

Der Test zur Entlastung von CO₂

geschrieben von Chris Frey | 2. März 2023

Javier Vinós

Die meisten Menschen haben keine klare Vorstellung davon, was der Treibhauseffekt (GHE) wirklich ist. Er ist nicht kompliziert zu verstehen, aber er wird normalerweise nicht gut erklärt. Er wird oft als „Wärme-Falle“ bezeichnet, aber das ist falsch. Treibhausgase (THG) fangen keine Wärme ein, auch wenn durch ihre Anwesenheit in der Atmosphäre mehr Wärme im Klimasystem verbleibt. Die Wahrheit ist, dass der Planet nach der Anpassung an eine Veränderung der Treibhausgas-Konzentration immer noch die gesamte Energie zurückgibt, die er von der Sonne erhält. Andernfalls würde er sich unendlich weiter erwärmen. Es gibt also keine Veränderung der ausgestrahlten Energie. Wie erzeugen Treibhausgase GHE?

Treibhausgase führen dazu, dass die Atmosphäre undurchlässiger für Infrarotstrahlung wird. Da die Sonnenstrahlung hauptsächlich die Ozean- und Landoberfläche des Planeten erwärmt, absorbieren die THG die Wärmeabstrahlung von der Oberfläche in der unteren Troposphäre und geben diese Energie sofort an andere Moleküle (typischerweise N₂ und O₂) weiter, und zwar durch Zusammenstöße, die viel schneller ablaufen als die Zeit, die für die Wiederabstrahlung der Strahlung erforderlich wäre. Dadurch erwärmt sich die untere Troposphäre. Die Dichte und die Temperatur nehmen in der Troposphäre rasch ab, so dass die Moleküle in der oberen Troposphäre kälter und stärker voneinander getrennt sind. Jetzt haben die Treibhausgase die Möglichkeit, IR-Strahlung abzugeben, und wenn sie schließlich mit einem anderen Molekül zusammenstoßen, sind sie kälter, so dass die Treibhausgase in der oberen Troposphäre und Stratosphäre eine kühlende Wirkung haben.

Da Treibhausgase die Atmosphäre für IR-Strahlung undurchlässiger machen, erfolgt die Emission in den Weltraum vom Planeten normalerweise nicht von der Oberfläche aus (wie beim Mond). Ein Teil der Emission erfolgt immer noch von der Oberfläche durch das atmosphärische Fenster, aber der größte Teil der Emission erfolgt von höherer Stelle in der Atmosphäre. Wir können eine theoretische effektive Emissionshöhe als die durchschnittliche Höhe definieren, in der die ausgehende langwellige Strahlung (OLR) der Erde emittiert wird. Die Temperatur, bei der die Erde strahlt, ist die Temperatur in der effektiven Emissionshöhe in der Atmosphäre. Diese vom Weltraum aus gemessene Temperatur beträgt 250 K (-23°C) und nicht 255, wie die für eine theoretische Schwarzkörpererde berechnete Temperatur. Diese Temperatur entspricht einer Höhe von etwa 5 km, die wir die effektive Emissionshöhe nennen.

Das letzte Element, das wir zum Verständnis des GHE benötigen, ist der vertikale Temperaturgradient, d. h. wie stark die Temperatur mit der

Höhe abnimmt. Da Treibhausgase dazu führen, dass der Planet aus einer größeren Höhe emittiert, weil sie die Atmosphäre für IR-Strahlung undurchlässiger machen, ist diese Höhe aufgrund der Temperaturabnahme kälter. Die Erde muss immer noch die gesamte von der Sonne aufgenommene Energie zurückgeben, aber die kälteren Moleküle strahlen weniger ab. Der Planet wird also eine Periode durchlaufen, in der er weniger emittiert als er sollte, wodurch sich die Oberfläche und die untere Troposphäre erwärmen, bis eine neue Emissionshöhe erreicht wird, die die notwendige Temperatur hat, um die gesamte Energie zurückzugeben, woraufhin die Erwärmung des Planeten aufhört.

Die GHE besagt einfach, dass die Temperatur an der Oberfläche (T_s) nur die Temperatur der Emission (T_e) plus die Stornorate (Γ) mal die Emissionshöhe (Z_e) ist.

$$T_s = T_e + \Gamma Z_e$$

Held & Soden (2000) verdeutlichten das in Abbildung 1:

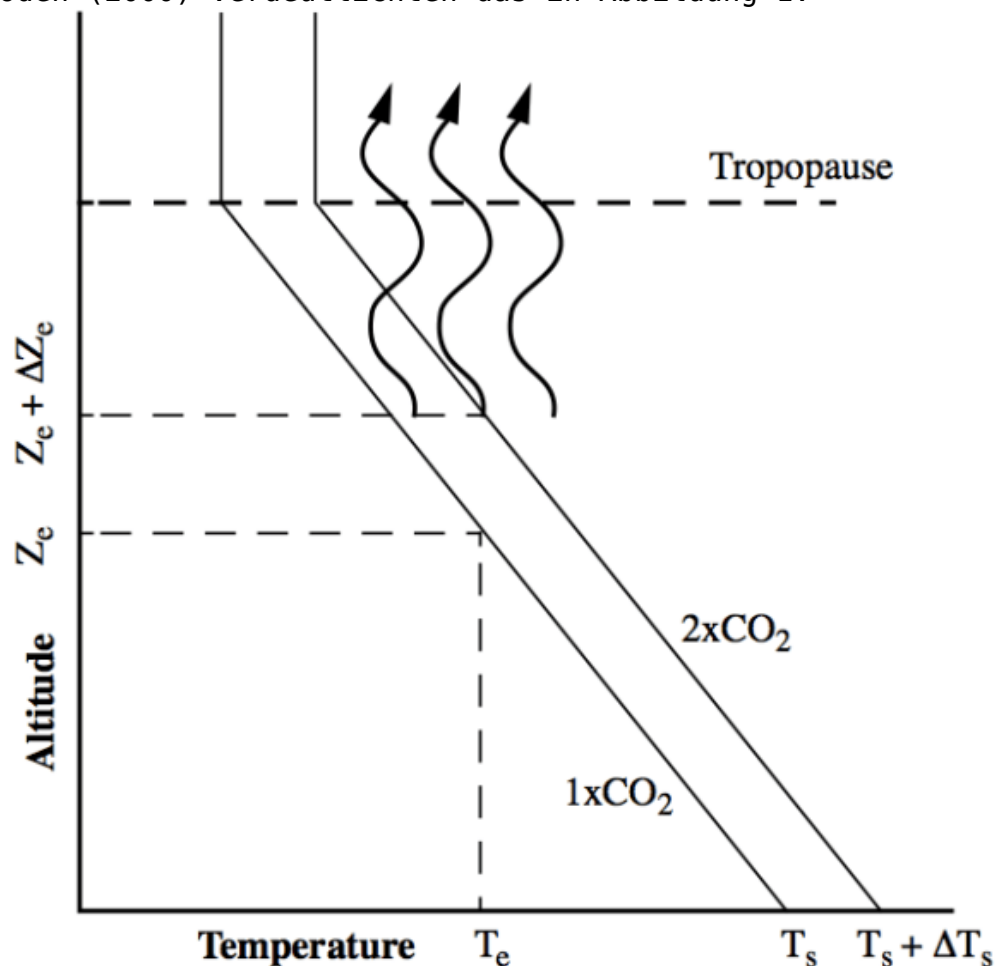


Figure 1 Schematic illustration of the change in emission level (Z_e) associated with an increase in surface temperature (T_s) due to a doubling of CO₂ assuming a fixed atmospheric lapse rate. Note that the effective emission temperature (T_e) remains unchanged.

So funktioniert der GHE tatsächlich. Eine Zunahme von CO₂ bedeutet eine Zunahme der Emissionshöhe. Da die Temperatur der Emission gleich bleiben muss, muss die Temperatur von der Oberfläche bis zur neuen Emissionshöhe

steigen. Der Anstieg ist gering, aber signifikant. Held und Soden sagen dazu:

„Die Zunahme der Trübung aufgrund einer Verdoppelung des CO₂ bewirkt einen Anstieg von Ze um ≈ 150 Meter. Dies führt zu einer Verringerung der effektiven Temperatur der Emission über der Tropopause um $\approx (6,5\text{K/km}) (150\text{ m}) \approx 1\text{ K}$.“ – Held und Soden

Die Temperatur an der Oberfläche muss also um 1 K ansteigen. Das ist die direkte Erwärmung, die durch die Verdoppelung des CO₂ verursacht wird, bevor die Rückkopplungen (hauptsächlich Wasserdampf) einsetzen, die die Höhe der Emission weiter erhöhen.

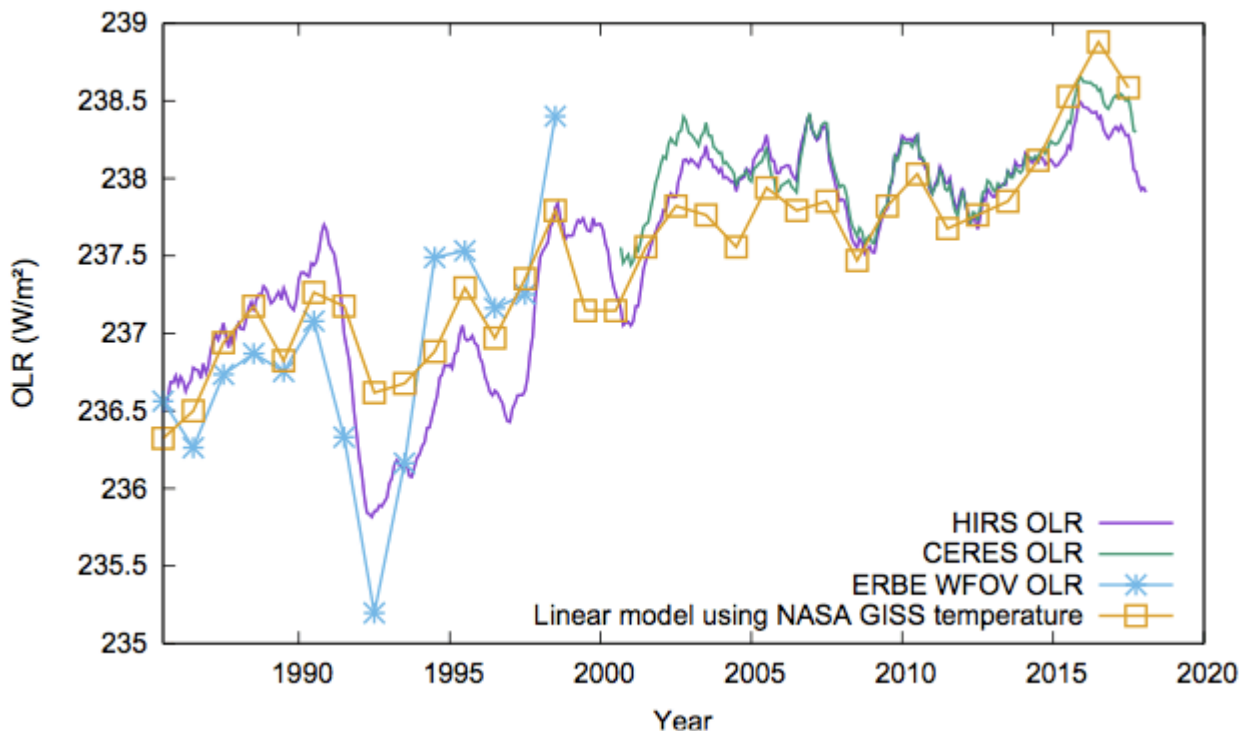
Daraus ergibt sich auch eine interessante Vorhersage. Wenn die Erwärmung auf eine CO₂-Zunahme zurückzuführen ist, wenn die Zunahme stattfindet und die Emissionshöhe zunimmt, sollte der Planet weniger OLR emittieren, da die neue Höhe kälter ist und eine verringerte OLR der Erwärmungsmechanismus ist. Sobald die Erwärmung eintritt, wird die OLR wieder die gleiche sein wie vor dem Anstieg der Treibhausgase. So steht es in der Bildunterschrift von Held und Soden zu Abbildung 1: „Beachten Sie, dass die effektive Emissionstemperatur (T_e) unverändert bleibt.“ Gleiche T_e , gleiche OLR. Wenn also CO₂ für den Anstieg der Oberflächentemperatur verantwortlich ist, sollten wir zunächst weniger OLR und dann die gleiche OLR erwarten. Sollten wir zu irgendeinem Zeitpunkt mehr OLR feststellen, würde das auf eine andere Ursache für die Erwärmung hindeuten. Alles, was die Oberfläche wärmer macht, außer Treibhausgasen, erhöht die Temperatur der Emission und damit die OLR.

Dies ist also der Test:

- Oberflächenerwärmung, aber weniger oder gleiche OLR: CO₂ ist schuldig wie angeklagt
- Oberflächenerwärmung und mehr OLR: CO₂ ist unschuldig

Und die Testergebnisse können zum Beispiel mit Derwitte und Clerbaux 2018 ausgewertet werden:

*„Die dekadischen Veränderungen der ausgehenden langwelligen Strahlung (OLR), gemessen mit dem Clouds and Earth's Radiant Energy System von 2000 bis 2018, dem Earth Radiation Budget Experiment von 1985 bis 1998 und dem High-resolution Infrared Radiation Sounder von 1985 bis 2018 werden analysiert. **Die OLR ist seit 1985 gestiegen und korreliert gut mit der steigenden globalen Temperatur.**“* – Derwitte und Clerbaux 2018



CO₂ ist unschuldig. Sein Fingerabdruck ist am Tatort nicht zu finden. Etwas anderes erwärmt den Planeten und verursacht den Anstieg der OLR.

Bibliography:

Dewitte, S. and Clerbaux, N., 2018. Decadal changes of earth's outgoing longwave radiation. *Remote Sensing*, 10(10), p.1539.

<https://www.mdpi.com/2072-4292/10/10/1539/pdf>

Held, I.M. and Soden, B.J., 2000. Water vapor feedback and global warming. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), pp.441-475.

<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.25.1.441>

Stephens, G.L., O'Brien, D., Webster, P.J., Pilewski, P., Kato, S. and Li, J.L., 2015. The albedo of Earth. *Reviews of geophysics*, 53(1), pp.141-163.

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014RG000449>

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2023/02/24/the-test-that-exonerates-co2/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE