

Berechnung der CO₂-Klimasensitivität

Dipl.-Ing. Peter Dietze

19.10.2016

Durch die vielen unterschiedlichen Werte für die Klimasensitivität, die in der Literatur angegeben werden, entsteht der Eindruck, der Wert sei noch unbekannt. Das macht sich IPCC zunutze und rechnet noch immer mit einem viel zu hohen best guess, dessen Ursprung in Eisbohrkernen und ozeanischer Ausgasung liegt, was aber mit dem strahlungsphysikalischen Treibhauseffekt mit dem wir uns befassen, nichts zu tun hat. Dabei wurde noch Ursache und Wirkung verwechselt, also nicht beachtet dass wenig CO₂ großen Temperaturänderungen mit mehreren hundert Jahren Verzögerung folgte und diese nicht verursacht hatte *Dietze* [1].

Hier wird ein einfaches strahlungsphysikalisches Verfahren auf der Basis von Stefan-Boltzmann vorgestellt, bei dem eine quasi isotherme Modellerde benutzt wird, die genügend schnell rotiert, Wärme gut speichert und umverteilt, so dass trotz globaler Mittelwerte für Strahlung und Kelvin-Temperaturen auch bei T⁴ hinreichend genau gerechnet werden kann.

Hierbei wird nicht, wie oft vermutet, das Klima der Erde völlig falsch berechnet. Es wird für diesen Fall nur näherungsweise der globale Parameter Klimasensitivität bestimmt, mit dessen Hilfe globale Temperaturänderungen im Sinne von Trends berechnet werden, welche die realen Temperaturverläufe überlagern.

Im Strahlungsmodell kann die globale Temperaturerhöhung durch eine Erhöhung der Einstrahlung am Schwarzkörper-Boden im Gleichgewicht mit der Formel

$$\Delta T = \Delta S / (4 \cdot T) \quad (1)$$

berechnet werden. Die Klimasensitivität oder Equilibrium Climate Sensitivity (ECS) ist also $1/S \cdot 4 \cdot T$, was bei 288 K am Boden und 391 W/m² den Wert 0,184 K/(W/m²) ergibt. Für die Sensitivität bei CO₂-Verdoppelung wird mit dem „Strahlungsantrieb“ multipliziert.

In (1) bedeutet das ΔS Gegenstrahlung welche die Bodentemperatur erhöht. Einige Thermodynamiker bestreiten dies allerdings, da sie den 2.HS vom antiken Clausius 1887 fehlinterpretieren: "Die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen". Durch Strahlung wird jedoch keine Wärme, sondern Energie (W/m²) aus der kälteren Atmosphäre auf den wärmeren Boden transportiert, wo sie absorbiert und in Wärme umgewandelt - und dann auch wieder emittiert wird.

Die ΔT -Formel (1) entsteht durch Differentiation der Stefan-Boltzmann-Gleichung $S = \sigma \cdot T^4$ nach T mit dem Ergebnis

$$dS/dT = 4 \cdot \sigma \cdot T^3 = 4 \cdot S/T \quad (2)$$

Dieser strahlungsphysikalische Ansatz ist offenbar beim Mainstream und vielen anderen Wissenschaftlern, die aufgrund von Beobachtungen diesen Wert empirisch mehr oder weniger falsch ermitteln, bisher unbekannt oder er wird wegen der Nichtlinearität T⁴ abgelehnt – obwohl für kleine Änderungen eine Linearisierung zulässig ist.

Für den „Strahlungsantrieb“ gibt IPCC bei clear sky, d.h. ohne Wolken und hier auch ohne Wasserdampf, gemäß HITRAN-Integration (line by line, Shine) für CO₂-Verdoppelung am oberen Atmosphärenrand (TOA) ein $\Delta S = 3,7 \text{ W/m}^2$ an, was als Zurückhaltung oder als

zusätzliche externe Einstrahlung interpretiert werden kann. Dieser Wert wird oft irrtümlich auch am Boden angewendet *Wikipedia* [2].

Die Integration der durch höchst präzise Spektroskopie ermittelten HITRAN-Transmissionsdaten habe ich überprüft. Der Wert 3,7 war lediglich dann korrekt wenn die Atmosphäre (nur CO₂, 360 ppm) mit 350 W/m² vom Boden her durchstrahlt wurde. Dann werden vom CO₂ insgesamt 74 W/m² in der Atmosphäre absorbiert (HITRAN, Bild 1) und in den Flanken werden es für jede CO₂-Verdoppelung 7,4 W/m² mehr.

Im Gleichgewicht stellt sich die Temperatur der Atmosphäre so ein dass diese Strahlungsleistung wieder thermisch emittiert wird. Dabei geht etwa die Hälfte, also 3,7 W/m² in Richtung Boden, was als Strahlungsantrieb angegeben wird. Damit ergibt sich am Boden mit $\epsilon = 239/391$ (Bild 2) bei +15 °C oder 288 K mit Formel (1) der bekannte IPCC-Basiswert (Planck Response) zu

$$\Delta T = 3,7/391 \cdot 288 / \epsilon = 1,11 \text{ °C} \quad \text{oder} \quad 0,3 \text{ K}/(\text{W/m}^2 \text{ toa}) \quad (3)$$

Tatsache ist aber dass die Absorption nur proportional zur Nettodurchstrahlung ist (z.B. ergibt die IR-Strahlung zwischen zwei Platten gleicher Temperatur keine Absorption). Und da die Nettodurchstrahlung wegen der im Modell für kurzwelliges Sonnenlicht transparent angenommenen Atmosphäre im Mittel statt 350 nur 239 W/m² beträgt (1364/4·0,7 wegen 30% Albedo), ist der IPCC-Wert 3,7 W/m² mit dem stets gerechnet wird, um den Faktor 1,464 zu hoch.

Weiter berücksichtigt IPCC nicht die Tatsache dass Wolken für IR Schwarzkörper (!) sind und somit CO₂ unter etwa 60% Wolken keinen zusätzlichen Erwärmungseffekt am Boden hat. Damit ergibt sich mit etwa 35% CO₂ über den Wolken ein plausibler Reduktionsfaktor von $0,35 + 0,40 \cdot 0,65 = 0,61$. Auch die Wasserdampfüberlappung wird von IPCC nicht berücksichtigt, die gemäß Satelliten(trichter)messung einen Reduktionsfaktor von $27/37 = 0,73$ ergibt.

IPCC nimmt - zusätzlich zum Faktor 1,464 - als drastische Verstärkung des CO₂-Effekts am Boden noch ein Wasserdampf-Feedback mit dem Faktor 2,7 an ($1,11 \cdot 2,7 = 3,0$ Grad als 'best guess'). Da aber auch der Wasserdampf weitgehend gesättigt ist, ist hier - auch gestützt durch MODTRAN-Berechnungen - eine Reduktion der Erhöhung von +1,7 auf weniger als 1/3 bzw. von Faktor 2,7 auf 1,5 erforderlich. Nicht berücksichtigt wird von IPCC auch dass die tropische Feuchtkonvektion einen Bypass zum Energie-Abtransport durch IR-Strahlung darstellt (wobei allerdings ein Großteil zurückkommt) womit eine Reduktion etwa um den Faktor 0,92 entsteht.

Wenn man auch noch für den längeren Absorptionsweg durch schräge Abstrahlung vom Boden eine Korrektur um den Faktor $1/\cos(40^\circ) = 1,305$ nimmt (HITRAN gilt für vertikale Durchstrahlung) und für den Strahlungsantrieb am Boden alle sechs Korrekturfaktoren berücksichtigt, ergibt die Berechnung für eine realistische Erwärmung bei CO₂-Verdoppelung

$$\Delta T = 1,11/1,464 \cdot 0,61 \cdot 0,73 \cdot 1,5 \cdot 0,92 \cdot 1,305 = 0,6 \text{ °C} \quad (4)$$

Nach *Wikipedia* [2] nennt IPCC [3] dagegen 3 °C als besten 'Schätzwert' und eine Sensitivität von unter 1,5 °C als 'sehr unwahrscheinlich'. Natürlich ist jeder Korrekturfaktor mit Unsicherheit behaftet, so dass die 0,6 °C auch eine entsprechende Bandbreite aufweisen.

Wasserdampf-Feedback und Wolken tragen am meisten zur Unsicherheit bei. Hier wird davon ausgegangen dass der globale Wolkenbedeckungsgrad sich durch CO₂ nicht ändert.

Bekanntlich hat *Harde* [4, 4a] unabhängig von (4) mit sorgfältigen Modellrechnungen ebenfalls einen Wert von 0,6 Grad ermittelt. Auch durch viele Regressionsanalysen von *Zyrkowski* [5] welche in den Beobachtungsdaten den solaren Einfluss (insbesondere auch die dadurch bedingte Änderung der Wolkenbedeckung) berücksichtigen, wird dieser Wert unterstützt. *Moll* [6] kommt auf etwa 0,5-0,7 Grad. Man kann diesen Wert also als weitgehend richtig betrachten. *Lindzen und Choi* [7] ermitteln empirisch etwa ein Grad.

Interessant und sensationell ist die Tatsache dass das 2-Grad-Ziel der COP 21 in Paris mit 1/5 der ECS einen CO₂-Anstieg von vorindustriell 280 auf 2820 ppm (!!) zulässt, womit jegliche CO₂-Reduzierung und insbesondere die Dekarbonisierung ad absurdum geführt wird, da wir bei Verbrennung aller nutzbaren fossilen Reserven gemäß Berechnung mit einem C-Modell *Dietze* [8] nur höchstens 500 ppm und 0,5 Grad gegenüber vorindustriell erreichen können:

$$\Delta T = 0,6 \cdot \ln(2820/280) / \ln(2) = 2,0 \text{ °C} \quad \text{und} \quad 0,6 \cdot \ln(500/280) / \ln(2) = 0,5 \text{ °C} \quad (5)$$

Das CO₂-Problem ist also in Wirklichkeit ein Nonproblem!

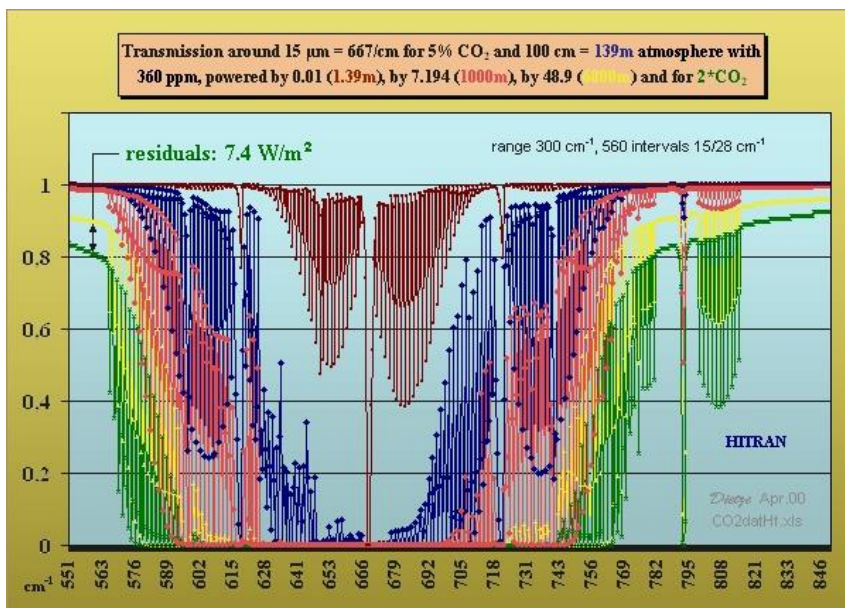


Bild 1: HITRAN-Transmissionsspektren bei 360 ppm für verschiedene Atmosphären-Schichtdicken (bei Bodendruck), mit Lambert-Beer aus 5% CO₂ und 1 m für 360 ppm berechnet. In jedem der 560 Balken sind etwa 60 Linien zusammengefasst. Im Trichter des gelben Spektrums werden – bei einer Planck-Quellstrahlung von 350 W/m² – im weiten Bereich um 15 μm (667 Wellen/cm) 74 W/m² absorbiert. In den Flanken bei CO₂-Verdoppelung (grün) zusätzlich 7,4 W/m², woraus an TOA ein Strahlungsantrieb von 3,7 W/m² folgt.



Bild 2: In der unteren Atmosphäre entsteht am Boden eine Hin- und Herstrahlung, die insgesamt das Ergebnis einer geometrischen Reihe ist – hier gezeigt bei 240 W/m² Solarstrahlung wenn z.B. max. 100% der Bodenabstrahlung von THG und Wolken absorbiert werden, 50% gegengestrahlt werden und der Boden statt -18 Grad +30 Grad annimmt. In der Erdrealität werden 38,8% gegengestrahlt. Der „Verstärkungsfaktor“ für die Bodenstrahlung ist dann 1/(1-0,388). Diesen kann man als 1/Eps = 391/239 interpretieren.

Literatur

- [1] P. Dietze (2007), Energie, CO₂ und Klima: eta[energie] #1/2007
http://www.kritische-naturgeschichte.de/Medien/Dietze_18-22_ETA0107.pdf
- [2] Wikipedia, <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Klimasensitivit%C3%A4t>
- [3] AR5, IPCC (2013): <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- [4] H. Harde (2011), Was trägt CO₂ wirklich zur globalen Erwärmung bei?: Norderstedt BoD
- [4a] H. Harde (2014), Advanced Two-Layer Climate Model for the Assessment of Global Warming by CO₂ <http://tinyurl.com/p49rajx>
- [5] J. Zyrkowski (2008), It's the Sun, Not Your SUV: St. Augustine's Press, Indiana
<http://www.staugustine.net/our-books/books/itsthesunnotyoursuv/>
- [6] U. Moll (2016), KLIMAWANDEL oder heiße Luft: ISBN 978-1536828467
- [7] R.S. Lindzen and Y-S. Choi (2011): On the Observational Determination of Climate Sensitivity and Its Implications: Asia-Pacific J. Atmos. Sci. (47(4), 377-390)
<http://tinyurl.com/3mbresk>
- [8] P. Dietze (2001), Carbon Model Calculations and Discussion: <http://www.john-daly.com/dietze/cmodcalc.htm> sowie /cmodcalD.htm

Weitere Literatur

[a] R.P. Allen (2011), Combining satellite data and models to estimate cloud radiative effect at the surface and the atmosphere: Meteorol. Appl. 18, 324-333 (2011)

[b] R.W. Spencer, and W.D. Braswell (2011), On the Misdiagnosis of Surface Temperature Feedbacks from Variations in Earth's Radiant Energy Balance: Remote Sensing 3(8)
<http://tinyurl.com/9cvuz32>

[c] R.W. Spencer, and W.D. Braswell (2010), On the diagnosis of radiative feedback in the presence of unknown radiative forcing: Journal of Geophysical Research, Vol. 115
<http://tinyurl.com/8kd694d>

[d] H. Harde (2011), How much CO₂ really contributes to global warming? Spectroscopic studies and modelling of the influence of H₂O, CO₂ and CH₄ on our climate: Geophysical Research Abstracts, vol. 13, EGU2011-4505-1
<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2011/EGU2011-4505-1.pdf>