Ein einfaches Modell des atmosphärischen CO_2-Budgets

geschrieben von Chris Frey | 18. April 2019

Die residualen Auswirkungen großer Vulkanausbrüche (nicht im Modell enthalten) zeichnen sich eindeutig ab. Zwei interessante Ergebnisse sind Folgende: 1) das natürliche, in den Modellen implizit vorhandene Gleichgewichts-Niveau von CO_2 in der Atmosphäre beträgt etwa 295 ppm und nicht 265 oder 270 ppm wie oftmals angenommen, und 2) falls sich die CO_2-Emissionen stabilisieren und konstant auf dem Niveau des Jahres 2018 gehalten werden würden, dann würde sich die atmosphärische Konzentration eventuell bei nahe 500 ppm stabilisieren, selbst mit fortgesetzten Emissionen.

[Ende SUMMARY].

Eine E-Mail-Diskussion hinsichtlich der nicht-anthropogenen Quellen von CO_2 ließ mich ein einfaches Modell betrachten, um die Historie der CO_2-Messungen am Mauna Loa seit 1959 zu erklären. Dabei habe ich hier nicht die Absicht zu beweisen, dass irgendwelche natürlichen Quellen ursächlich für den jüngsten CO_2-Anstieg sind, glaube ich doch, dass es zumeist anthropogene Quellen sind. Stattdessen versuche ich zu ergründen, wie gut ein einfaches Modell den CO_2-Anstieg erklären kann und welche nützlichen Erkenntnisse aus einem solchen Modell abgeleitet werden können.

Das Modell verwendet die Schätzungen der jährlichen anthropogenen CO_2-Erzeugungsraten seit 1750 von Boden et al. (2017), aktualisiert bis 2018. Das Modell geht davon aus, dass die Rate, mit der CO_2 aus der Atmosphäre entfernt wird, proportional ist zum atmosphärischen Überschuss über einem bestimmten natürlichen „Gleichgewichts-Niveau“ der CO_2-Konzentration. Eine Tabellen-Kalkulation mit dem Modell findet sich hier.

Der vermutete jährliche CO_2-Eintrag in das Modell sieht so aus:

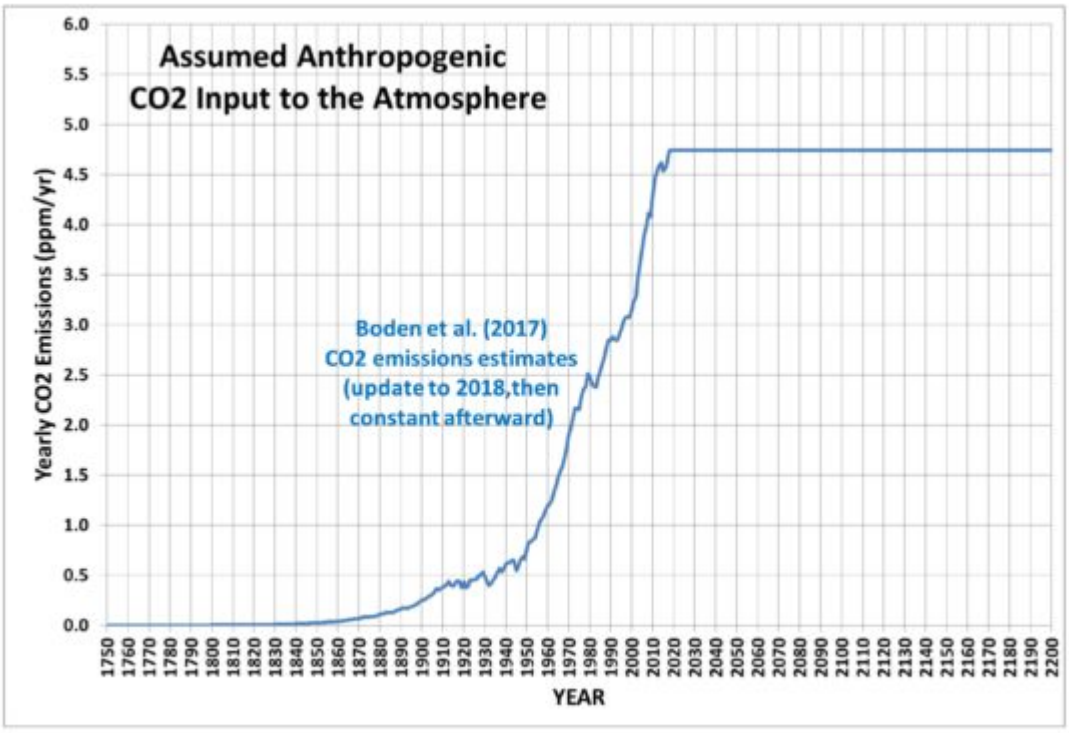

Abbildung 1: Vermuteter jährlicher CO_2-Eintrag in die Modell-Atmosphäre

Ich habe auch die Auswirkungen von El Nino und La Nina hinzugefügt, welche nach meiner Berechnung eine jährliche Änderung von 0,47 ppm CO_2 pro Einheit des *Multivariate ENSO Index (MEI)*-Wertes (Mittel von Mai bis April). Dies hilft, einige der Ausschläge in den Mauna Loa-Messungen zu erfassen.

Der resultierende *Fit* zu den Mauna Loa-Daten erforderte ein vermutetes „natürliches Gleichgewicht“ der CO_2-Konzentration von 295 ppm, was höher ist als das normalerweise angesetzte Niveau von 265 oder 270 ppm in vorindustrieller Zeit:

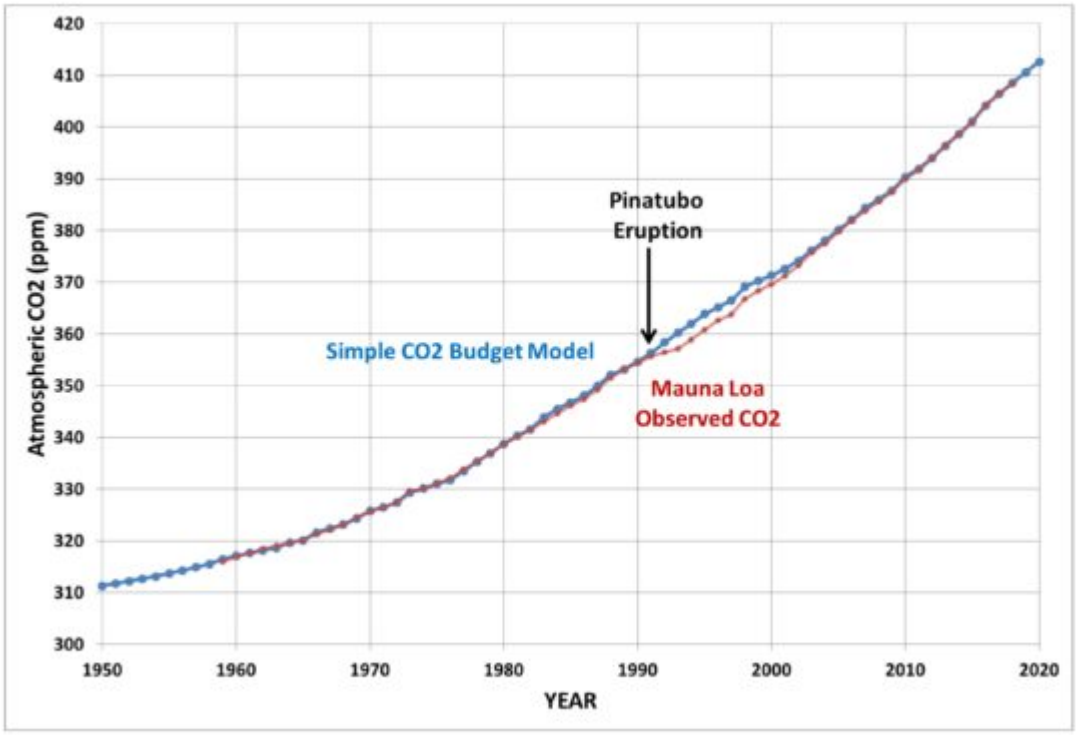

Abbildung 2: Einfaches Modell der atmosphärischen CO_2-Konzentration auf Grundlage der Schätzungen von Boden et al. (2017) der jährlichen anthropogenen Emissionen, eine natürliche El Nino/La Nina-Quelle/Senke nach dem *Fitting* von drei modell-freien Parametern.

Man beachte, wie gut selbst die geringen, von El nino und La Nina induzierten Änderungen abgebildet werden. Mit der Rolle von Vulkanen befasse ich mich später.

Die nächste Abbildung zeigt den gesamten Modellzeitraum seit 1750, verlängert bis zum Jahr 2200:

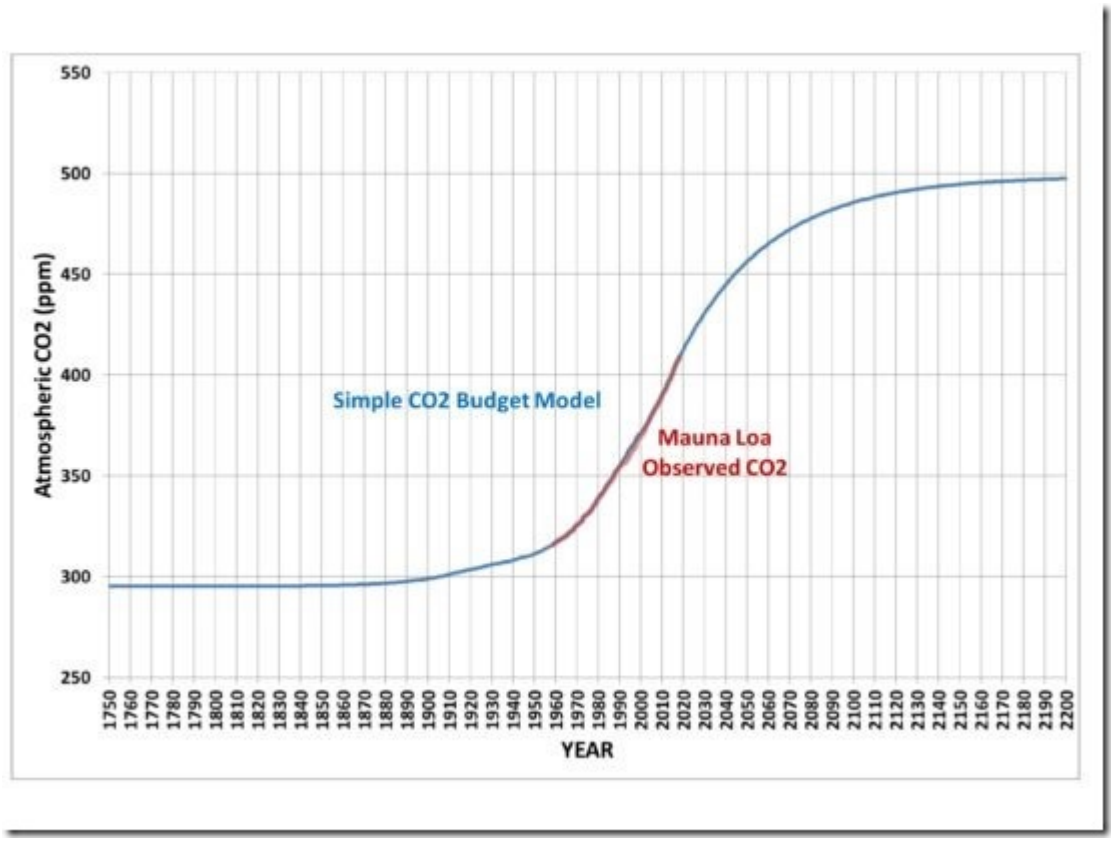

Abbildung 3: Wie in Abbildung 2, aber über den gesamten Modellzeitraum 1750 bis 2200

Man beachte, dass sich interessanterweise die atmosphärische Konzentration trotz fortgesetzter CO_2-Emissionen bei nahe 500 ppm stabilisiert. Dies ist die direkte Folge der Tatsache, dass die Mauna Loa-Messungen die Vermutung stützen, dass die Rate, mit welcher CO_2 aus der Atmosphäre entfernt wird, direkt proportional ist zu der Menge des „Überschuss“- CO_2 in der Atmosphäre über einem „natürlichen Gleichgewichts“-Niveau. Mit der Zunahme des CO_2-Gehaltes nimmt auch die Rate oder Entfernung zu, bis sie zur Rate des anthropogenen Eintrags passt.

Wir können auch die Entfernungsrate von CO_2 als einen Anteil der anthropogenen Quelle untersuchen. Wir wissen schon lange, dass nur die Hälfte dessen, was emittiert wird, in der Atmosphäre „auftaucht“ (was nicht das ist, was wirklich vor sich geht), und vor Jahrzehnten hat das IPCC vermutet, dass Biosphäre und Ozeane nicht das Überschuss-CO_2 mit einer derartig hohen Rate entfernen können. Aber tatsächlich ist es so, dass der Bruchteil der Rate der Entfernung *zugenommen* und ***nicht*** *abgenommen* hat. Und das einfache Modell bildet dies ab:

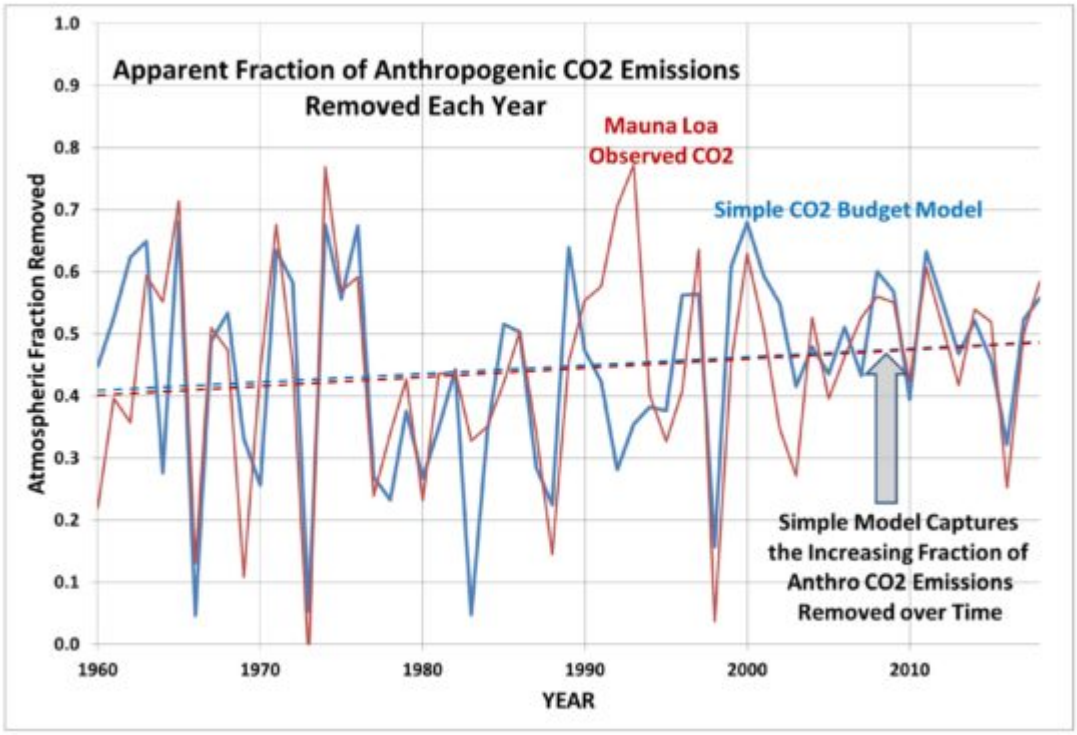

Abbildung 4: Rate der Entfernung atmosphärischen CO_2 als Anteil der anthropogenen Quelle, im Modell und in den Messungen.

Die Auf-und-Ab-Variationen in Abbildung 4 sind El Nino und La Nina-Ereignissen geschuldet (und Vulkanausbrüchen, die als Nächstes diskutiert werden).

Und zum Schluss eine Graphik, welche die Differenz zeigt zwischen dem Modell und den Mauna Loa-Messungen. Dabei werden die Auswirkungen von Vulkanen sichtbar. Nach einem großen Ausbruch wird die CO_2-Menge in der Atmosphäre gedrückt, entweder durch eine Abnahme der natürlichen Emissionen von der Oberfläche oder durch eine Zunahme des atmosphärischen Aufnehmens von CO_2 der Atmosphäre:

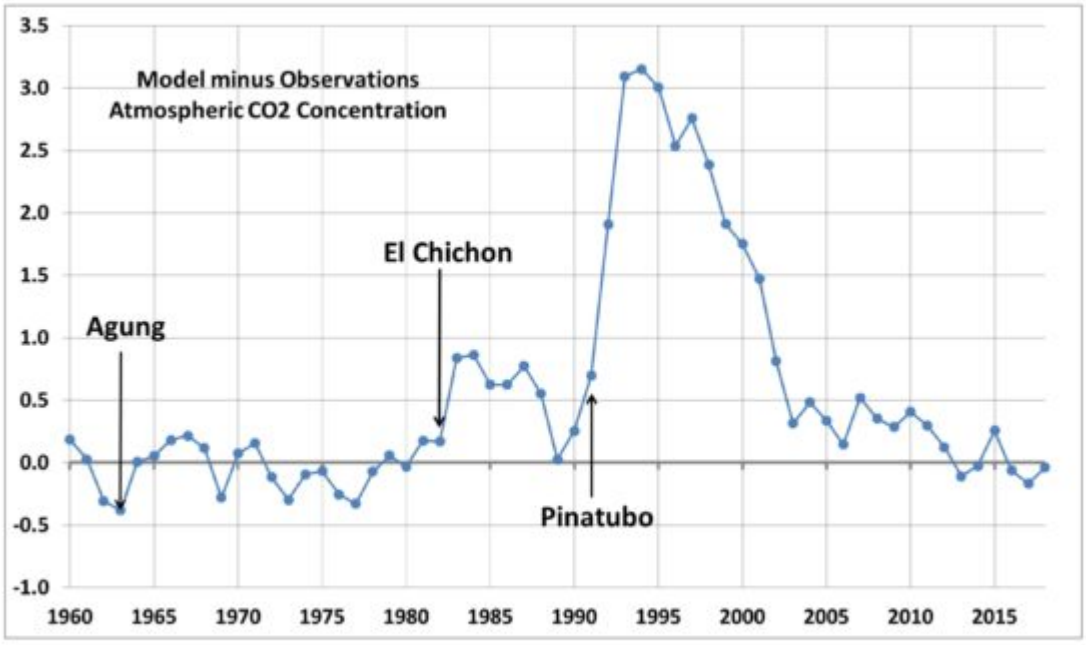

Abbildung 5: Einfaches Modell der jährlichen CO_2-Konzentrationen minus Mauna Loa-Messungen (ppm). Dies enthüllt die Auswirkungen von Vulkanen, welche nicht im Modell enthalten sind.

Was für mich erstaunlich ist: Ein Modell mit so einfachen, aber physikalisch sinnvollen Annahmen kann so genau die Mauna-Loa-Aufzeichnungen der CO_2-Konzentration abbilden. Ich gebe zu, kein Experte bzgl. des globalen Kohlenstoff-Zyklus‘ zu sein, aber die Mauna Loa-Daten scheinen die Vermutung zu stützen, dass für globale jährliche Mittelwerte an der Oberfläche eine *Gesamt*-Menge von CO_2 aus der Atmosphäre entfernt wird, welche direkt proportional ist zu wie stark die CO_2-Konzentration über 295 ppm steigt. Die biologischen und physikalischen ozeanographischen Gründe hierfür mögen komplex sein, aber das Ergebnis insgesamt scheint einer einfachen Relation zu folgen.

Link:
https://wattsupwiththat.com/2019/04/11/a-simple-model-of-the-atmospheric-co2-budget/

Übersetzt von Chris Frey EIKE