

Physikaufgabe 105

[Home](#) | [Startseite](#) | [Impressum](#) | [Kontakt](#) | [Gästebuch](#)

Aufgabe: Zeigen Sie, daß der im Pariser Abkommen anvisierte Grenzwert für die globale Erwärmung von 1,5 K gar nicht mehr zu halten ist.

Beweis: Nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz ist die Strahlungsleistung P eines Schwarzen Körpers¹ von der vierten Potenz der absoluten Temperatur T abhängig:

$$P = \sigma S T^4,$$

wobei

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

die Stefan-Boltzmann-Konstante² ist und S die Fläche, von der die Strahlung ausgeht.³ Die Intensität, welche die Erde nach Rückstrahlung der aus dem Weltall einfallenden Energie absorbiert, ist demnach gegeben durch

$$I_A = \frac{P}{S} = \sigma T^4.$$

Die transmittierte Intensität, welche unseren Planeten als von der Erdoberfläche abgestrahlte Wärme nach Durchlaufen der Erdatmosphäre verläßt, ist nach dem Lambert⁴-Beerschen Gesetz gegeben durch

$$I_T = I_0 e^{-\varepsilon c d},$$

wobei I_0 die vom Boden abgestrahlte Intensität, ε der Extinktionskoeffizient von Kohlendioxid,⁵ c die Konzentration und d die relevante Dicke der Erdatmosphäre ist. Da Druck und Dichte exponentiell mit der Höhe abfallen, gibt d nicht die wahre Dicke der Erdatmosphäre an, sondern eine wesentlich geringere, nämlich die, die man hätte, wenn die Dichte konstant wäre und sich nicht mit der Höhe ändern würde. Da sich Absorption A und Transmission T zu 1 addieren,⁶ d.h.

$$A + T = \frac{I_A}{I_0} + \frac{I_T}{I_0} = 1,$$

folgt

$$I_A = I_0 - I_T = I_0 (1 - e^{-\varepsilon c d}) \approx I_0 \varepsilon c d,$$

¹ Strenggenommen ist die Erde ein sogenannter Grauer Körper. Da wir jedoch nur Relativbetrachtungen durchführen, können wir diesen Umstand ignorieren.

² Ludwig Boltzmann (1844-1906)

³ De facto die Erdoberfläche

⁴ Johann Heinrich Lambert (1728-1777)

⁵ Andere Treibhausgase wie Methan vernachlässigen wir, da sie gegenüber dem CO₂ kaum eine Rolle spielen.

⁶ Die Reflexion vernachlässigen wir in erster Näherung.

Physikaufgabe 105

wobei wir davon ausgehen, daß der Exponent sehr viel kleiner ist als 1. Dividieren wir nun noch die absorbierten Intensitäten für die Temperaturen T_1 und $T_2 = T_1 + \Delta T$, erhalten wir nach Kürzung sämtlicher Konstanten den Ausdruck

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4 = \left(1 + \frac{\Delta T}{T_1}\right)^4 = \frac{c_2}{c_1}$$

und nach Umformung

$$\Delta T = T_1 \left[\sqrt[4]{\frac{c_2}{c_1}} - 1 \right].$$

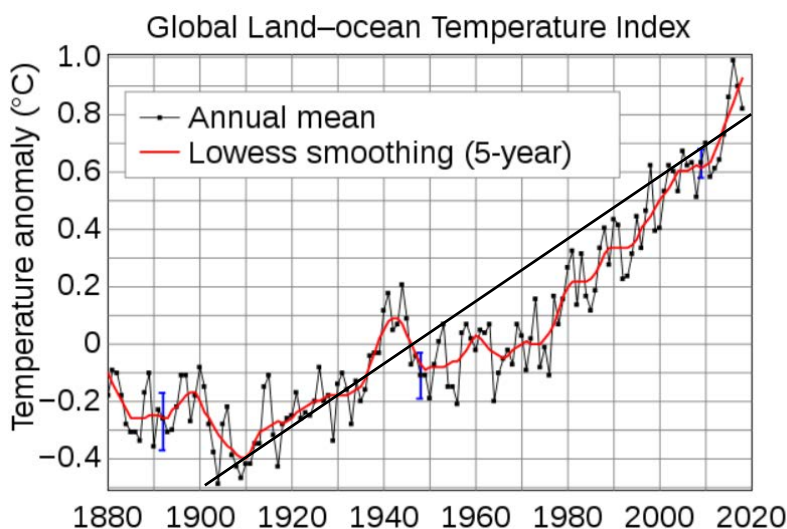
Nach dieser Formel hängt die Erderwärmung lediglich von der aktuell gemessenen CO_2 -Konzentration c_2 ab.

Bei einer mittleren Temperatur⁷ von 288 K bzw. 15 °C erhöht sich die Temperatur der Erde bei einer Verdopplung der Kohlenstoffdioxidkonzentration um

$$\Delta T = 15 \text{ °C} \cdot \left[\sqrt[4]{2} - 1 \right] = 2,84 \text{ °C} \approx 3 \text{ °C}.$$

Bei der gegenwärtigen Konzentration von $c_2 = 405$ ppm (laut Wikipedia⁸) ergibt sich verglichen zum vorindustriellen Wert von $c_1 = 280$ ppm eine Erhöhung der Schwarzkörpertemperatur um

$$\Delta T = 15 \text{ °C} \cdot \left[\sqrt[4]{\frac{405}{280}} - 1 \right] = 1,45 \text{ °C} \approx 1,5 \text{ °C}.$$



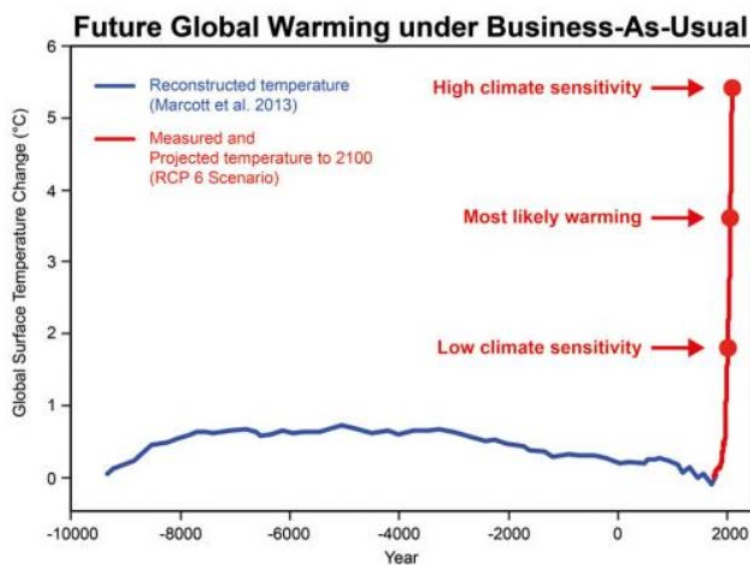
⁷ Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Erde>

⁸ Quelle: https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Datei:CO2_2007.jpg

Physikaufgabe 105

Wie man sieht, ist der im Pariser Klimaabkommen von 2016 vereinbarte Wert kaum mehr zu halten, selbst wenn man auf weiteres fossiles Kohlendioxid komplett verzichten würde. Allein was noch an Lagerbeständen vorrätig ist und an Energie unabdingbar gebraucht wird, d.h. wofür kein regeneratives Äquivalent zur Verfügung steht, würde diese Reserven aufzehren.⁹

Der berechnete Wert von 1,45 °C ist in ausgezeichneter Übereinstimmung mit der durchgezogenen Linie in obiger Abbildung, die sich durch lineare Extrapolation der Meßdaten ergibt. Man muß nämlich die Meßwerte nach der Methode der kleinsten Quadrate an die Theoriekurve anpassen, sonst nimmt man an, daß es keinen menschengemachten Klimawandel gibt und die Natur ewig auf dem gleichen Wert verharrt, d.h. der Jahresmittelwert lediglich statistischen Schwankungen unterliegt. Diese Annahme ist jedoch falsch, wie die folgende Abbildung zeigt.



Der langjährige Mittelwert entspricht nämlich ziemlich genau dem der kleinen Eiszeit,¹⁰ der vielleicht nur um 1 °C höher lag als der der eigentlichen Eiszeit, die etwa 10.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung endete. Ein Temperaturmaximum gab es etwa 5.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung, jedoch waren die Schwankungen niemals größer oder kleiner als $\pm 0,5$ °C. Man braucht indes keine Mittelwerte zugrunde legen, die früher als 10.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung datieren, weil die kulturelle Entwicklung in Europa erst mit der neolithischen Revolution einsetzte. Nur einfach die Annahme zu treffen, der Klimawandel sei vollständig auf natürliche Weise zu erklären, ist moralisch verwegend und physikalisch grob unseriös. Setzt man solche Tricks ein, kann man nämlich ewig zuwarten, bis ein steiler Temperaturanstieg in der Statistik sichtbar wird, weil dieser ja erst ganz zuletzt, d.h. in den letzten 10 Jahren, erfolgte. Wenn wir also den langjährigen Mittelwert entsprechend den obigen Darlegungen korrigieren, so ist eine globale Erwärmung um 1,5 °C bereits jetzt Fakt und wäre ohnehin nicht mehr aufzuhalten.

⁹ Quelle: [https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Aktuelle_Klima%C3%A4nderungen_\(einfach\)](https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Aktuelle_Klima%C3%A4nderungen_(einfach))

¹⁰ Im Mittelalter war es vielleicht 0,2 °C wärmer als zur Zeit der kleinen Eiszeit, keinesfalls jedoch wärmer als heute, auch wenn das immer wieder behauptet wird.