

Prüfung der Schätzungen des Global Carbon Project zu CO₂-Quellen und -Senken, 1959-2023

geschrieben von Chris Frey | 5. April 2025

[Dr. Roy Spencer](#), Ph. D.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte:

Durch die Auswahl der „besten“ Modelle und Schätzungen der CO₂-Flüsse (diejenigen, die die jährlichen Veränderungen des atmosphärischen CO₂-Gehalts am besten erklären, gemessen am Mauna Loa) für den Zeitraum 1959-2023, wie sie vom Global Carbon Project bereitgestellt wurden, eine multiple lineare Regression der jährlichen CO₂-Änderungen auf dem Mauna Loa gegen diese „besten“ Schätzungen der Quellen und Senken führt zu den folgenden Änderungen der „offiziellen“ Global Carbon Project-Schätzungen der Quellen und Senken, die zu dem beobachteten Anstieg des atmosphärischen CO₂ führen. (HINWEIS: Da es sich um eine statistische Untersuchung handelt, stellt dies keinen „Beweis“ dar... dies sind nur einige Bereiche, welche die Modellierer des Kohlenstoffbudgets bei der Überarbeitung ihrer Modelle berücksichtigen sollten):

1. *Die globalen anthropogenen CO₂-Emissionen scheinen um 30 % höher zu sein als angegeben (ich kann das nur schwer glauben... aber auch hier gilt: Statistiken sind nicht unbedingt ein Beweis).*
2. *Die CO₂-Senke an Land wurde im Durchschnitt um etwa 25% unterschätzt.*
3. *Die CO₂-Senke in den Ozeanen wurde um etwa 20% überschätzt (ich weiß nicht, ob die CO₂-Ausgasung darin enthalten ist).*
4. *Die CO₂-Quelle Landnutzung (vor allem Verbrennung von Biomasse) wurde um etwa den Faktor 2 überschätzt (sehr unsicher)*
5. *Die Zementkarbonisierungssenke wurde um etwa den Faktor 7 unterschätzt (sehr unsicher)*
6. *Es gibt eine verbleibende unbekannte CO₂-Senke, die im Zeitraum 1959-2023 im Durchschnitt 0,2 ppm/Jahr betrug (dies könnte nur ein Rest anderer statistischer Fehler sein).*

Hintergrund

Viele Forscher haben ihr ganzes Berufsleben damit verbracht, die verschiedenen globalen Quellen und Senken von atmosphärischem CO₂ zu schätzen. Die wichtigsten Nettoquellen sind die anthropogenen Emissionen (einschließlich der Zementherstellung) und die Landnutzung

(hauptsächlich die Verbrennung von Biomasse). Die wichtigsten CO₂-Senken sind der Boden (Vegetation und Bodenspeicherung), der Ozean (Durchmischung des „überschüssigen“ atmosphärischen CO₂ nach unten... die biologische Aufnahme ist noch weitgehend unbekannt) und die Zement-Karbonisierung (alter Zement absorbiert atmosphärisches CO₂).

Das Global Carbon Project (GCP) fasst in regelmäßigen Abständen verschiedene Schätzungen dieser Quellen und Senken zusammen und erstellt leicht zugängliche Tabellen mit diesen Daten. Ich vermute, dass das GCP aus politischer Opportunität (beleidigen Sie nicht Ihre Kollegen) (wie das IPCC bei den Klimamodellen) einfach praktisch alle Schätzungen der CO₂-Flüsse nimmt und sie zu einem Durchschnitt zusammenfasst, um eine einzige „beste“ Schätzung der spezifischen Flüsse auf jährlicher Basis zu erhalten. So werden beispielsweise die Ergebnisse von 20 (!) verschiedenen Landmodellen für die jährlichen Netto-CO₂-Flüsse in die Landoberfläche gemittelt (ich sage „in“, weil der derzeit um etwa 50 % über den vorindustriellen Werten liegende atmosphärische CO₂-Überschuss dazu führt, dass Land und Ozean Nettosenken für CO₂ sind).

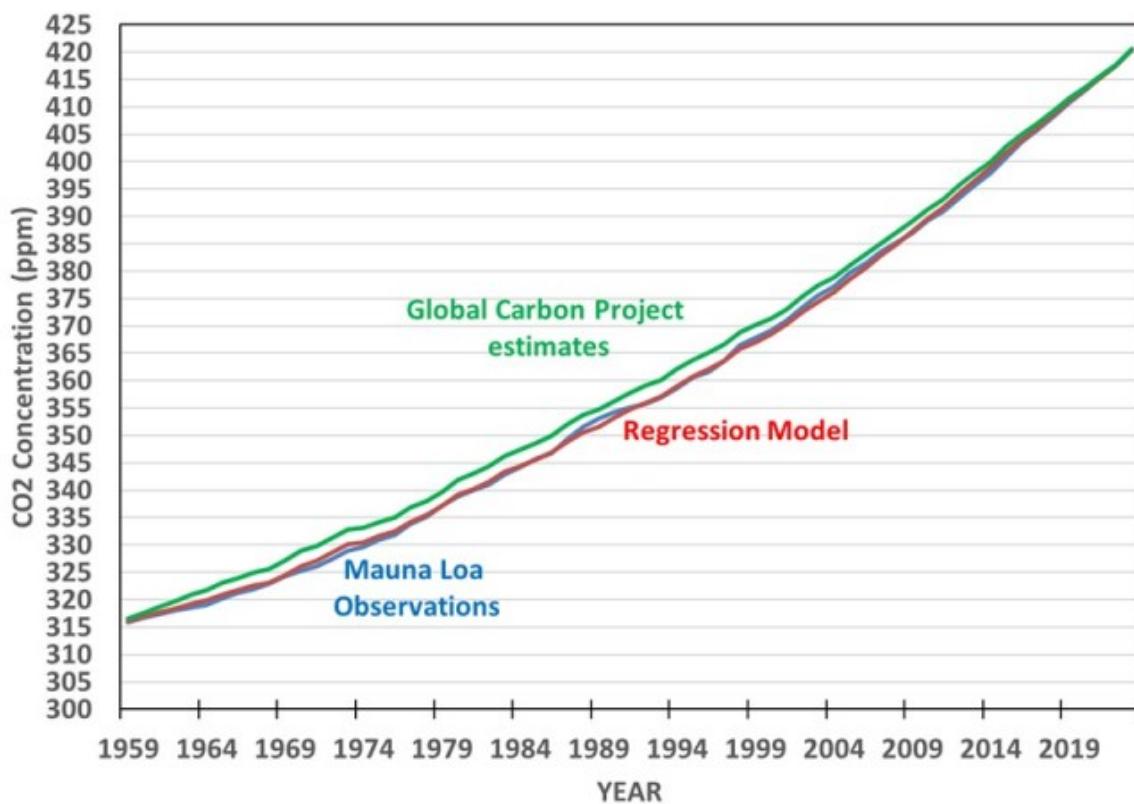
Was wurde gemacht?

Aber da ich nicht Teil der Forschungsgemeinschaft zum globalen Kohlenstoffbudget bin, kann ich mir aussuchen, welche Modelle und datenbasierten Schätzungen ich verwende. Einige dieser Modelle sind besser als andere geeignet, den jährlichen Anstieg des atmosphärischen CO₂ am Mauna Loa zu erklären, und ich werde hier eine Analyse unter Verwendung nur der besten Schätzungen vornehmen.

(Nun glauben einige Forscher, dass der Durchschnitt aller Schätzungen besser ist als die einzelnen Schätzungen. Ich glaube das nicht... und das sollten Sie auch nicht. Ein einfaches Beispiel: Man kann keine bessere Schätzung von etwas machen, indem man eine gute Schätzung mit einer schlechten Schätzung mittelt.)

Ich habe also untersucht, wie gut jede einzelne Modellschätzung (oder manchmal auch eine Beobachtungsschätzung) dazu beiträgt, den jährlichen CO₂-Anstieg am Mauna Loa zu erklären. Dann wählte ich die besten aus und bildete einen Mittelwert aus ihnen. Dann habe ich die jährlichen CO₂-Änderungen am Mauna Loa mit diesen Durchschnittswerten regressiert. Wie Abb. 1 zeigt, führt dies zu einer viel besseren Schätzung der CO₂-Aufzeichnung auf dem Mauna Loa als die GCP-Schätzungen der CO₂-Flüsse auf der Grundlage aller verfügbaren Schätzungen aus verschiedenen Quellen.

Mauna Loa CO₂-- Observations vs. Carbon Budget Estimates (1959-2023)



Fairerweise muss man sagen, dass ein Teil dieser besseren Übereinstimmung auf die statistische Regression zurückzuführen ist. Die GCP-Schätzungen verwenden (in bewundernswerter Weise) alle verfügbaren Schätzungen, die auf physikalischen und parametrischen Daten beruhen, und prüfen dann, wie gut die Ergebnisse mit den Mauna-Loa-Daten übereinstimmen. Und sie nehmen sogar die jährlichen „Residuen“ in ihre Tabelle auf, um zu zeigen, wie gut (oder wie schlecht) die Modelle mit den Daten übereinstimmen. Hut ab.

Ich habe jedoch die besten Modelle und Schätzungen verwendet und dann eine multiple lineare Regression eingesetzt, um zu sehen, wie gut die Daten an die Mauna Loa-Beobachtungen angepasst werden können. Auch hier stehen die jährlichen Veränderungen der beobachteten CO₂-Konzentrationen in statistischem Zusammenhang mit den CO₂-Quellen und -Senken, die aus (1) anthropogenen Emissionen, (2) Emissionen aus der Landnutzung, (3) der Aufnahme durch die Landvegetation und den Boden, (4) der Aufnahme durch den Ozean und (5) der Zement-Karbonisierung (alter Zement entzieht der Atmosphäre CO₂) stammen.

Die Ergebnisse ergeben eine durch das Regressionsmodell erklärte Gesamtvarianz von 81 %. Die Regressionskoeffizienten geben Aufschluss darüber, ob die einzelnen CO₂-Budgetterme (Quellen und Senken von CO₂) unter- oder überschätzt wurden. Sind die Terme gleich +1 (für Quellen) oder -1 (für Senken), dann sind die Modellschätzungen der jährlichen

CO_2 -Quellen und -Senken (im Durchschnitt) unverzerrt in ihrer Erklärung der jährlichen CO_2 -Veränderungen am Mauna Loa.

Ich betone nochmals, dass solche statistischen Ergebnisse irreführend sein können. Fehler im Regressionskoeffizienten eines Terms können zu Fehlern in den Koeffizienten anderer Terme führen. Aber die Regressionsanalyse kann manchmal auch Erkenntnisse darüber liefern, was in der Physik möglicherweise fehlt. In den 40 Jahren, in denen ich solche Berechnungen durchführe, habe ich beides erlebt.

Hier die Ergebnisse:

Globale anthropogene Emissionen: Koeffizient = 1,3 (+/-0,22) Dies bedeutet, dass die anthropogenen Emissionen um etwa 30 % unterschätzt wurden. Ich kann das nur schwer glauben. Der Energieverbrauch ist ziemlich gut bekannt. Vielleicht wurde die Quelle der Zementherstellung unterschätzt?

Globale Landnutzung: Koeffizient = 0,43 (+/-0,45) Dies deutet darauf hin, dass die Emissionen aus der Landnutzung überschätzt wurden (aber die Unsicherheit des Koeffizienten ist groß). Wenn ein Begriff nur wenig bekannt ist, ergibt sich aufgrund des Effekts der „Regression zum Mittelwert“ ein niedrigerer Koeffizient. Dieses Ergebnis legt mir nahe, dass die jährliche Landnutzung als CO_2 -Quelle sehr unsicher bleibt.

Globale Landsenke: Koeffizient = -1,26 (+/-0,16). Dies deutet darauf hin, dass die Landsenke (hauptsächlich die Vegetation) um etwa 25 % unterschätzt wurde. Der Fehler beim Koeffizienten ist ziemlich klein, daher halte ich dieses Ergebnis für signifikant.

Globale Ozean-Senke: Koeffizient = -0,80 (+/- 0,49) Dies deutet darauf hin, dass die Ozeansenke um etwa 20 % überschätzt wurde (allerdings mit ziemlich großer Unsicherheit). Ich habe nicht geprüft, ob diese Ozeanmodelle die CO_2 -Ausgasung bei steigender Temperatur berücksichtigen (ein kleiner Effekt). Ich bin nicht davon überzeugt, dass dieser Koeffizient signifikant von 1,0 abweicht, was der Fall wäre, wenn die Modelle bei ihren Schätzungen der Ozeansenke unvoreingenommen sind.

Zement-Karbonisierungssenke: (-7,3 +/-4,9) Dies deutet darauf hin, dass die CO_2 -Aufnahme durch alten Zement stark unterschätzt wurde (allerdings mit großer Unsicherheit). Dies ist eine überraschend große Zahl, und ich weiß nicht, was ich davon halten soll.

Ich bin von den meisten dieser Schlussfolgerungen nicht überzeugt, außer vielleicht, dass die CO_2 -Senke der Vegetation von den Modellen unterschätzt wird. Es wurden kürzlich Arbeiten veröffentlicht, in denen festgestellt wurde, dass einige Prozesse der Vegetationsaufnahme von den Modellen unterschätzt wurden.

Interessant ist auch, dass die globale anthropogene Emissionsquelle unterschätzt wird. Der Koeffizient von 1,3, der größer als 1 ist, ist

das Gegenteil von dem, was wir bei einer Regression erhalten würden, wenn die jährlichen anthropogenen Emissionsschätzungen schlecht wären. Ich bin also geneigt zu glauben, dass dies real ist.

Wie auch immer, dies war eine schnelle und einfache Übung. Vielleicht 4 Stunden meiner Zeit. Sie können selbst auf die [GCP-Datentabelle](#) zugreifen.

P.S. Ich bin sicher, dass jemand nach der Hinzufügung verschiedener natürlicher Faktoren fragen wird: zum Beispiel die globale Temperatur (Land und/oder Ozean). Ja, das kann man machen.

Link:

[https://wattsupwiththat.com/2025/03/30/examining-the-global-carbon-projects-estimates-of-CO₂-sources-and-sinks-1959-2023/](https://wattsupwiththat.com/2025/03/30/examining-the-global-carbon-projects-estimates-of-CO2-sources-and-sinks-1959-2023/)

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE