsquantenzahl J geht von $J = +1$ bis $J = +\infty$ und von $J = -1$ bis $J = -\infty$. Bedauerlicherweise werden aber die „ungesättigten Bereiche“ des 15 µm-CO₂-Spektrums an den Rändern immer schwächer.

Da die Besetzung ($N_J/N_{J=0}$) der Rotationsschwingungsniveaus der **Boltzmann-Verteilung** (Gleichung 4)

$$\frac{N_J}{N_{J=0}} = (2J+1) \cdot e^{-\frac{B \cdot h \cdot c \cdot J(J+1)}{k \cdot T}}$$

$(B = \text{Rotationskonstante}, J = \text{Rotationsquantenzahl}, h = \text{Planck-Konstante}, c = \text{Lichtgeschwindigkeit}, k = \text{Boltzmann-Konstante}, T = \text{thermodynamische Temperatur})$

gehoren, sind bei hohen Rotationsquantenzahlen (J) zu einem gegebenen, fixen Zeitpunkt („Momentaufnahme“) nur sehr wenige CO₂-Moleküle vorhanden, die in diesem Bereich absorbieren und entsprechend dem *Kirchhoff*‘schen Strahlungsgesetz emittieren („Treibhauseffekt“). Wie schwach die Banden besetzt sind, kann man anhand folgender HITRAN-Daten überprüfen [6]:

Wellenlänge	Absorptionskoeffizient pro Molekül in $10^{-22} \text{ cm}^{-1}/(\text{molec} \cdot \text{cm}^2)$
13,5 µm (= 741,7 cm ⁻¹)	76
15,0 µm (= 666,7 cm ⁻¹)	79 452 (Bandenmitte)
12,5 µm (= 797,3 cm ⁻¹)	46

Um die Absorption an den Peakflanken **abzuschätzen**, wurde bei den eigenen Messungen als *Arbeitshypothese* angenommen, die Extinktion soll sich bei Verdopplung des CO₂-Gehalts um die Größenordnung $A = 3$ ($\tau = 10^{-3}$) erhöhen. Hierzu wurde das *Gesamtintegral* der Banden bis zu den auslaufenden Enden des R- und P-Zweiges bei $A = 0$ ermittelt (s. Bild. 5). Anschließend wurden die digital abgespeicherten Spektren ab einer Extinktion, die dem Wert $A = 3$ (Gesamtweg Erdboden-Troposphäre) entsprachen, bis zu den auslaufenden Enden ($A = 0$) des R- und P-Zweiges integriert.

Da die Messwerte nur schwer reproduzierbar waren, wurden sämtliche Messungen 30mal wiederholt, so dass die „edges“ **annähernd** erfasst werden konnten. Diese „edges“ begannen beim P-Zweig bei 14,00 µm und beim R-Zweig bei 15,80 µm und liefen jeweils bis zur Grundlinie $A = 0$. IPCC lässt die Banden an den Rändern bei 13,7 und 16 µm beginnen und an der „HITRAN-Erfassungsgrenze“ enden [14]. Den eigenen Messungen nach ergaben sich für die ν_2 -Bande:

15 µm-Bande	357 ppm	714 ppm
Gesamtintegral 624,04 cm ⁻¹ von 703,84 cm ⁻¹	0,5171/cm	1,4678/cm
Summe der Flanken-Integrale	$1,11 \cdot 10^{-4}/\text{cm}$	$9,79 \cdot 10^{-4}/\text{cm}$

Tabelle: 15 µm-Bande (Gesamtintegral und Flankenintegrale $A = 0$ bis $A = 3$)

Natürlich lassen sich Extinktionen nicht mit dem *Planck*'schen-Strahlungsgesetz kombinieren. Das ist auch gar nicht die Absicht. Aber der aus daraus abschätzbare *relative Zuwachs* bei Verdopplung des CO₂-Gehalts ist entscheidend. Er entspricht der Differenz der Flankenintegrale bei 714 ppm und 357 ppm im Verhältnis zum Gesamtintegral bei 357 ppm.

$$(9,79 \cdot 10^{-4} / \text{cm} - 1,11 \cdot 10^{-4} / \text{cm}) / 0,5171 / \text{cm} = \mathbf{0,17 \, \%}$$

Wie bereits erwähnt, es handelt sich nur um eine **Abschätzung** und nicht um einen exakten Messwert. Dennoch macht er deutlich, auf welch geringfügigen Größen sich die seinerzeit im *Spiegel* (33/1986) prophezeite „Klimakatastrophe“ stützt.

3.2. Kritik der eigenen Messungen

Obwohl die oben angegebenen Messwerte relativ ungenau sind, hatte ich sie seinerzeit veröffentlicht,

- weil erstens jeder Chemiker und nicht direkt mit der Klimaforschung befasste Physiker, wohl wissend um die Eigenschaften IR-aktiver Spurengase, unter Eindruck der Medienhype davon ausgehen musste, dass eine Verdopplung des atmosphärischen CO₂ zu einer erheblichen Steigerung (eventuell sogar Verdopplung) des Treibhauseffekts führen sollte. Ich jedenfalls und ca. 30 Chemiker aus Industrie und Hochschule hatten nach meiner eigenen ca. 20 Jahre zurückliegenden Rundfrage in etwa mit einer Verdopplung des Treibhauseffekts bei 100 % mehr CO₂ gerechnet.
- weil zweitens die Geringfügigkeit des anthropogenen Treibhauseffekt bei der Information der Medien durch die direkt damit befassten „Klimamodellierer“ vornehm verschwiegen wurde. So etwas aber „gehört Sonntags auf den Tisch.“

Interessanterweise werden meine Messergebnisse auch durch die Aussage des Nobelpreisträgers **Paul Crutzen** gestützt. Dieser schrieb 1993 in einem Lehrbuch [21]: „*Es gibt bereits so viel CO₂ in der Atmosphäre, dass in vielen Spektralbereichen die Aufnahme durch CO₂ fast vollständig ist, und zusätzliches CO₂ spielt keine große Rolle mehr.*“ Demnach ist der Treibhauseffekt auch nach Aussage dieses Nobelpreisträgers nahezu „gesättigt“. Man kann es auch so ausdrücken: Ein Treibhaus heizt sich bestenfalls geringfügig (Spureneffekt!) stärker auf, wenn man das normale Fensterglas gegen ein zehn Zentimeter dickes Panzerglas austauscht!

Die zur Messung verwendeten FT-IR-Spektrometer werden im Chemie- und Pharmabereich sowohl in der Industrie als auch an den Hochschulen mit großem Erfolg eingesetzt (vgl. Bild 3 und 4). Sie besitzen aber nur einen Spiegelweg von 5 cm bis 15 cm. Dies ergibt eine Auflösung der IR-Banden von 0,2 cm⁻¹ bis 0,07 cm⁻¹. Da die „ungesättigten“ Spektralbereiche **ungewöhnlich schwache IR-Banden** betreffen, benötigt man Spektrometer, die eine Auflösung von 0,0004 cm⁻¹ erbringen [6]. Hierzu muss man ein FT-IR-Spektrometer bauen, das theoretisch über einen Spiegelweg von 2.500 cm (25 m!) verfügt. Nur dann lassen sich die **äußerst schwachen IR-Banden** messen, auf die sich die Klimamodellierer des IPCC stützen. Es sind Banden, mit einer „Absorptionsstärke“ von nur 0,05 % der 15 µm CO₂-Hauptbande!

Die üblicherweise in der Industrie und Hochschulforschung verwendeten FT-IR-Spektrometer mit geringerer Auflösung kosten je nach Ausstattung zwischen 4 000 bis 10 000 Euro. Ein FT-IR-Spektrometer, wie das Bruker IFS 125 HR, mit denen man die Akkuratess der HITRAN-Datenbank erreichen kann, kostet mindest 125 000 Euro. Ein Industriechemiker, der eigenmächtig ein solches Gerät beispielsweise zur Strukturaufklärung organischer Moleküle anschaffen würde, müsste mit seiner sofortigen Kündigung rechnen. Und das zu

recht! Geräte dieser Art sind nur dann sinnvoll, wenn man Spureneffekte messen möchte. Deshalb findet man diese Geräte vor allem in Instituten, die sich im Auftrag der Politik mit atmosphärischen Ultraspuren beschäftigen. Das Geld hierfür stammt vom Steuerzahler.

4. Vergleich mit den offiziellen Daten des IPCC

Nimmt man die offiziellen Zahlen (IPCC), dann beträgt der „natürliche“ Treibhauseffekt **324 W/m²** [22, 23]. Bei Verdopplung des CO₂ (**100 % Steigerung!**) wird nach Übereinkunft („best guess“) angenommen, dass sich der Strahlungsantrieb um **3,7 W/m²** erhöht [23, 24]. Im Bild 6 sind die Verhältnisse dargestellt.

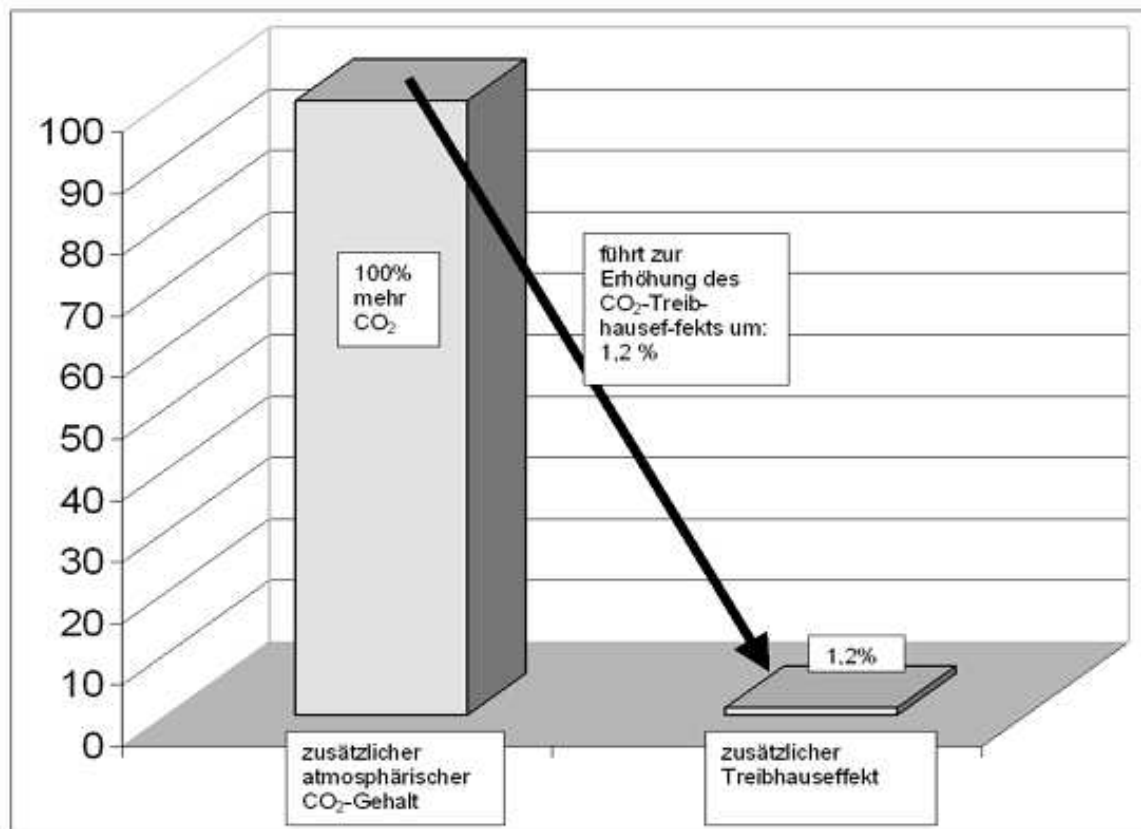


Bild 6: Prozentuale Erhöhung des Treibhauseffekts bei Verdopplung des atmosphärischen CO₂-Gehalts gemäß den offiziellen Angaben des IPCC

Auch das Bild 6 belegt die oben beschriebene weitestgehende Sättigung, denn die **Steigerung des Treibhauseffekts bei CO₂-Verdopplung beträgt nur geringfügige 1,2 %**. Dies ist in der Klimaforschung bekannt. Deshalb wird versucht, den „Sättigungscharakter“ mit dem Argument zu entkräften, das Klima sei ein so empfindliches System, dass es bereits von kleinsten Änderungen des Strahlungsantriebs aus dem Gleichgewicht gebracht werden kann. So wird behauptet, die Abkühlung zwischen 1930 und 1970 sei durch die Staubbelastung der Industriegesellschaft verursacht. Dies ist falsch. Die Abkühlung war durch das geänderte Magnetfeld der Sonne verursacht, wie aus dem Bild 15 (rot eingekreist) hervorgeht.

Neben der HITRAN-Datenbank kann zur Berechnung des allgemeinen und anthropogenen Treibhauseffekts das von der US-Airforce und der Fa. Spectral Sciences Incorporated entwickelte MODTRAN-Programm genutzt werden, dem sich auch die Forscher des IPCC bedienen. David Archibald hat mit Hilfe des MODTRAN-Programms der Universität

Chikago [37] die Abhängigkeit der Erdoberflächentemperatur vom atmosphärischen CO₂-Gehalt berechnet. Das verblüffende Ergebnis zeigt das Bild 7.

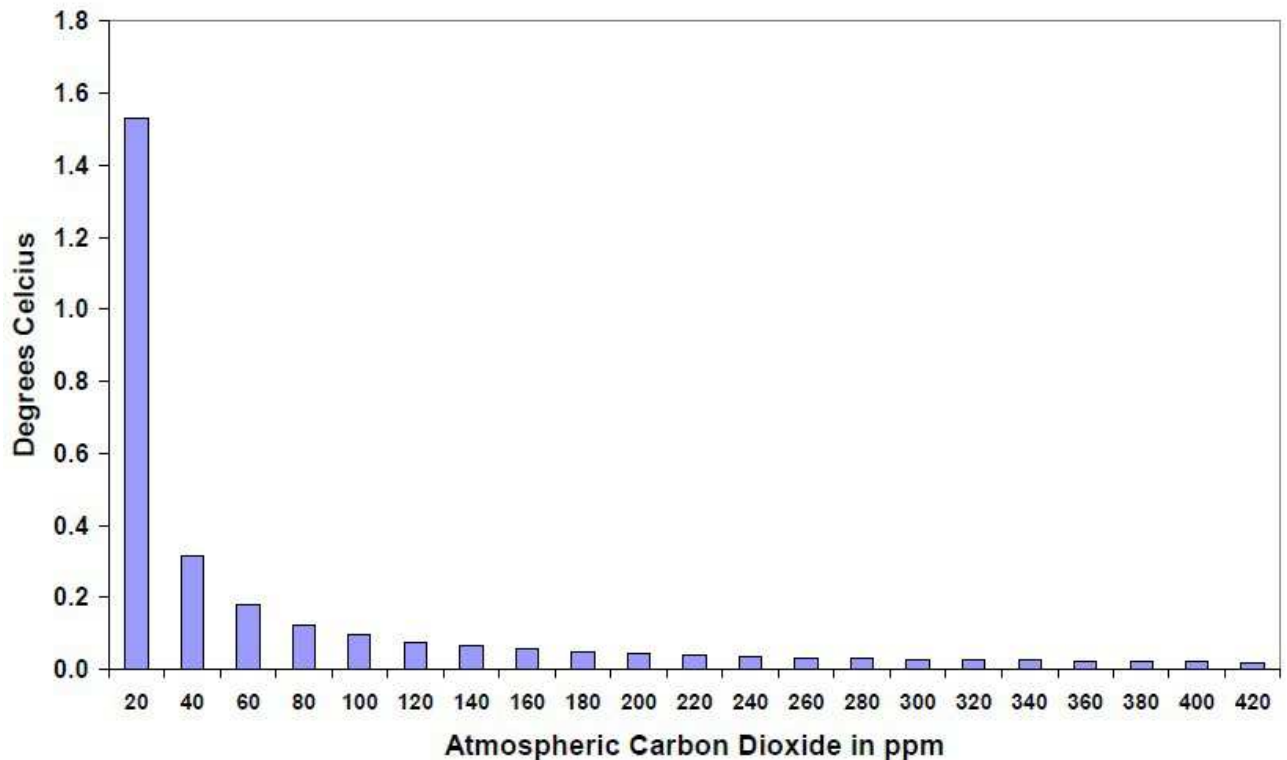


Bild 7: Zunahme der mittleren Erdtemperatur bei steigendem CO₂-Gehalt

Der höchste Anstieg der mittleren Erdoberflächentemperatur wird von 20 ppm CO₂ bewirkt. Danach fällt der Einfluss des CO₂ rapide ab. Dies verwundert nicht, denn der Einfluss der „edges“ wird bei höherem CO₂-Gehalt immer geringer. Nicht zuletzt deshalb war der CO₂-Treibhauseffekt bereits zu Goethes Zeiten weitgehend ausgereizt.

5. Erdoberflächentemperatur, Treibhauseffekt und CO₂-Konzentration

Zur Berechnung der irdischen Oberflächentemperatur ohne „Treibhausgasatmosphäre“ wird allgemein und nicht nur von den IPCC-Forschern eine einfache Gleichung benutzt, die auf dem **Stefan-Boltzmann-Gesetz** beruht.

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{(1-A) \cdot F_s}{4\sigma}} \quad (\text{Gleichung 5})$$

A ist dabei die **Albedo** - das durchschnittliche „Rückstrahlvermögen“ der Erde (nicht mit der Extinktion A verwechseln!). Sie wird mit A= 0,3 angenommen. Tatsächlich existierten in der Vergangenheit auch andere Angaben. Die **Solarkonstante**, die in Wirklichkeit gar nicht so konstant ist, hat den Wert $F_s = 1368 \text{ W/m}^2$. Weiterhin enthält die Gleichung die **Stefan-Boltzmann-Konstante** $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

Rechnet man mit diesen Angaben, so resultiert für die Oberflächentemperatur der Erde:

$$T = \sqrt[4]{\frac{(1 - 0,3) \cdot 1368 \text{ Wm}^{-2}}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}}} = 255 \text{ K} \equiv -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Das Ergebnis ist fragwürdig. Die Erde ist nämlich kein wasserloser Gesteinshaufen im Weltall. Sehr wahrscheinlich liegt die irdische Mitteltemperatur ohne „Treibhausgase“ um einiges höher! Aber bleibt man zunächst einmal dabei, dann beträgt die spezifische Ausstrahlung der Erdoberfläche bei dieser Temperatur (Formelzeichen M nach DIN 5031, Teil 1):

$$M_1 = (1-0,7) \cdot 0,25 \cdot 1368 \text{ W/m}^2 = 239 \text{ W/m}^2$$

Für die Klimanormalperiode bezeichnet, hat man sich vor Jahren unter **Konsensbildung** auf eine Mitteltemperatur von $+15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T = 288 \text{ K}$) geeinigt. Benutzt man jetzt das „unveränderte“ **Stefan-Boltzmann-Gesetz**

$$M_2 = \sigma \cdot T^4 \quad (\text{Gleichung 6})$$

und berechnet damit die spezifische Ausstrahlung der Erdoberfläche erneut, resultiert:

$$M_2 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \cdot (288 \text{ K})^4 = 390,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Folglich erhöht der „natürliche“ Treibhauseffekt, mit einer **hypothetische Erwärmung** von $\Delta T = 288 \text{ K} - 225 \text{ K} = 33 \text{ K}$ ($33 \text{ }^{\circ}\text{C}$), die spezifische Ausstrahlung der Erdoberfläche um

$$\Delta M = M_2 - M_1 = 390,0 \text{ W/m}^2 - 239,0 \text{ W/m}^2 = 151 \text{ W/m}^2$$

Wie bereits oben erläutert, wird bei Verdopplung des CO_2 (100 %ige Steigerung) ein zusätzlicher Strahlungsantrieb von $3,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ angenommen (anfänglich gab IPCC $4,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ an, die Größenordnung entzieht sich der Falsifikation und beruht auf Konsens – „best guess“!).

Nimmt man die besagten $3,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, dann steigt die spezifische Ausstrahlung der Erdoberfläche von $390,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ auf $393,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Setzt man diesen Wert in die Stefan-Boltzmann-Gleichung (Gleichung 6) ein, resultiert als Erdoberflächentemperatur:

$$T = \sqrt[4]{\frac{393,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}}} = 288,7 \text{ K}$$

Demnach erhöht sich die Temperatur bei CO_2 -Verdopplung (100 % mehr CO_2 !) von $288,0 \text{ K}$ auf $288,7 \text{ K}$. Das entspricht gerade einmal $\Delta T = 288,7 \text{ K} - 288,0 \text{ K} = 0,7 \text{ K}$ ($0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$) und nicht mehr.

Die Klimamodellierung hätte keinerlei politische Beachtung gefunden, wenn man nicht die **Hypothese** der **Wasserdampfverstärkung** als alles entscheidenden Parameter in die Diskussion eingebracht hätte. Diese lässt sich jedoch glücklicherweise falsifizieren, wie im nächsten Absatz dargelegt wird.

6. Die Wasserdampfverstärkung

Da eine Erwärmung von lediglich $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei 100 % mehr CO_2 zu wenig erscheint, hat man sich vor Jahren darauf geeinigt, dass diese geringfügige Temperaturerhöhung gemäß der altbekannten **Clausius-Clapeyron'schen-Gleichung** deutlich mehr Wasser aus den Ozeanen verdunsten lasse. Weil Wasserdampf ein „Treibhausgas“ ist, fällt deshalb die Temperaturerhöhung durch CO_2 wesentlich höher aus. Originalton IPCC [25]: „**Der ‚Wasserdampf-Feedback‘ ist nach wie vor der durchweg wichtigste Rückkopplungseffekt, der die von den allgemeinen Zirkulationsmodellen als Reaktion auf eine CO_2 -Verdopplung vorhergesagte globale Erwärmung verursacht.**“ Wenn dies richtig ist, muss besonders in einer kälteren Periode, während der die direkte Solarstrahlung nicht so viel Wasser verdunsten lässt, **dennoch** der Wasserdampfgehalt (Balken in Bild 8) über den Ozeanen parallel mit dem atmosphärischen CO_2 -Gehalt ansteigen (rote Strich-Punkt-Linie in Bild 8). Dies ist eindeutig **nicht** der Fall, wie das Bild 8 belegt [32]. Weil eindeutig keine Korrelation existiert, können sich die Klimamodellierer auf keinen Fall auf den durchaus einleuchtenden, hypothetischen Wasserdampfverstärkungsmechanismus berufen, der eine viel zu große Temperatursteigerung prophezeit.

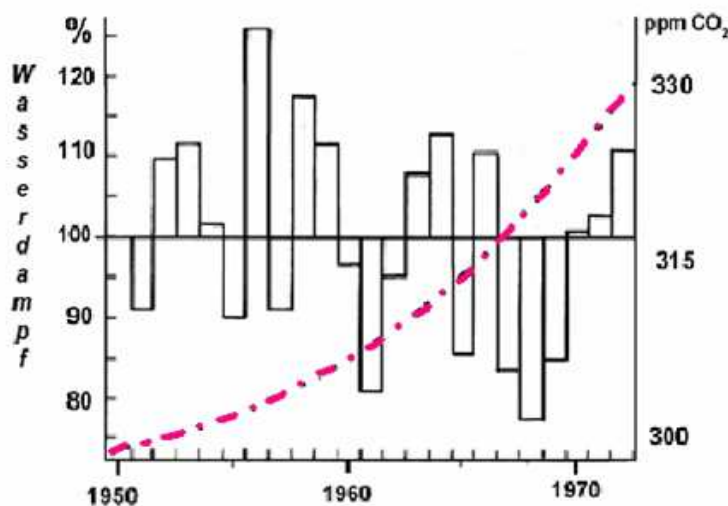


Bild 8: Prozentuale Abweichung des Wasserdampfgehalts über dem Atlantik [s. a. 34]

Um Missverständnissen vorzubeugen: Mit der Prozentangabe im Bild 8 ist natürlich nicht die relative Luftfeuchte gemeint, die niemals höher als 100 % sein kann, sondern vielmehr die Abweichung des Wasserdampfgehalts nach oben und nach unten um den Messwert von 1950. So liegt der absolute Wasserdampfgehalt 1956 um 25 % höher als 1950. 1968 liegt der Wasserdampfgehalt um ca. 45 % niedriger, obwohl der CO_2 -Gehalt weiter angestiegen ist! Auch wenn der Zeitraum relativ kurz gewählt ist, so belegt er eindeutig, dass die Wasserverdunstung über den Ozeanen nicht mit dem steigenden CO_2 -Gehalt korreliert. Die Wasserdampfverstärkung, auf denen sämtliche Vorhersagen der Klimamodelle beruhen, existiert nicht.

7. Die Strahlungstransportgleichung

Bei der Berechnung des Treibhauseffekts wird ein „Schicht- oder Kaskadenmodell“ zugrunde gelegt nach dem innerhalb der Atmosphäre eine ständige Absorption (Minderung von I gemäß dem Lambert-Beer-Gesetz und eine Emission (L) stattfindet. Diesem **fiktiven Strahlungstransport** liegt die **Schwarzschild-Gleichung** zugrunde, die ursprünglich

entwickelt wurde, um das Verhalten von **Atomen** in einer Sternatmosphäre zu beschreiben [12]. Bei einem infinitesimalen Weg dz , dem Absorptionskoeffizienten σ_a und der Teilchenzahl n gilt hierfür im **lokalen thermodynamischen Strahlungsgleichgewicht (LTE)**[40]:

$$dI = I \cdot n \cdot \sigma_a \cdot dz - L \cdot n \cdot \sigma_a \cdot dz \quad (\text{Gleichung 7})$$

Die Größe L ist hierbei die **Strahldichte** (vgl. DIN 5031, Teil 1), welche die Emission („Quellenstrahlung“ durch ein „Treibhausgas“ innerhalb der Schicht dz) gemäß der **temperaturabhängigen Planck-Strahlungsgleichung**.

Dass innerhalb der Atmosphäre ein Strahlungstransport stattfindet, meint man belegen zu können, indem man die gemessenen Satellitenspektren mit den berechneten vergleicht. Das Ergebnis ist verblüffend, wie das Bild 9 belegt.

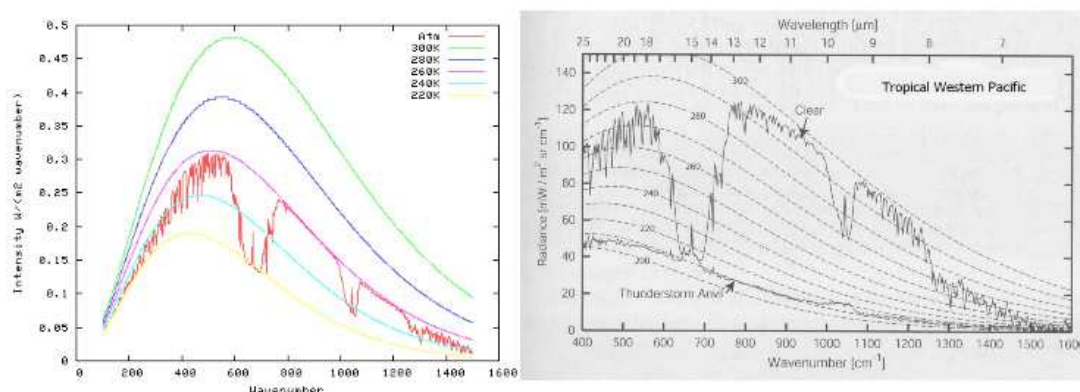


Bild 9: Links das mit Hilfe der Strahlungstransportgleichung berechnete Emissionsspektrum; rechts das gemessene Emissionsspektrum der Erde (Satellitenspektrum)

Den Strahlungstransportmechanismus, begründet man vereinfacht ausgedrückt mit dem **Kirchhoff'schen Gesetz** der Wärmestrahlung. Danach ist das Emissionsvermögen eines Körpers genau so groß wie sein Absorptionsvermögen. Das Ganze hat nur einen Haken. Es existiert kein „**Strahlungsenergieerhaltungssatz**“, wie er bei diesem Mechanismus stillschweigend nahe gelegt wird. Tatsächlich setzt man bei der „nachvollziehenden“ Berechnung der Satellitenspektren Schicht für Schicht das **gemessene** atmosphärische **Temperaturprofil** in die *Planck*-Strahlungsgleichung ein, wie im Bild 10 gezeigt.

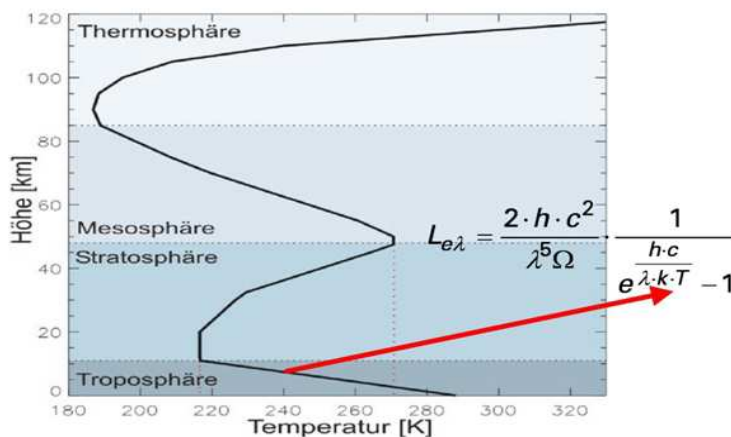


Bild 10: Strahlungstransport, Planck-Gleichung und gemessener Temperaturgradient

Zur Erinnerung: Beim Treibhauseffekt geht es **auch** um den Temperaturgradienten („**Temperaturprofil**“), den die Atmosphäre im Kontakt mit dem Erdboden unter adiabatischer Expansion annimmt. Lässt man sich dies durch den Kopf gehen, dann wird das Ergebnis – die **gemessene Temperatur** bzw. der Temperaturgradient – in die *Planck*-Gleichung eingesetzt (vgl. Bild 10), um dann daraus das temperaturabhängige Emissionsspektrum der Atmosphäre und des Erdkörpers zu erhalten (vgl. auch Bild 2). Deshalb ist die Übereinstimmung der im Bild 10 gezeigten Spektren kein Beweis für den Strahlungstransport innerhalb der Atmosphäre. Es ist vielmehr ein Beweis, dass man im Kreis herumrechnet und sich dann über den mathematisch „bewiesenen“ Treibhauseffekt im Sinne eines **Strahlungsenergieerhaltungssatzes** freut. Natürlich kann man auch die **gemessene Emission** innerhalb einer Schicht (Strahldichte L) in die *Planck*-Gleichung einsetzen, um dann die Temperatur zu erhalten. Auch dann wird im Kreis herum gerechnet.

Experimentelle Untersuchungen und die allgemein akzeptierte Theorie belegen eindeutig, dass die Molekülfluoreszenz anders funktioniert wie die Atomfluoreszenz, bei der die absorbierte Strahlung zu 100 % wieder emittiert wird. Dies geschieht in einem Atomabsorptionsspektrometer (AAS-Gerät), mit dem man in der Instrumentellen Analytik Metalle in Proben quantifiziert (z. B. Cd in einer Bodenprobe).

Die weit überzogene strahlungsfixierte Treibhausgashypothese setzt eine nahezu „100%ige Molekülfluoreszenz“ voraus, die so nicht existiert – auch nicht im IR-Bereich (vgl. a. Bild 3) [26, 27]. Während angeregte Atome nur unter Emission von Strahlung in den Grundzustand zurückkehren können, erfolgt die Relaxation bei Molekülen wegen der Rotations- und Schwingungsfreiheitsgrade meist strahlungslos gemäß den Prinzipien des *Jablonski*-Diagramms [28]. Deshalb reicht es eigentlich vollkommen aus, wenn man den „theoretischen“ Treibhauseffekt ohne jegliche Absorption nur mit der - **temperaturabhängigen - Planck-Gleichung** beschreibt, die man mit den jeweiligen Bandenstärken „klimawirksamer“ Spurengase und der „Anzahl IR-aktiver Moleküle in einem Luftvolumen“ multipliziert. Berücksichtigung man den Raumwinkel, erhält man die thermische Emission der Atmosphäre innerhalb eines Halbraums.

Fazit: Dass eine atmosphärische Wärmestrahlung gemäß dem Planck-Gesetz gegeben ist, ist eine Selbstverständlichkeit. Solange aber ein atmosphärisches Temperaturprofil (oben kälter – unten wärmer) existiert, und die Konvektion erheblich zum **Energietransport** beiträgt, solange ist die *Hypothese*, im offenen System der Atmosphäre wird die Energie einer erdbodennah absorbierten IR-Strahlung mittels Strahlungstransport von unten nach oben weitergereicht, falsch. Es gibt nämlich keinen „**Strahlungsenergieerhaltungssatz**“ [41]. Vielmehr übertragen angeregte „erdbodennahe Treibhausgasmoleküle“ ihre Energie im Wesentlichen auf die nicht IR-aktiven Hauptbestandteile der Atmosphäre (N_2 und O_2).

Interessanterweise wird die Strahlungstransportgleichung angewandt, wenn man das Abkühlungsverhalten großer Glaskörper mittels Modellierung kontrollieren will, etwa bei der Herstellung von Spiegelteleskopen. Dies funktioniert sehr gut. Weil es nämlich in einer erstarrten Glasschmelze bei 600 K keine Konvektion gibt!

8. Was Klimamodelle nicht können

Klimamodelle sind Computeralgorithmen (sprich: „Rechenvorschriften“, welche die meinungsabhängigen Vorgaben der Programmierung widerspiegeln) und nicht die Realität. Weil die Komplexität des Klimageschehens gegenwärtig und auch in absehbarer Zukunft mit keinem Computer realitätsorientiert erfassbar sein dürfte, handelt es sich mehr um politische Instrumentarien, denn um exakte Naturwissenschaft.

8. 1 Die Flusskorrekturen

Der *Hypothese* nach soll der „natürliche“ Treibhauseffekt den Globus um 33 °C aufheizen. Irrigerweise wird dabei angenommen, die Erde, die zu 70 % mit Wasser bedeckt ist, würde sich ähnlich verhalten wie der vollkommen *wasserlose* Mond. Nimmt man an, nur die ersten 10 m Wassertiefe der Ozeane würden die mittlere Erdtemperatur thermostatisch regeln, ergibt die Rechnung, dass die Ozeane im Temperaturbereich von –18 °C bis +15 °C eine Energiemenge von $1,57 \cdot 10^{18}$ MJ speichern. Hierzu die Gegenrechnung: In 24 Stunden werden durch den irdischen Treibhauseffekt $1,43 \cdot 10^{16}$ MJ umgeschlagen [23]. Der *gesamte natürliche Treibhauseffekt* macht somit nur 0,9 % der Energie aus, die in den Ozeanen bei einer Wassertiefe bis zu 10 m gespeichert ist. Die Folge sind erhebliche Schwierigkeiten bei der Kopplung atmosphärischer Zirkulationsmodelle („General Circulation Atmospheric Models“) mit ozeanischen Zirkulationsmodellen („General Circulation Oceanic Models“). Diese Probleme lassen sich nur mit Hilfe so genannter „Flusskorrekturen“ überwinden, deren Beträge, wie das Bild 11 belegt, um ein Vielfaches größer sind als der anthropogene Treibhauseffekt. Die rechte Säule in Bild 11 stellt den Strahlungsantrieb des CO₂ bei Verdopplung dar. Allein die 100 W/m²-Flusskorrektur zur Kopplung Ozeanoberfläche-Atmosphäre ist rund 27-mal (!) größer als der anthropogene Treibhauseffekt bei CO₂-Verdopplung (3,7 W/m²).

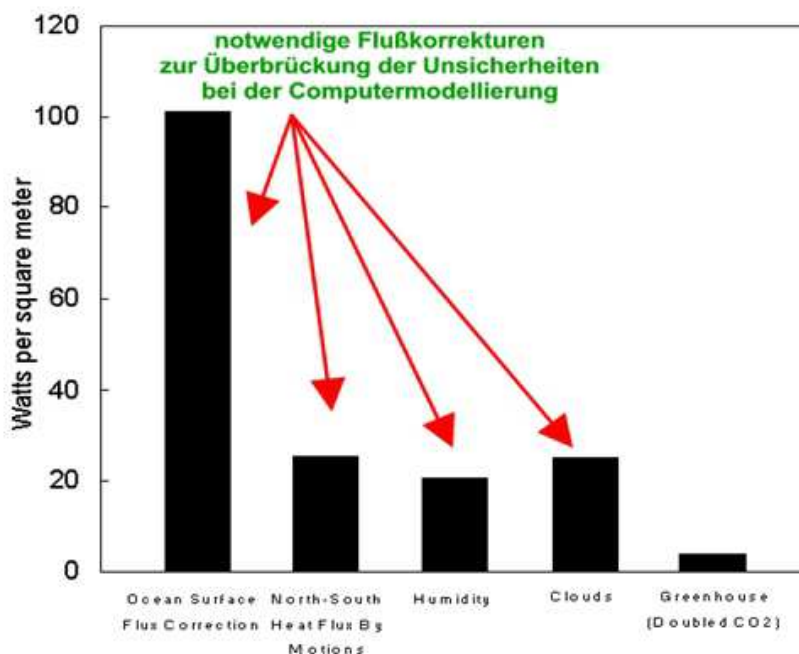


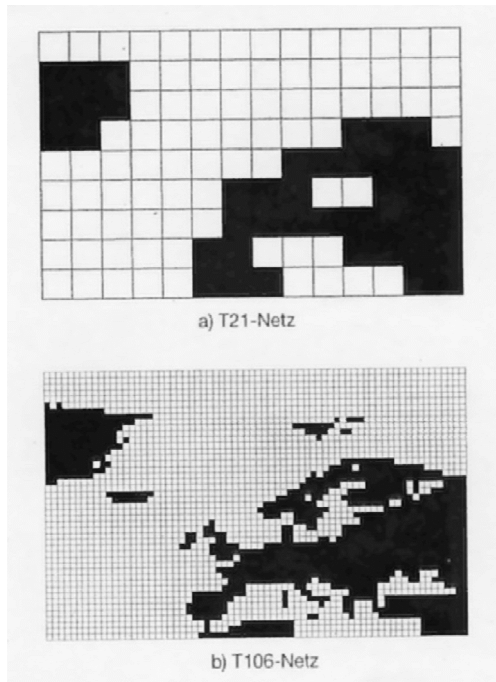
Bild 11: Anthropogener Treibhauseffekt (rechte kleine Säule) im Verhältnis zu den bei der Klimamodellierung angewandten Flusskorrekturen

Die Klimaforscher Cubasch, Santer und Hegerl schreiben 1995 - also drei Jahre nach dem Rio-Gipfel von 1992 - in einer Veröffentlichung: "Man hat als Modellierer also die Wahl, entweder ohne Flusskorrektur mit einem unrealistischen Klimazustand zu operieren, oder die Flusskorrektur mit ihren Schwächen zu akzeptieren, dafür ein realistisches Klima zu erhalten..... Wir wissen beispielsweise, dass die Wechselwirkungen zwischen den Wolken und dem Strahlungshaushalt kaum verstanden sind.“ Auch haben die Modellierer so genannte "Kaltstartprobleme". Diese hängen damit zusammen, "dass man jegliche durch Treibhausgase verursachte Erwärmung, besonders im Ozean, vor 1985 nicht berücksichtigt." [33]

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass von einschlägigen Instituten in neuerer Zeit verlautbart wird, man benötige keine Flusskorrekturen mehr. Tatsächlich kommen Klimamodelle nach wie vor nicht ohne sie aus.

8.2 Die Auflösung

Modelle sind nicht nur mit Flusskorrekturen behaftet, die angepasst werden müssen, damit sinnvolle Ergebnisse resultieren. Auch die Auflösung der Klimamodelle lässt sehr zu wünschen übrig, wie das Bild 12 belegt.



**Klimamo-
delle 1995**

**Wettervor-
hersage**

Bild 12: Vergleich geographische Auflösung Klimamodelle - Wettermodelle

Das Bild 12 a) T21 zeigt den gleichen Ausschnitt wie das Bild 12 b) T106-Netz [33]. Beide Male ist Europa mit Grönland dargestellt. Nur arbeitet die Wettervorhersage mit einem Gitternetz von 50 km Kantenlänge während Klimamodelle mit Gitternetzen von 500 km Kantenlänge rechnen. Sichere Wettervorhersagen beziehen sich auf einen Zeitraum bis zu 14 Tagen, während man Klimamodellen sichere Vorhersagen für Zeiträume von 50 bis 100 Jahren zutraut. Mehr braucht man nicht zu sagen, außer dass neuere Klimamodelle teilweise mit einer Gitterlänge von 150 km arbeiten.

8.3 Die Wolkendichte

Bei der Abschätzung des Strahlungsantriebs der Wolken kommen Klimamodelle zu äußerst unterschiedlichen Ergebnissen. So findet das „Bureau of Meteorology Research Center“ (BMRC) von Australien, dass die Wolken eine **Abkühlung** von ca. 1 W/m^2 erbringen, während das Laboratoire de Météorologie Dynamic (LMD) aus Frankreich meint, Wolken würden eine **Erwärmung** von ca. $1,7 \text{ W/m}^2$ bewirken (Bild 13). Auch das ist beachtenswert!

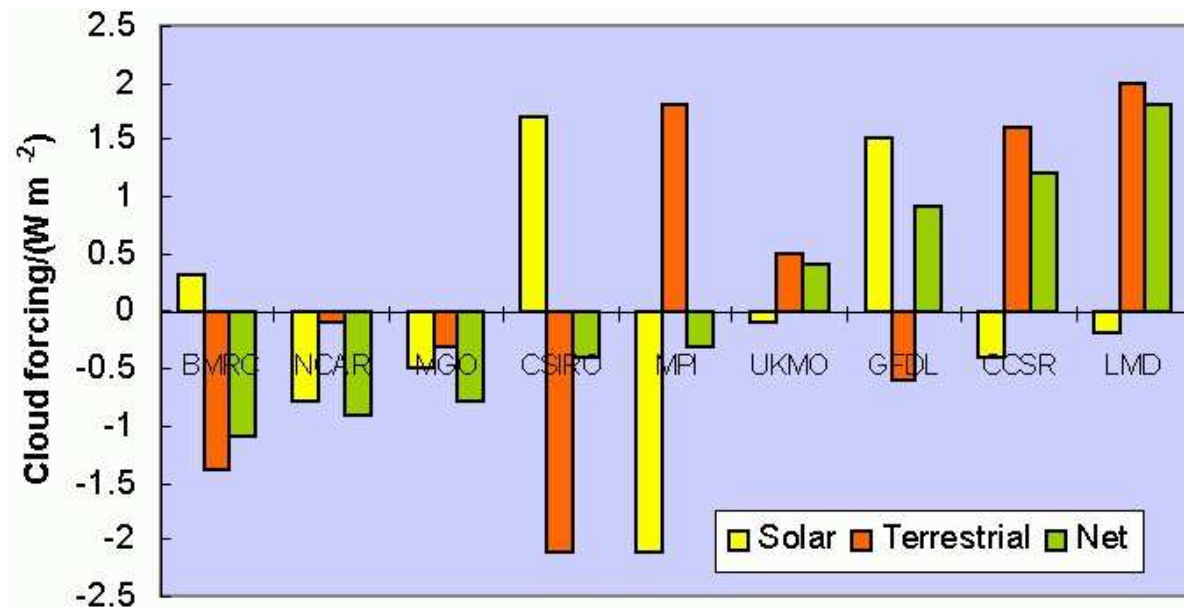


Bild 13: Strahlungsantrieb der Wolken mit unterschiedlichen Klimamodellen gerechnet

8.3 Modellabhängige Parameter

In der bereits mehrfach zitierten Veröffentlichung von Hermann Flohn [5] stellt dieser in einer Graphik den globalen Temperaturanstieg gemäß einschlägiger Computermodellierungen vor (Bild 14). Flohn referiert in dem Aufsatz den Stand der Klimamodellierung von 1984, auf der wenig später in geringfügig geänderter Form der Erdumweltgipfel Rio92 basierte.

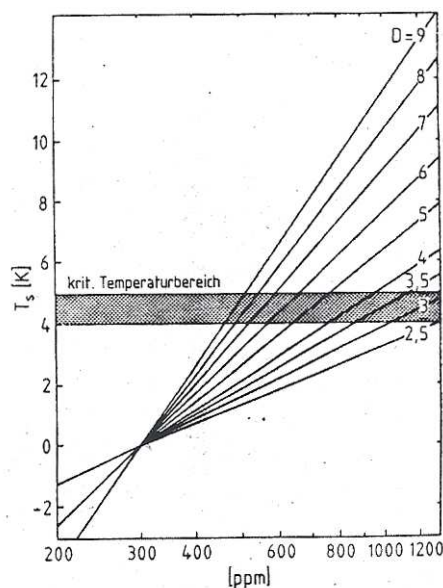


Abb. 3. Änderung der mittleren Temperatur der Erdoberfläche (T_s) in Abhängigkeit vom CO_2 -Gehalt der Atmosphäre und dem (modellabhängigen) Parameter $D = nCB^{-1}$

Bild 14: Mittlere Erdbodentemperatur und modellabhängiger Parameter (in der Originalveröffentlichung wird das Bild mit „Abb. 3“ bezeichnet)

Interessant ist bei dem einfachen Modell, das Flohn referiert, der modellabhängige Parameter „ D “, der die Steigung der jeweiligen Geraden (Temperaturanstieg!) angibt.

$$D = n \cdot C \cdot B^{-1} \quad (\text{Gleichung 8})$$

Je größer D ist, desto stärker fällt der Temperaturanstieg aus. Die Größe n ist das Verhältnis der mit Unsicherheit belasteten Strahlungsbilanz aller Spurengase zur Strahlungsbilanz von CO_2 :

$$n = \frac{\Delta Q(\text{alle Spurengase})}{\Delta Q(\text{CO}_2 \text{ allein})} \quad (\text{Gleichung 9})$$

B und C bezeichnet Flohn vornehm als „Sensitivitätsparameter“, die u. a. natürlich die **Wasserdampfverstärkung** berücksichtigen ($B = 1,8 \text{ W} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$, $C = 6,5 \text{ W} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$). Flohn gibt für die Parameter einen Unsicherheitsfaktor von ca. 20 % an. D. h. je nach dem, wie n , B und C gewählt werden, resultieren im Computer (!) dramatischere oder weniger dramatischere Klimaänderungen. Dass es heute ausgefeiltere Modelle gibt, daran zweifle ich nicht, aber so lange der Wasserdampfverstärkungsmechanismus in ihnen enthalten ist, so lange sind höchste Zweifel angebracht.

8.4 Die Vergangenheit

Weiterhin versagen Klimamodelle bei der Reproduktion der Vergangenheit. So können sie bis heute nicht die im Bild 15 gezeigte Abkühlung zwischen 1930 und 1975 ohne Zuhilfenahme von Kunstgriffen (atmosphärischer Staubeintrag durch die Industriegesellschaft!) nachvollziehen. (Die tatsächliche Ursache des ungewöhnlichen Verlaufs zeigt Bild 15.)

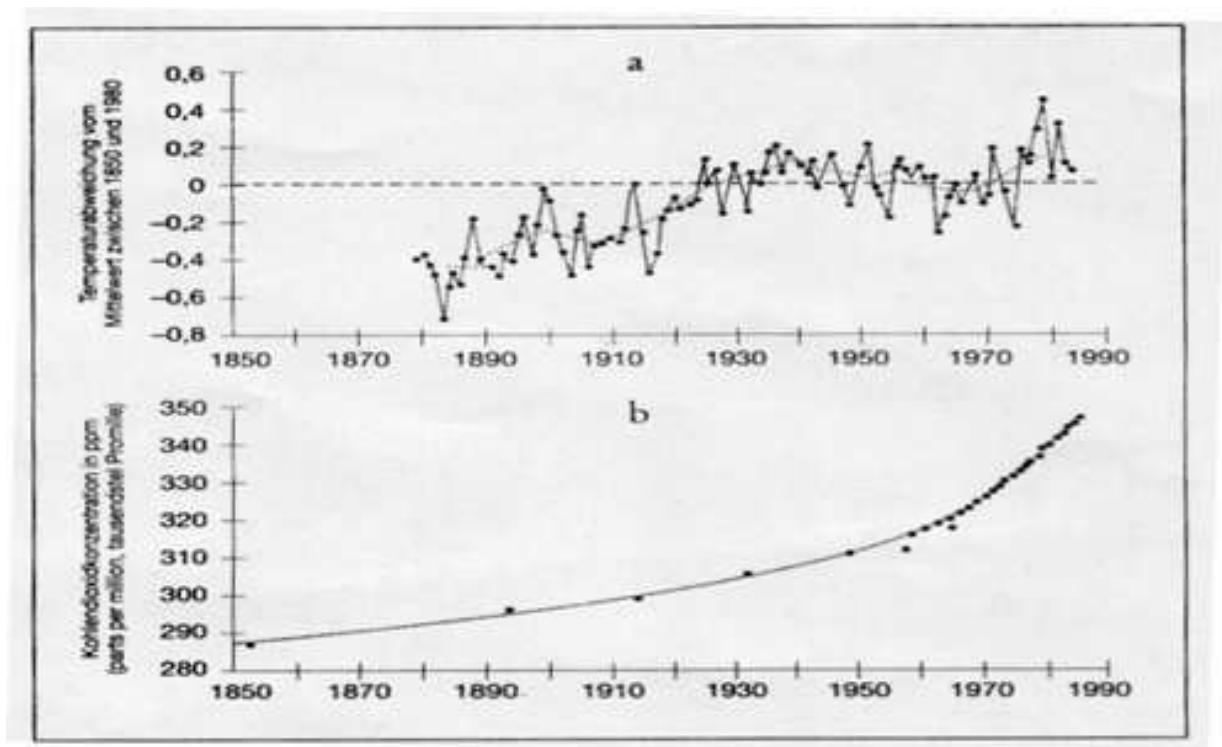


Bild 15: CO_2 -Gehalt und Temperaturverlauf

Im Sachstandsbericht des IPCC von 2001 tauchte noch eine Kurve auf, die das römische und das mittelalterliche Klimaoptimum zeigte, Zeiten, die mindestens so warm waren wie heute. So wurde Grönland 875 vom Wikinger Erik „der Rote“ Thorvaldsson besiedelt, der Bischof von Trondheim konnte damals seinen eigenen Wein ernten und es existierten hochgelegene Gebirgsdörfer, die während der kleinen Eiszeit aufgegeben wurden und heute infolge des

Gletscherrückgangs wieder auftauchen. Das stört. Deshalb kursierte in IPCC-Kreisen die Formulierung „We have to get rid of the Medieval Warm Period“. Dem wurde nachgekommen. 1999 veröffentlichte Michael E. Mann et al. Die berühmte Hockeystick-Kurve [1], in der sämtliche vorindustriellen Erwärmungsperioden „weggebügelt“ waren und die Gegenwart als wärmste Periode seit 1000 Jahren dargestellt wurde. Stephen McIntyre und Ross McKittrick haben die Studie inzwischen gründlich widerlegt [38]. U. a. konnten fast beliebige Zahlen in das von Mann benutzte Programm eingesetzt werden, immer resultierte ein „Hockeystick“.

9. Die Alternative

Da treibhausgasfixierte Computer-Klimamodelle nicht nur im Zeitraum zwischen 1930 bis 1970 versagen sondern auch die kleine Eiszeit (14. bis 18. Jh.) und das mittelalterliche Klimaoptimum (11. – 13. Jh.) nicht nachbilden können, muss es einen anderen entscheidenden Mechanismus geben.

Sehr viel spricht dafür, dass dies die **Wolkendichte** ist, die von der kosmischen Strahlung beeinflusst wird, wie der Direktor des *Centre for Sun-Climate Research* des *Danish National Space Center*, Henrik Svensmark, seit Jahren betont [39]. Die kosmische Strahlung besteht überwiegend aus Protonen, die als Echo des Urknalls in unser Sonnensystem eindringen. Gelangen diese positiv geladenen Kernbausteine in die Atmosphäre, so führen sie über einen noch nicht restlos geklärten Mechanismus zur Kondensation von Wasserdampf – Wolken entstehen. Erhöht sich bei höherer Solaraktivität das **Magnetfeld der Sonne**, dann werden die Protonen stärker abgeschirmt. In der Folge entstehen weniger Wolken und die einfallende Sonnenstrahlung kann die Erdoberfläche (Ozeanoberflächen!) stärker erwärmen. Deshalb folgt der globale Temperaturverlauf der Schwankung des solaren Magnetfelds (Bild 16).

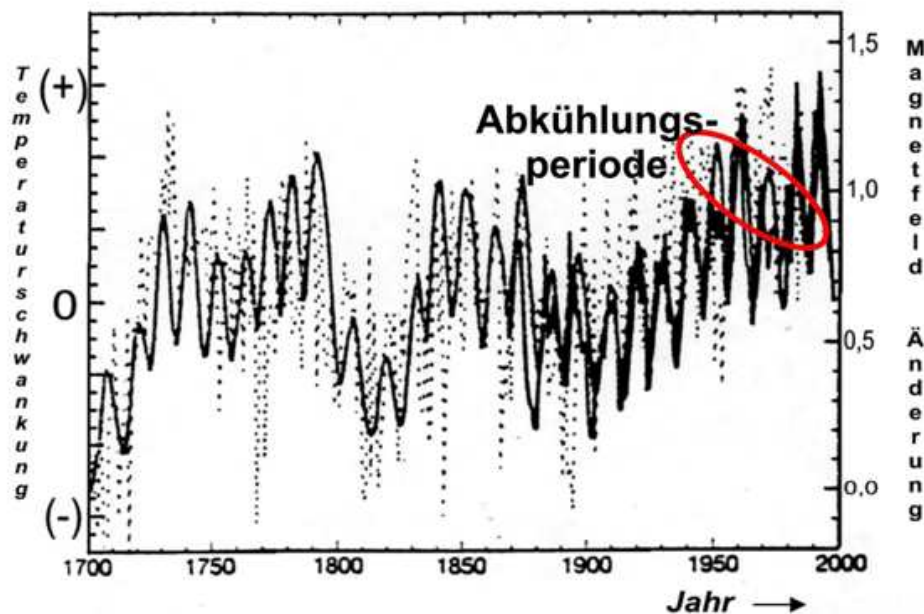


Bild 16: Solares Magnetfeld und Globaltemperatur [29, abgewandelt]

Wie Messungen zeigen, war im übrigen die Solaraktivität seit dem Jahr 850 noch nie so hoch wie nach 1940 [30]. Auch im Wärmehaushalt der Weltmeere macht sich die wolkenbedeckungsabhängige Schwankung der solaren Einstrahlung stärker bemerkbar.

Somit dürfte der anthropogene Treibhauseffekt eine kleine, aufgesetzte Größe auf einer natürlichen Klimaschwankung sein.

Abgesehen davon erscheint die unter Punkt 5 (Gleichung 5) vorgerechnete Temperatur von – 18 °C, welche die Erde ohne „Treibhausgase“ angeblich hätte, viel zu niedrig angesetzt sein. Sie entspricht aber der offiziellen Doktrin, die – und das muss betont werden – eine Hypothese ist. Weil, wie bereits hervorgehoben, die Erde kein wasserloser Gesteinshaufen im Weltall ist, sondern zu 70 % mit Wasser bedeckt ist, muss die direkte Absorption im nahen Infrarotgebiet (NIR) und die sehr verzögerte Strahlungsemission von Ozeanwasser stärker berücksichtigt werden.



Bild 17: Wolkenbedeckung (Wolkendichte) und globale Temperatur

Aus dem Bild 17 geht hervor, dass sich die globale Wolkenbedeckung zwischen 1986 und 2000 von 69 % auf 65 % reduzierte (linke Ordinate, „fallend“ aufgetragen). Parallel hierzu stieg die globale Mitteltemperatur (rechte Ordinate, „steigend“ aufgetragen).

Während die Temperaturschwankungen in der Sahara im Tagesverlauf ohne weiteres bis zu $\Delta\delta = 50\text{ °C}$ betragen können, verhalten sich Meere wesentlich träger. Der Gesamtwärmeumsatz (Wärmeenergie nicht Wärmeleistung!) eines Meeres ist die Summe vieler Größen:

$$Q_{\text{ges}} = (Q_S - Q_A) - Q_K - Q_V - Q_T + Q_C + Q_E + Q_F + Q_R$$

Q_S = im Meer absorbierte Sonnen- und Himmelsstrahlung (= „Treibhauseffekt“)

Q_A = effektive Ausstrahlung

Q_K = „fühlbarer“ Wärmeübergang Luft-Wasser

Q_V = latenter Wärmeübergang Luft-Wasser (Verdunstung, Kondensation)

Q_T = Wärmetransport durch Strömung

Q_C = chemisch-biologische Prozesse

Q_E = Wärmezufuhr aus dem Erdinnern

Q_F = Reibungswärme

Q_R = radioaktiver Zerfall

Da die Wärme-Speicherfähigkeit des Wassers erheblich über der von Gesteinen liegt, ist es ausgeschlossen, dass sich die Erde bei einer Trägheit des Systems Wasser-Luft nachts schlagartig um 50 °C herunterkühlt. Denn insbesondere die Abstrahlungsleistung dQ_A/dt unterscheidet sich wegen der wesentlich höheren Wärmespeicherfähigkeit von Meerwasser deutlich von jener der Sahara. Gemäß der Stefan-Boltzmann-Gleichung (Gleichung 6) hängt nämlich die spezifische Ausstrahlung der Erdoberfläche mit der Temperatur unmittelbar zusammen. Je höher die letztere ist, desto größer ist auch die Abstrahlung.

Aus der obigen Aufzählung geht aber hervor, dass der Energiegehalt des Meerwassers auch auf der Wärmezufuhr aus dem Erdinnern, auf chemisch-biologischen Prozessen, auf radioaktiven Zerfall und auf Reibungswärme beruht. Die Größe Q_F (Reibungswärme) in der obigen Aufzählung hängt von der Windgeschwindigkeit ab. Wie H. Volz auf einer Tagung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften berichtete, differiert die spezifischen Ausstrahlung bei den Windstärken 0 und 7 in einer Größenordnung von $\Delta M = 11,1 \text{ W/m}^2$ [31]. Die Ein- und Ausstrahlungsbilanz geht aber von einer ruhenden See aus. Addiert man diese Größe zur spezifischen Ausstrahlung bei 15 °C, so erhält man:

$$M = 239,0 \text{ W/m}^2 + 11,1 \text{ W/m}^2 = 250,1 \text{ W/m}^2$$

Eingesetzt in die Gleichung 2 resultiert für die Temperatur $T = 257,7 \text{ K}$ (- 15,3 °C). Diese Temperatur liegt um 2,7 °C höher, als die besagten - 18 °C. Die „Treibhausgase“ erhöhen dann die Mitteltemperatur nicht um 33 °C sondern „nur“ um 30,3 °C, insofern die These richtig ist, wonach die „normale“ Mitteltemperatur der Erde + 15 °C beträgt. Wie hoch war diese eigentlich während des mittelalterlichen Klimaoptimums (11. – 13. Jh.) und während der „kleinen Eiszeit“ (14. bis 18. Jh)?

Ein weiteres kommt hinzu. Etwa 50 % der Sonneneinstrahlung, die den Erdboden erreicht, ist Wärmestrahlung (nahes und mittleres IR). Diese wird vom Meerwasser absorbiert. **Die strahlungsfixierte „Treibhausgas“-Theorie saldiert nur die Einstrahlung und Ausstrahlung im Tagesverlauf** als könnten sich die Weltmeere auf der Nachtsseite schlagartig auf - 18 °C abkühlen. Die Trägheit der Ozeane ist aber mit einer Relaxationszeit bis zu 200 Jahren sehr hoch. **Folglich dürfte die mittlere globale Gleichgewichtstemperatur der Ozeane ohne atmosphärische „Treibhausgase“ eher um + 4 °C (Wasser höchster Dichte am Grunde eines zugefrorenen Gewässers) denn bei - 18 °C liegen.**

Als ich vor einiger Zeit einmal mit einem ehemaligen Leiter eines Klimarechenzentrums korrespondierte und ihn fragte, wie hoch die irdische Mitteltemperatur **ohne** Ozeane anzusetzen sei aber mit dem gegenwärtigen atmosphärischen „Treibhausgasgehalt“, erhielt ich zur Antwort, dies sei eine interessante Frage, die man aber bislang nicht durchgerechnet habe.

Zusammenfassung

- Der anthropogene Treibhauseffekt ist im wesentlichen ausgereizt, wie die Messung der Transmission von IR-Strahlung belegt. Eine globale Klimakatastrophe ist daher selbst bei einer CO₂-Verdoppelung nicht zu erwarten.
- Die Steigerung des Treibhauseffekt von $324 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ auf um $327,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ bei 100 % mehr CO₂ ist eine 1,2 %ige Geringfügigkeit (s. Bild 6), die man nur mit Hilfe des hypothetischen Wasserdampfverstärkungsmechanismus künstlich vergrößern kann.
- Zweifellos enthält die Atmosphäre gemäß der *Clausius-Clapeyron*'schen-Gleichung mehr Wasserdampf, wenn es wärmer wird. Jedoch lässt sich der hypothetische Wasserdampfverstärkungsmechanismus, ohne den die Klimamodelle nicht auf die politisch erwünschten Temperatursteigerungen kommen, in der Realität nicht nachzuweisen. Weil sich somit der atmosphärische Wasserdampfgehalt nicht an der Konzentration der „Treibhausgase“ orientiert, erhöht sich die globale Mitteltemperatur bei 100 % mehr CO₂ bestenfalls um 0,7 K (0,7 °C). Natürlich lassen sich genügend „Computermodellierungen“ anstellen, die eindeutig beweisen, dass die Wasserdampfverstärkung als positive Rückkopplung den CO₂-Treibhauseffekt verstärkt.
- Computerklimamodelle kommen u. a. deshalb zu falschen Ergebnissen, weil der hypothetische Wasserdampfverstärkungsmechanismus vollkommen überwertet wird.
- Der atmosphärische Temperaturgradient beruht auf einem Energietransport und nicht auf einem Strahlungstransportmechanismus mit dem fiktiven LTE. Deshalb wird der atmosphärischen Rückstrahlung - dem Treibhauseffekt - eine zu große Bedeutung zugemessen.
- Klimamodelle müssen mit – gewillkürten - Flusskorrekturen arbeiten, deren Größenordnung den des anthropogenen Treibhauseffekts um ein Vielfaches übertreffen.
- Die Abbildung des Klimas in der Vergangenheit mit Computeralgorithmen gelingt nicht ohne massive Korrekturgrößen.
- Die globale Mitteltemperatur ohne Treibhauseffekt dürfte um einiges höher als bei 255 K (-18 °C) liegen.
- Das Klima hängt stärker von der Variation der Wolkenbedeckung ab als vom Gehalt atmosphärischer „Treibhausgase“.
- Das IPCC ist eine **politische** Organisation, die sich eines Wissenschaftlergremiums bedient, um volkspädagogische Lernziele durchzusetzen.

Abschließend möchte ich die Leser darauf aufmerksam machen, dass dem gegenwärtigen CO₂-Gehalt je nach Literaturstelle ein unterschiedlicher Temperatureffekt zugeordnet wird. In dem von J.T. Houghton herausgegebenen Buch „The Global Climate“ geben Kondratjew und Moskalenko 7,2 K an [15]. Die Autoren zitieren sich dabei selbst [16]. Besorgt man sich das in Kyrillisch geschriebene Buch und schaut auf der angegebenen Seite nach, so findet man keinerlei Information darüber, wie Kondratjew und Moskalenko auf die o. g. 7,2 K kommen. Andererseits scheint man sich doch recht sicher zu sein, denn die Angaben der Autoren werden gerne zitiert [17]. Allerdings gibt es Widersprüche, denn K.P. Shine [18] gibt einen anderen Wert an, nämlich 12 K und R. Lindzen [19] geht davon aus, dass dem CO₂ nur

etwa 5% des natürlichen Treibhauseffekts zuzuordnen sind. Das wären 1,65 K und damit weniger als ein *Viertel* des bei IPCC benutzten Werts von 7,2 K.

Literatur

- [1] Michael E. Mann, Raymond S. Bradley und Malcolm K. Hughes (1999): *Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations*, in: Geophysical Research Letters, Vol. 26, No. 6, S. 759–762
- [2] R. Revelle, *Scientific American*, 247, No.2, Aug. 1982, 33-41
- [3] J. Barrett, *Spectrochim. Acta Part A*, 51, 415 (1995)
- [4] R.A. Hanel et al. *Journal of Geophysical Research*, 77, 2629-2641 (1972)
- [5] H. Flohn, *Nachr. Chem.Tech.Lab*, 32, 305-309 (1984)
- [6] L.S.Rothman et al., *Appl.Opt.* 26, 4058 (1987)
- [7] H. Hug, *Chemische Rundschau*, 20. Febr., S. 9 (1998)
- [8] P. S. Braterman, *Spectrochim. Acta Part A*, 52, 1565 (1996)
- [9] K. Shine, *Spectrochim. Acta Part A*, 51, 1393 (1995)
- [10] J. Houghton, *Spectrochim. Acta Part A*, 51, 1391 (1995)
- [11] R. S. Courtney, *Spectrochim. Acta Part A*, 53, 1601 (1997)
- [12] R. P. Wayne, *Chemistry of Atmospheres*, Oxford University Press, 2nd. Edition, 44-49 (1991),
- [13] Murry L. Salby, *Fundamentals of Atmospheric Physics*, Academic Press, 198-257 (1996)
- [14] Climate Change 1990. *The IPCC Scientific Assessment*, p. 49
- [15] K.Ya. Kondratyev, N.I. Moskalenko in J.T.Houghton, *The Global Climate*, Cambridge University Press, 225-233 (1984)
- [16] K.Ya. Kondratyev, N.I. Moskalenko, *Thermal Emission of Planets*, Gidrometeoizdat, 263 pp (1977) (Russisch)
- [17] C.D. Schönwiese, *Klimaänderungen*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 135 (1995)
- [18] K. P. Shine, A. Sinha, *Nature* 354, 382 (1991)
- [19] R. S. Lindzen, *Proc. Nat. Acad. of Sciences*, 94, 8335 (1997)
- [20] R. Raschke, R. Hollman, Strahlungsübertragung in der Atmosphäre, Modellierung und Messung, Preprint zum CO₂-Kolloquium der DECHEMA in Frankfurt/Main am 11.10.2001
- [21] T. E. Graedel, Paul J. Crutzen, *Chemie der Atmosphäre*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford 1993, S. 414
- [22] IPCC, *Climate Change 2001*, Chap. 1.2.1 Natural Forcing of the Climate System
- [23] J. T. Kiehl, K. E. Trenberth, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78** (1997) 197
- [24] IPCC, *Climate Change 1994*, Radiative Forcing of Climate Change and Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios, Cambridge University Press, S. 174
- [25] IPCC, *Climate Change 2001*, Working Group I: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chap. 7.2.1.1
- [26] H. Hug, *Energy & Environment*, 11, 631, (2000)
- [27] N. D. Coggeshall and E. L. Saier, *J. Chem. Phys.*, 15, 65, (1947), Fig. 1
- [28] Matthias Otto, *Analytische Chemie*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim (2000), S. 280 ff
- [29] S. Solanki, M Schüssler, M Fligge, *Nature*, **408** (2000) 445
- [30] I. G. Usoskin, S. K. Solanki, M. Schüssler, K. Mursula, K. Alanako, *Phys. Rev. Let.*, 91 (2003) 211101-1
- [31] Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Klimawandel im 20. und 21. Jahrhundert: „Welche Rolle spielen Kohlendioxid, Wasser und Treibhausgase wirklich?“ Bayerische Akademie der Wissenschaften, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, April 2005, S. 93
- [32] Wasserdampfgraphik nach H. Flohn, *BdW* 12/1978, S. 132
- [33] U. Cubasch, *Phys. Bl.* **51** (1995) 269

- [34] H. Hug, *Die Angsttrompeter*, Signum Verlag, München, 2006, S. 227
- [35] Privatmitteilung Jack Barrett, 2001 und 2012
- [36] E. Raschke et al., *Chemische Rundschau*, 23. Okt., S. 9 (1998)
- [37] <http://www.davidarchibald.info/papers/Failure%20To%20Warm.pdf>
- [38] Stephen McIntyre, Ross McKittrick, *Geophysical Research Letters*, Vol. 32, L03710, 5PP., 2005
- [39] Henrik Svensmark, *A&G*, February 2007, Vol. 48, p 1.18
- [40] Das lokale thermodynamische Gleichgewicht (LTE) geht von der Annahme aus, die Atmosphäre befindet sich in einem (gedachten) kleinen Volumen (lokal) im thermodynamischen Gleichgewicht. D. h. durch ständige Stöße sorgen die Teilchen wie N₂, O₂, CO₂, H₂O (g) usw. dafür, dass sich die Luftportion im thermodynamischen Gleichgewicht hält und damit eine definierte Temperatur besitzt. Im LTE, haben dann alle Teilchen eine thermische Geschwindigkeit, die durch die *Maxwell*-Geschwindigkeitsverteilung beschrieben wird. Gleichzeitig wird die Besetzung angeregter Zustände des CO₂ und anderer IR-aktiver Spurengase durch die *Boltzmann*-Verteilung definiert. Über die Temperatur *T* im LTE kann deshalb beim CO₂ die Verteilung für die Besetzung von Energieniveaus mit den Quantenzahlen *v* und *J* definiert werden. Außerdem kann damit auch die Emission elektromagnetische Strahlung bestimmt werden, wie sie aus dem **Kirchhoffschen Strahlungsgesetz** bei *T* folgt. Wesentlich ist, dass das LTE ursprünglich auf die die Besetzung von Energieniveaus von **Atomen** angewandt wurde in Sternatmosphären mit Temperaturen von 5000 K und mehr.
- Der wesentliche Unterschied ist, dass beispielsweise 1000 angeregte Atome ihre Energie nur durch Emission elektromagnetischer Strahlung abgeben können (**Atomfluoreszenz**), während 1000 angeregte CO₂-Moleküle ihre Energie auch durch Quenching (**Fluoreszenzlöschung**) auf benachbarte Moleküle (N₂, O₂ usw.) übertragen können. Dies trifft vor allem in **bodennahen** Luftschichten zu und ist keineswegs ein Verstoß gegen den Energieerhaltungssatz. Die Strahlungsenergie wird dennoch in das Weltall abgegeben, weil mit zunehmender Höhe (Wärme Konvektion) der Quenchingeffekt (Stoßdeaktivierung) immer mehr in den Hintergrund drängt zugunsten der Strahlungsemission von CO₂ (CH₄ usw.).
- [41] Hierzu findet man bei Thomas/Stamnes (*Radiative Transfer in the Atmosphere and the Ocean*) auf S. 99 etwas über die typischen Einfangsquerschnitte. Die Autoren unterscheiden zwischen **elastischen** Stößen (10^{-19} m^2) und **inelastischen** Stößen $10^{-23} \dots 10^{-25} \text{ m}^2$. Die inelastischen Einfangsquerschnitte sollen also viel kleiner sein als die elastischen, weshalb inelastische Stöße mit Strahlungslöschung (Quenching) unwahrscheinlich sind. Das Spektrum im Bild 3 nebst der zugehörigen Literaturstelle [27] belegen das Gegenteil. Bodennah (auf Meereshöhe) überwiegt der strahlungslose Übergang angeregter CO₂-Moleküle in den Grundzustand durch Stoßdeaktivierung (Thermalisierung von Strahlung durch inelastische Stöße). Weshalb die Stoßdeaktivierung nicht stattfinden soll, erklären Thomas/Stamnes, in der Fußnote 15 auf der Seite 128 des Lehrbuchs. Sie ist besonders interessant und lautet: „*If inelastic cross sections were not much less than the elastic, there would be drastic consequences. Consider air at sea level, for which 10^9 collisions occur per second. If a significant fraction of these collisions were inelastic – leading to an eventual radiative loss of heat – the air would cool down almost instantaneously!*“ Die Autoren begründen damit einen Art Strahlungsenergieerhaltungssatz!
- Nicht unerwähnt soll bleiben, dass manche „Klimaskeptiker“ davon ausgehen, dass es gar keinen Treibhauseffekt gibt, weil in Erdbodennähe die strahlungslose Deaktivierung angeregter CO₂-Moleküle überwiegt und die „Re-Emission“ erst in größerer Höhe zum Tragen kommt. Diese Emissionsstrahlung erreicht allerdings nicht den Erdboden („Treibhauseffekt“), weil sie vorher wiederum absorbiert wird.