

Was trägt CO_2 wirklich zur globalen Erwärmung bei?

Spektroskopische Untersuchungen und Modellrechnungen zum Einfluss von H_2O , CO_2 und CH_4 auf unser Klima

Hermann Harde

Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg

Es werden detaillierte spektroskopische Untersuchungen zum Absorptionsvermögen der Treibhausgase Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Methan vorgestellt, die auf den aktuellen Daten der *HITRAN 2008*-Datenbank [1] basieren und darauf ausgerichtet sind, den Einfluss sowie die Wirkung dieser Gase auf unser Klima zu überprüfen und genauer zu quantifizieren. Die Rechnungen sowohl für die Absorption des Sonnenlichts von $0.1 - 8 \mu\text{m}$ (kurzwellige Strahlung) wie der von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung im Bereich von $3 - 60 \mu\text{m}$ (langwellige Strahlung) zeigen einerseits, dass durch die starke Überlappung der CO_2 - und CH_4 -Spektren mit dem Wasser der Einfluss dieser Gase mit wachsender Wasserdampfkonzentration deutlich zurückgedrängt wird und andererseits ein mit wachsender CO_2 -Konzentration deutliches Sättigungsverhalten auftritt. Für den Wasserdampf, der in seiner Konzentration sowohl mit der Höhe über dem Erdboden wie mit der Klimazone erheblich variiert, werden für die Tropen, die Gemäßigten Breiten und die Polregionen getrennt Verteilungen angegeben und für die Absorptionsrechnungen herangezogen. Diese Rechnungen basieren auf neueren GPS-Messungen zum Wassergehalt in diesen Regionen [2]. Der vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlung und damit der geographischen Breite abhängige Absorptionsweg durch die Atmosphäre wird dadurch berücksichtigt, dass die Erde als abgestumpftes Ikosaeder (Bucky Ball) betrachtet wird, das aus 32 Flächen mit definierten Einfallswinkeln besteht und diese Flächen den drei Klimazonen zugeordnet werden.

Um die aus der Absorption der Gase resultierenden Auswirkungen auf das Klima und insbesondere den Einfluss einer wachsenden CO_2 -Konzentration auf die Erwärmung der Erde erfassen zu können, wird ein Zwei-Lagen-Klimamodell vorgestellt, das die Atmosphäre und die Erde als zwei Schichten beschreibt, die jeweils als Absorber und gleichzeitig als Planck'sche Strahler wirken. Ebenfalls wird ein Wärmeaustausch durch Konvektion zwischen diesen zwei Schichten und horizontal durch Wind- oder Meeresströmungen zwischen den Klimazonen berücksichtigt. Im Gleichgewicht geben dabei die Atmosphäre wie die Erde jeweils so viel Leistung wieder ab, wie sie von der Sonne und der angrenzenden Lage aufgenommen haben. Mit diesem Modell wird die Temperaturentwicklung der Erde und der Atmosphäre, abhängig von der CO_2 -Konzentration und einer Reihe weiterer Parameter wie der Ozon- und Wolkenabsorption, der kurz- und langwelligen Streuung an Wolken sowie der Reflexion an der Erdoberfläche für jede Klimazone getrennt berechnet.

Die Simulationen zum Temperaturanstieg der Erde und Atmosphäre zeigen einen mit wachsender CO_2 -Konzentration deutlich abflachenden Verlauf, der auf die stark gesättigte Absorption der intensiven CO_2 -Banden zurückzuführen ist. Die Klimasensitivität C_S als Maß, wie weit die Temperatur bei einer Verdopplung der derzeitigen CO_2 -Konzentration weiter ansteigt, ergibt für die Tropen einen Wert von $C_S = 0.41^\circ\text{C}$, für die Gemäßigten Breiten $C_S = 0.40^\circ\text{C}$ und für die Polargebiete $C_S = 0.92^\circ\text{C}$. Hieraus resultiert als gewichteter Mittelwert über alle Klimazonen eine globale Klimasensitivität von $C_S = 0.45^\circ\text{C}$ mit einer geschätzten Unsicherheit von 30%, die vor allem aus der Unkenntnis der Konvektion zwischen Boden und Atmosphäre sowie der atmosphärischen Rückstreuung resultiert.

Die sich mit der Temperatur ändernde Wasserdampfkonzentration und die sich daraus ergebende Rückwirkung auf die Klimasensitivität wird in den vorliegenden Rechnungen dadurch erfasst, dass die Änderungen in der kurz- wie langwelligen Absorptionen aus den Rechnungen für die Klimazonen als Funktion der Temperatur übernommen und in die Simulationen einbezogen werden.

Die vom IPCC [3] veröffentlichten Werte zur globalen Klimasensitivität überdecken einen Bereich von $2.1^\circ\text{C} - 4.4^\circ\text{C}$ mit einem mittleren Wert von 3.2°C , der damit um den Faktor 7 über dem hier angegebenen Wert liegt.

1. L.S. Rothman et al., The *HITRAN* 2008 molecular spectroscopic database, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* 110, 533–572 (2009)
2. S. Vey: Bestimmung und Analyse des atmosphärischen Wasserdampfgehaltes aus globalen GPS-Beobachtungen einer Dekade mit besonderem Blick auf die Antarktis, Technische Universität Dresden, Diss., 2007
3. D.A. Randall et al., *Climate Models and Their Evaluation*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [S. Solomon et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.