

Temperaturabhängigkeit der natürlichen CO₂ Quellen und Senken

[latexpage]

Bei dem [in diesem Blog](#) und [anderswo publizierten einfachen Modell der CO₂-Senken und der natürlichen Emissionen](#) tauchte in der Diskussion darüber immer wieder die Frage auf: Wie wird die – offensichtliche – Temperaturabhängigkeit der natürlichen CO₂-Quellen, beispielsweise die ausgasenden Ozeane, oder der Senken wie die Photosynthese, berücksichtigt? Denn in dem Modell kommt keine langfristige Temperaturabhängigkeit vor, allenfalls ein kurzfristig zyklische. Ein langfristiger Trend der Temperaturabhängigkeit ist in den letzten 70 Jahren auch bei sorgfältiger Analyse nicht erkennbar.

[In der zugrunde liegenden Publikation](#) wurde ausgeschlossen, dass der Absorptionskoeffizient temperaturabhängig sein kann (Kapitel 2.5.3). Allerdings blieb dabei offen, ob nicht doch eine direkte Temperaturabhängigkeit der Quellen oder Senken möglich ist. Und warum diese nicht aus der statistischen Analyse erkennbar ist. Dies wird in dem vorliegenden Beitrag behandelt.

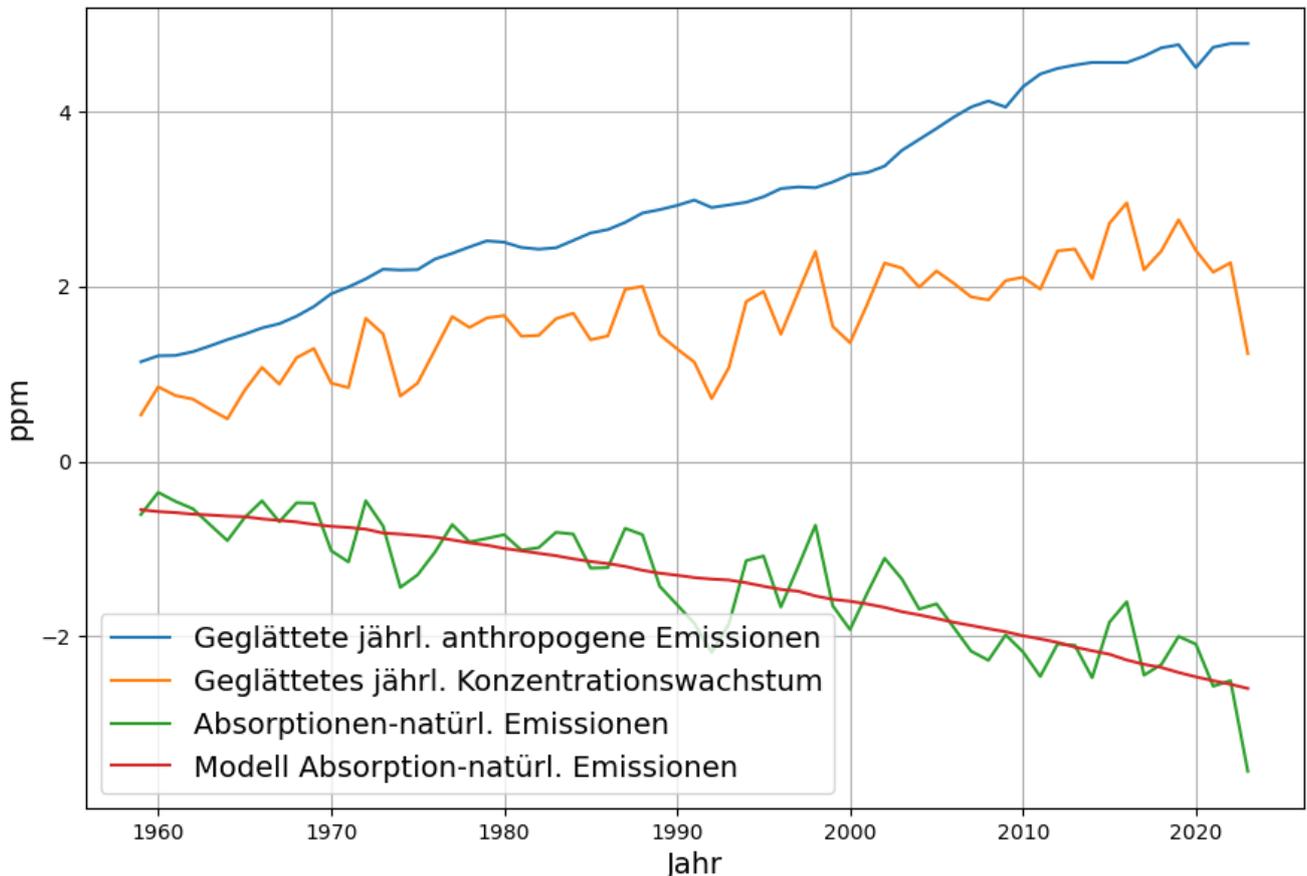
Ursprüngliches temperaturunabhängiges Modell

Die vereinfachte Form der CO₂ Massenerhaltung in der Atmosphäre ([siehe Gleichungen 1,2,3 der Publikation](#)) mit anthropogenen Emissionen E_i im Jahre i , den sonstigen, überwiegend natürlichen Emissionen N_i (zur Vereinfachung werden die Landnutzungsemissionen den natürlichen Emissionen zugeschlagen), dem Zuwachs des CO₂ in der Atmosphäre $G_i = C_{i+1} - C_i$ (C_i ist atmosphärische CO₂ Konzentration) und den Absorptionen A_i ist:

$$E_i - G_i = A_i - N_i$$

Die Differenz der Absorptionen und der natürlichen Emissionen wurde linear modelliert mit einem konstanten Absorptionskoeffizienten a und einer Konstante n für die jährlichen natürlichen Emissionen:

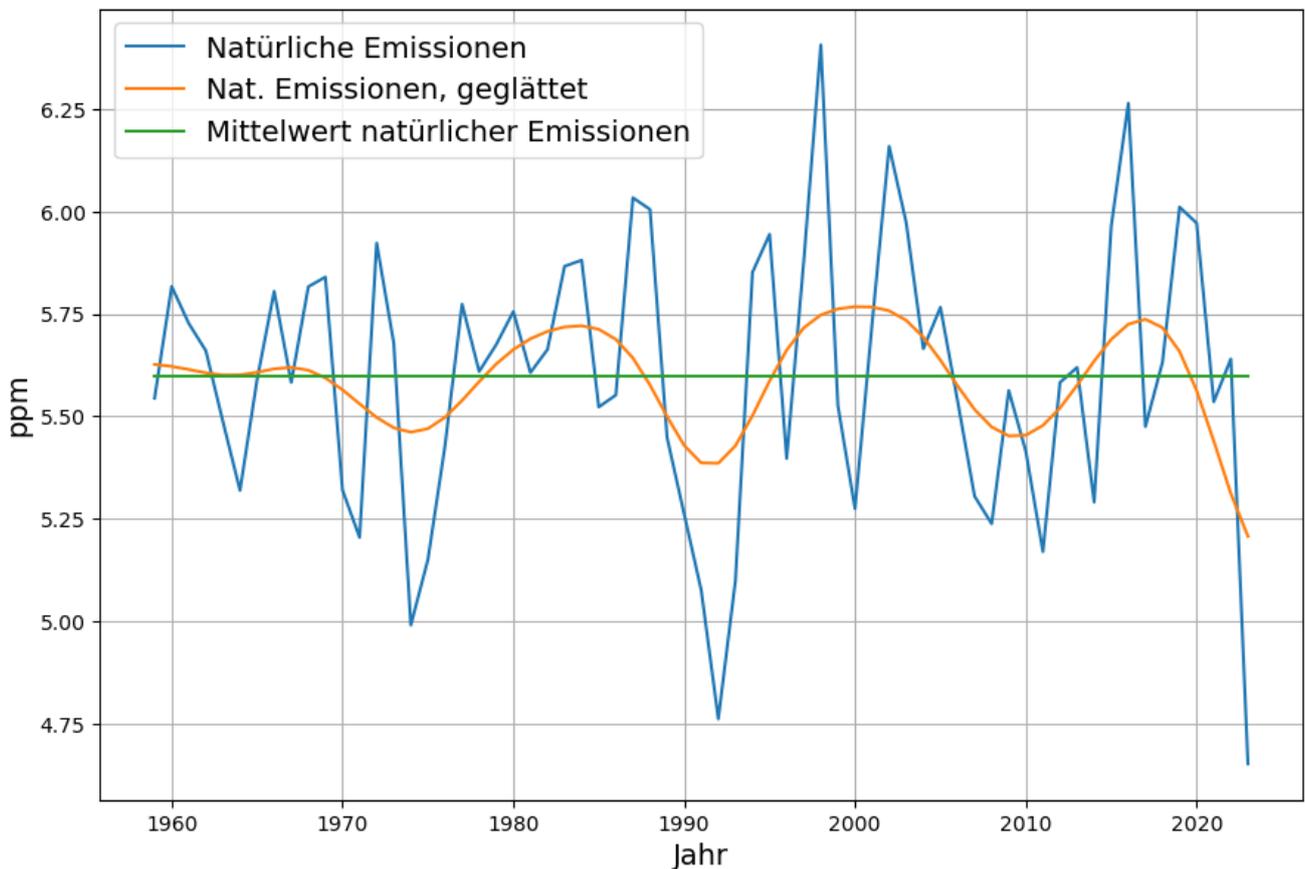
$$A_i - N_i = a \cdot C_i + n$$



Während die Absorptionskonstante und **der lineare Zusammenhang zwischen Absorption und Konzentration physikalisch sehr gut begründet** und belegt ist, erscheint die Annahme der konstanten natürlichen Emissionen willkürlich. Daher ist es erhellend, statt eines konstanten Ausdrucks n stattdessen aus den Messdaten und der berechneten Absorptionskonstanten a das Residuum

$$N_i = G_i - E_i + a \cdot C_i$$

zu betrachten:



Der Mittelwert von N_i ergibt den konstanten Modellterm n . Mit einer leichten Glättung ergibt sich ein periodischer Verlauf. [Roy Spencer hat diese Schwankungen mit dem El Nino begründet](#), wobei nicht eindeutig ist, ob die Schwankungen den Absorptionen A_i oder den natürlichen Emissionen N_i zuzuordnen sind. **Aber es ist keinerlei langfristiger Trend erkennbar.** Daher ist die Frage zu klären, warum zwar kurzfristige Temperaturabhängigkeiten vorhanden sind, aber die langfristige globale Erwärmung im Modell anscheinend keine Entsprechung hat.

Temperaturabhängiges Modell

Nun erweitern wir das Modell, indem wir sowohl für die Absorptionen A_i als auch für die natürlichen Emissionen N_i zusätzlich eine lineare Temperaturabhängigkeit zulassen. Da unsere Messdaten nur deren Differenz liefern, können wir die Temperaturabhängigkeit dieser Differenz in einer einzigen linearen Funktion der Temperatur T_i , also $b \cdot T_i + d$ darstellen. Gesetzt den Fall, dass sowohl A_i also auch N_i temperaturabhängig sind, ist die Differenz der

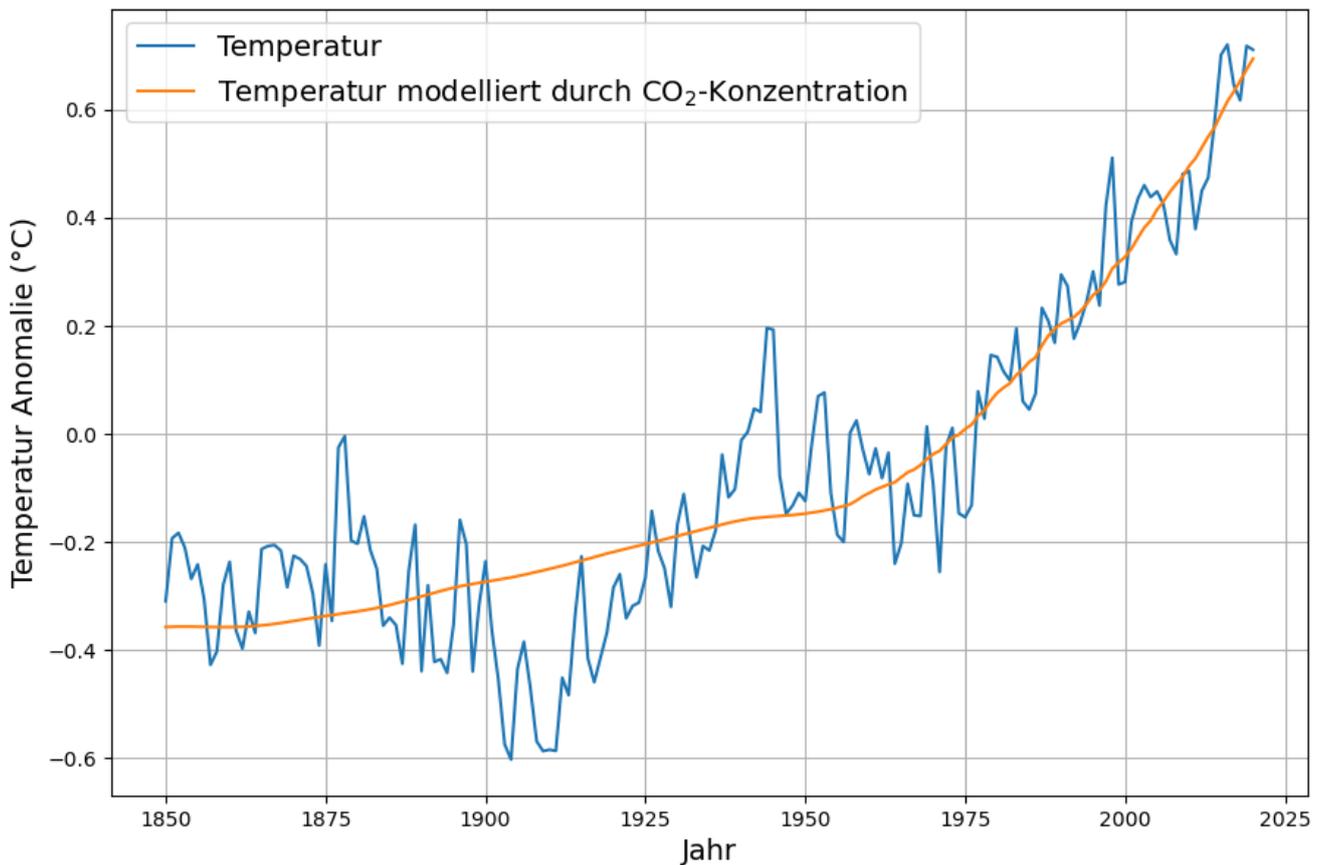
dazugehörigen linearen Ausdrücke wieder einen linearen Ausdruck. Demnach hat das erweiterte Modell diese Gestalt.

$$A_i - N_i = a \cdot C_i + n + b \cdot T_i + d$$

Im Prinzip könnten n und d zu einer einzigen Konstanten zusammengefasst werden. Da aber d von der verwendeten Temperaturskala abhängt, und n von der Maßeinheit der CO_2 Konzentration, belassen wir es bei 2 Konstanten.

CO_2 Konzentration als Proxy für Temperatur

Wie bereits [in der Publikation im Kapitel 2.3.2 dargelegt](#), gibt es zwischen der CO_2 -Konzentration und der Temperatur einen Zusammenhang mit hoher Korrelation. Woher dieser Zusammenhang kommt, d.h. ob es einen kausalen Zusammenhang gibt (und in welcher Richtung) ist für diese Untersuchung unerheblich. Allerdings stellen wir hier nicht den Zusammenhang zwischen T und $\log(C)$ her, sondern den zwischen T (Temperatur) und C (CO_2 Konzentration ohne Logarithmus).



Demzufolge kann die Temperatur-Anomalie aus der Konzentration mit der linearen Funktion

$$T_i = e \cdot C_i + f$$

mit

$$e=0.0083, f=-2.72$$

approximiert werden.

Verwendung des CO₂-Proxy in der temperaturabhängigen Gleichung

Setzt man für die Temperatur deren Proxy-Funktion in die temperaturabhängige Gleichung ein, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$A_i - N_i = a \cdot C_i + n + b \cdot (e \cdot C_i + f) + d$$

bzw.

$$A_i - N_i = (a+b \cdot e) \cdot C_i + (n+b \cdot f) + d$$

Der Ausdruck auf der rechten Seite hat jetzt wieder die gleiche Gestalt wie die ursprüngliche Gleichung, also

$$A_i - N_i = a' \cdot C_i + n'$$

mit

$$a' = a + b \cdot e$$

$$n' = n + b \cdot f + d$$

Schlussfolgerungen

Daher können bei einer linearen Abhängigkeit der Temperatur von der CO₂-Konzentration Temperatureffekte der Senken und Quellen nicht von Konzentrationseffekten unterschieden werden, beide gehen in die „effektive“ Absorptionskonstante a' und die Konstante der natürlichen Emissionen n' ein. Daher enthält das einfache lineare Quellen- und Senkenmodell sämtliche linearen Temperatureinflüsse.

Das erklärt die erstaunliche Unabhängigkeit des Modells von der globalen Temperaturerhöhung der letzten 70 Jahre.

Außerdem legt dieser Zusammenhang nahe, dass sich das Absorptionsverhalten der beiden atmosphärischen Senken auch in Zukunft nicht ändert.

Will man allerdings wissen, wie sich die Temperatur genau auf die Quellen und Senken auswirkt, müssen andere Datenquellen herangezogen werden. Für die Prognose künftiger CO₂-Konzentration aus anthropogenen Emissionen ist dieses Wissen aufgrund des gefundenen Zusammenhangs nicht notwendig, vorausgesetzt der lineare Zusammenhang zwischen Temperatur und CO₂-Konzentration bleibt uns noch eine Weile erhalten.