Feeling The Bern – noch ein CO2-Modell

geschrieben von Chris Frey | 17. Februar 2022

[Willis Eschenbach]

Vor einem Jahrzehnt schrieb ich einen Beitrag mit dem Titel „*The Bern Model Puzzle*“. Er bezog sich auf die folgende Frage:

Angenommen, wir haben einen relativ stabilen Zustand, in dem der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre weder steigt noch fällt – so wie die Situation um das Jahr 1400 in den untenstehenden Daten:

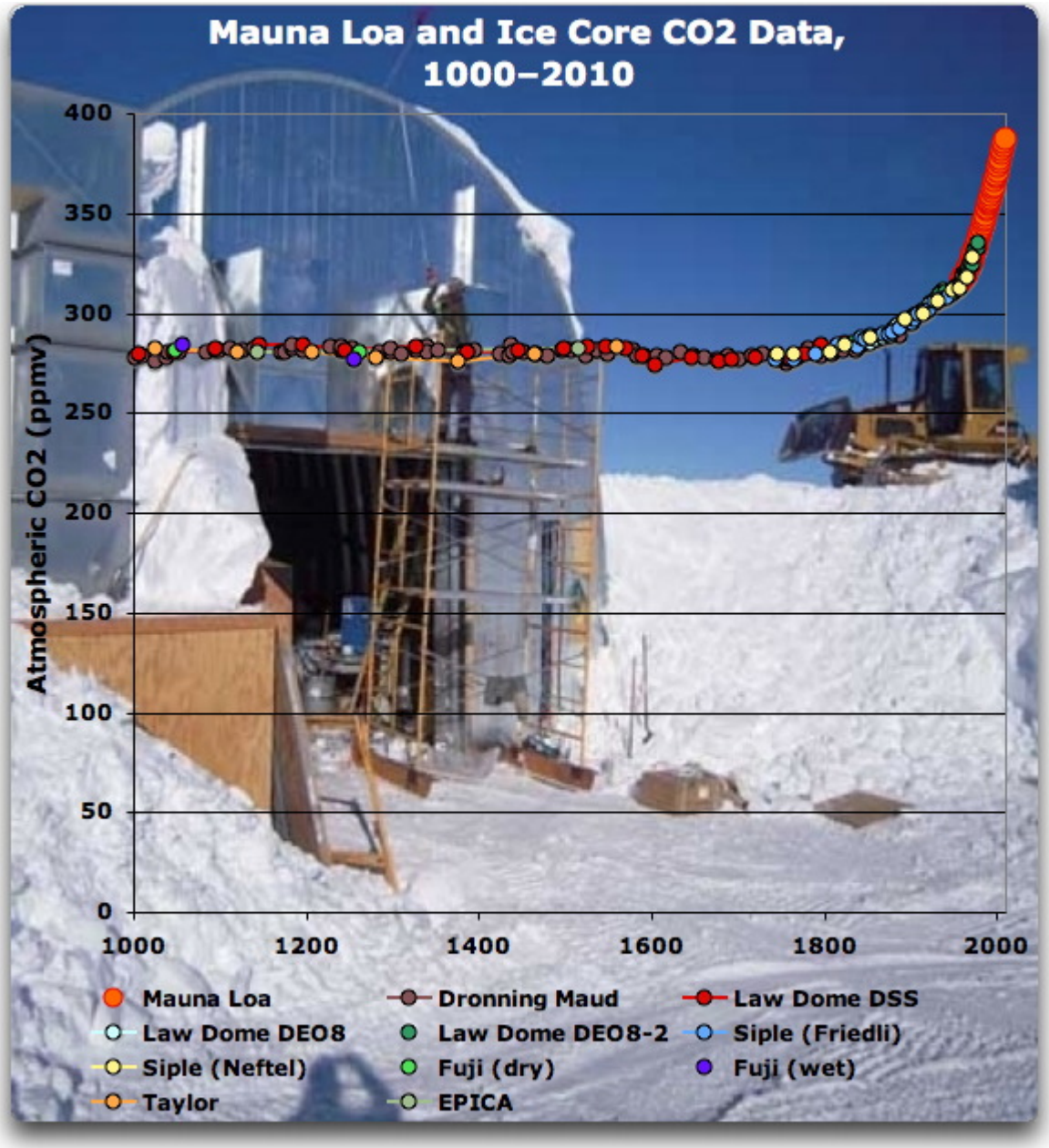


Abbildung 1. Historische CO2-Werte in der Luft von 1000 n. Chr. bis heute, aus 10 Eisbohrkernen und seit 1959 aus Messungen des Mauna Loa Observatory (orange). Die Einheiten sind Teile pro Million Volumenprozent (ppmv) der Atmosphäre.

Nehmen wir nun an, dass während dieser Zeit ein Vulkan ausbricht und das in die Atmosphäre entlässt, was wir früher als eine „metrische Ladung CO_2“ bezeichnet haben. Im Laufe der Zeit wird dieser CO_2-Impuls von einer Reihe von Senken an Land und in den Ozeanen absorbiert, und der Status quo ante des atmosphärischen CO_2 wird wieder auf den Stand vor dem Ausbruch gebracht.

Das „Berner Modell“ ist ein Modell, das vom IPCC und verschiedenen Klimamodellen verwendet wird. Es gibt vor zu berechnen, wie lange es dauert, bis dieser CO_2-Impuls von den natürlichen Senken wieder aufgenommen wird. Und genau hier wird es merkwürdig.

Zunächst einmal besagt das Berner Modell, dass 15,2 % dieses CO_2-Impulses für immer in der Luft bleiben werden. Nicht 15% des Impulses, wohlgemerkt … 15,2%.

Ich habe noch nie jemanden gefunden, der mir das erklären kann. Wenn das wahr wäre, würde jeder Vulkanausbruch zu einem neuen und höheren dauerhaften CO2-Gehalt in der Luft führen … aber aus Abbildung 1 geht hervor, dass das einfach nicht passiert.

Ein weiterer Beweis dafür, dass die erste Behauptung des Berner Modells falsch ist, ist die jährliche Schwankung der CO_2-Werte. Von einem Tiefpunkt um den Oktober bis zu einem Höhepunkt um den Mai eines jeden Jahres gibt es einen kurzen, scharfen natürlichen CO_2-Impuls, der zu einem Anstieg des CO_2-Gehalts um etwa 6 Teile pro Million Volumenprozent (ppmv) führt. Diesem Anstieg steht eine gleich hohe CO_2-Speicherung in natürlichen Senken gegenüber, so dass im darauffolgenden Oktober das vorherige CO_2-Niveau wieder erreicht ist. Wäre dies nicht der Fall, würde der CO_2-Gehalt seit jeher jedes Jahr steigen.

Und während des gleichen siebenmonatigen Zeitraums stoßen wir derzeit einen Impuls aus, der genug CO_2 enthält, um zu einem Anstieg des CO_2-Gehalts von etwa 1,3 ppmv zu führen.

Das Berner Modell besagt, dass 15,2 % des anthropogenen CO_2-Impulses von 1,3 ppmv für immer in der Luft bleiben … aber der ~ 6 ppmv-Impuls ist sehr schnell verschwunden. Wie kann die Natur also den Unterschied erkennen?

Aber das ist nur der Anfang der Merkwürdigkeit. Es wird noch merkwürdiger. Das Berner Modell besagt, dass:

- 25,3 % des CO_2-Impulses fallen mit einer Rate von 0,58 % pro Jahr wieder auf den vorherigen stationären Zustand zurück

● weitere 27,9 % des Impulses zerfallen mit 5,4 % pro Jahr, und

● die letzten 31,6 % des Impulses fallen mit 32,2 % pro Jahr auf den stationären Zustand zurück.

Dies führt mich zu dem gleichen Problem. Wie kann die Natur den Unterschied erkennen? Wie wird das CO_2 in der Natur aufgeteilt? Was verhindert, dass das CO_2, das sich noch in der Luft befindet, von den schnell wirkenden CO_2-Senken gebunden wird?

Es gibt jedoch ein grundlegenderes Problem: Das Berner Modell bildet die Realität einfach nicht gut ab. Wir haben relativ gute Informationen über die CO_2-Emissionen seit 1850, die von *Our World In Data* zur Verfügung gestellt werden. Und wir haben relativ gute Informationen über die CO_2-Konzentrationen in der Luft seit 1850 aus Eisbohrkernen und vom Mauna Loa, wie in Abbildung 2 dargestellt:

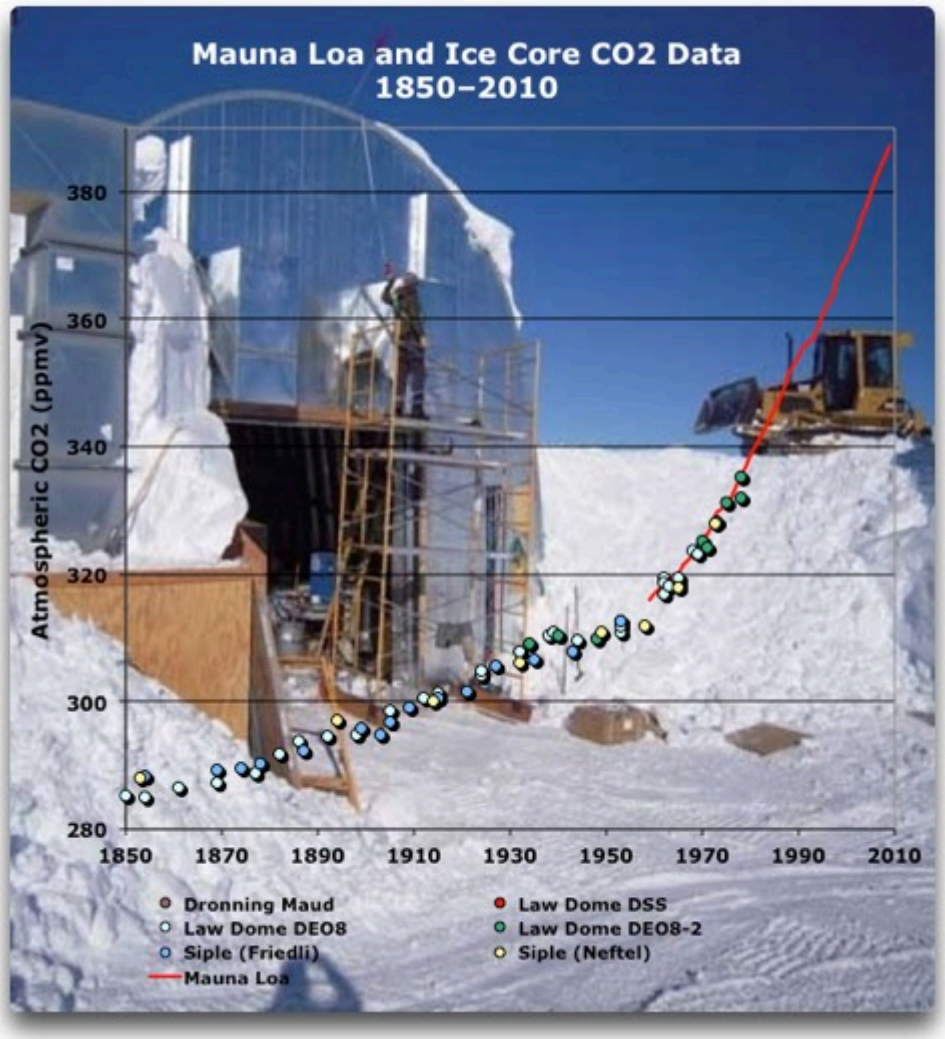


Abbildung 2. Historische CO2-Werte in der Luft von 1850 n. Chr. bis heute, aus 10 Eisbohrkernen und seit 1959 aus

Messungen des Mauna Loa Observatoriums (orange). Die Einheiten sind Teile pro Million Volumenprozent (ppmv) der Atmosphäre.

Daher wollte ich einen Blick auf das Berner Modell werfen, um zu sehen, wie gut es den CO_2-Gehalt der Luft seit 1850 anhand der Emissionen seit 1850 vorhersagen kann. Die Gleichung für die Berechnung findet sich in der UNFCCC-Studie „Parameters for tuning a simple carbon cycle model“ und ist auch in den Fußnoten zu finden … schlechte Nachrichten.

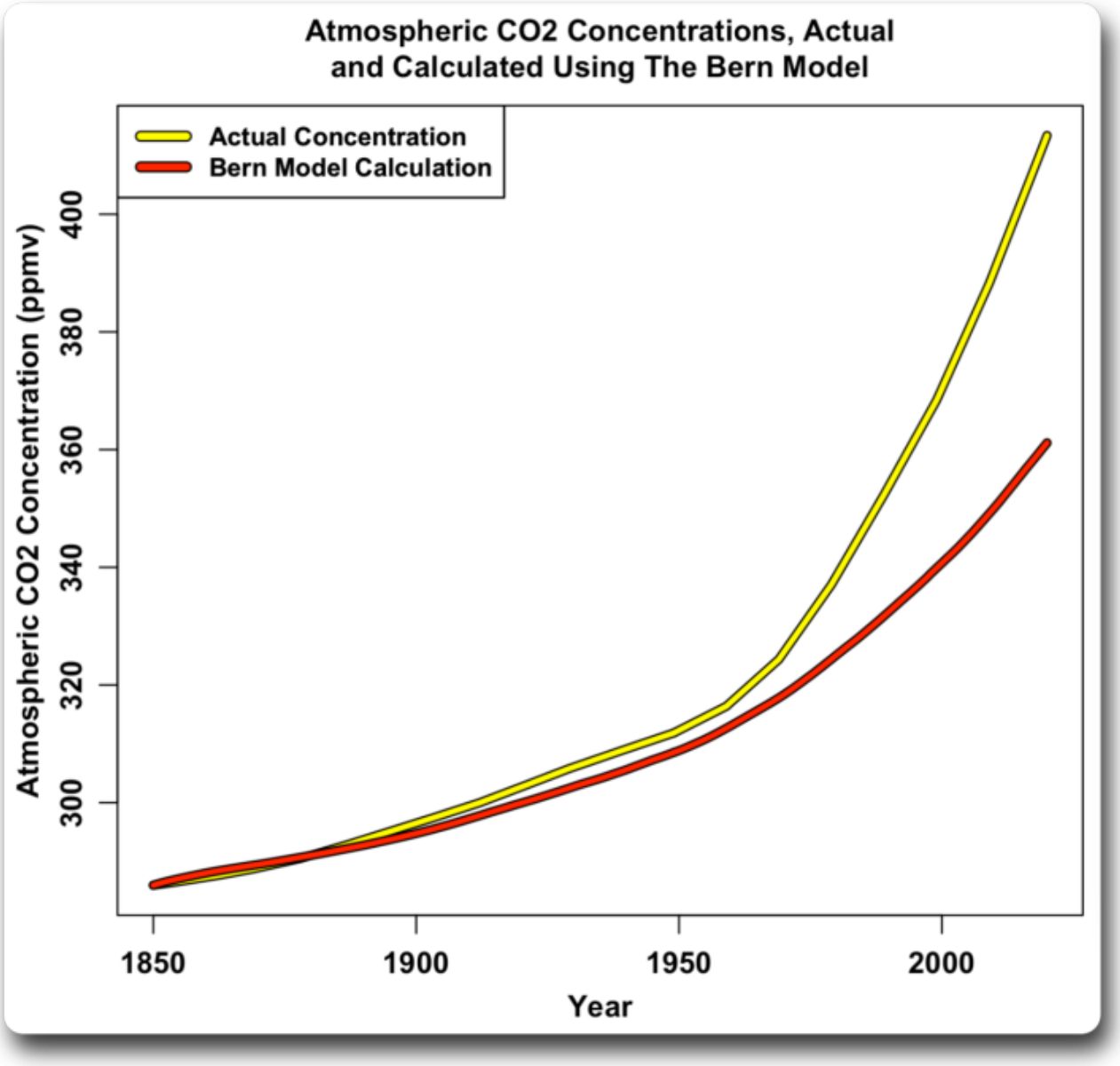


Abbildung 3. Tatsächliche atmosphärische CO2-Werte und Werte nach dem Berner Modell

No bueno … die Tatsache, dass die Ergebnisse des Berner Modells so viel geringer ausfallen, deutet darauf hin, dass es einen Großteil des

Effekts fälschlicherweise weit in die Zukunft verlagert.

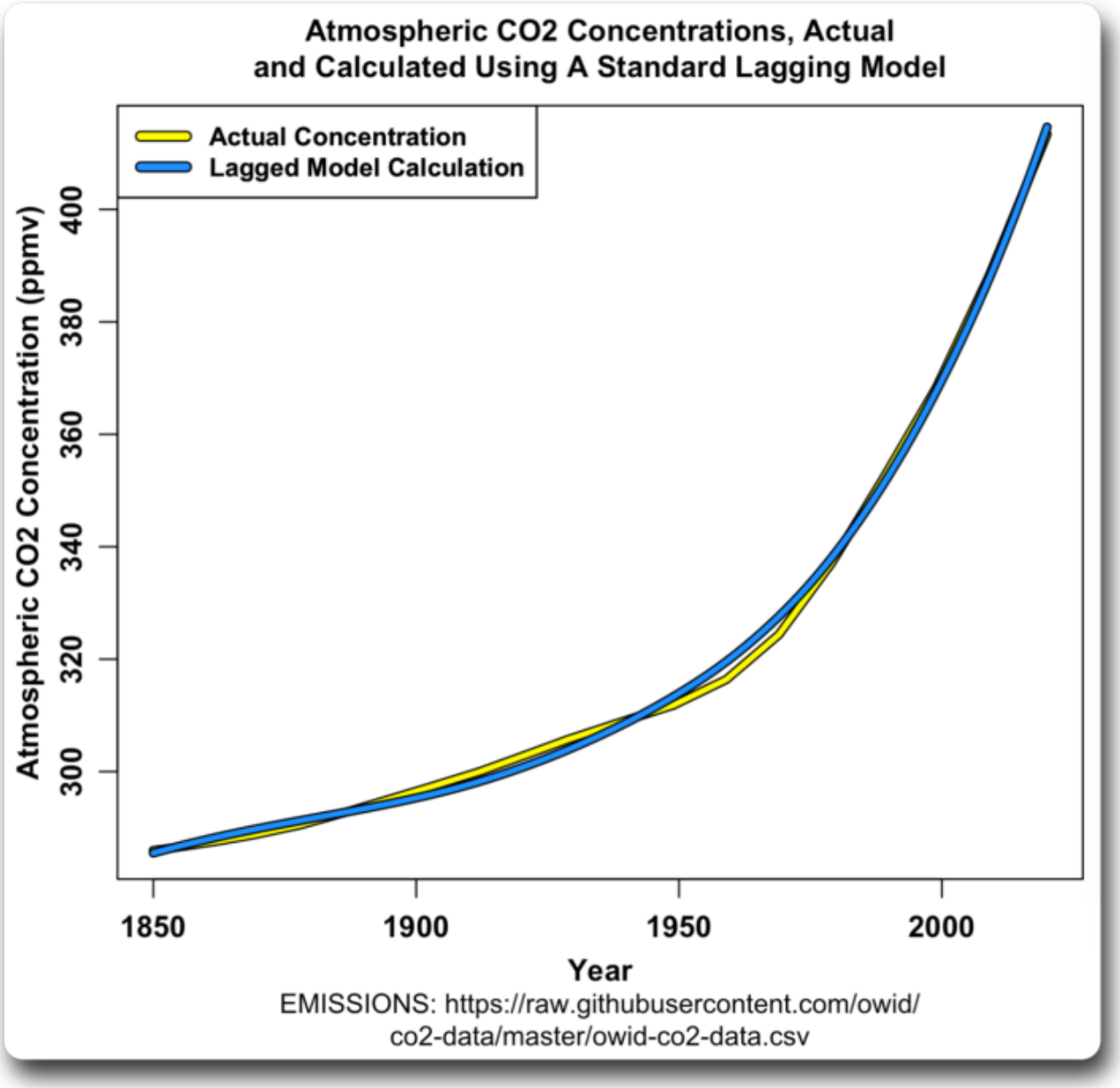
Gibt es also einen besseren Weg? Nun, ja. Der bessere Weg ist die Verwendung der Standard-Verzögerungsformel:

$$CO_2(t+1) = CO_2(t) + \lambda \, \Delta E(t) * (1 - \exp(-1 / \tau) + CO_2(t) \exp(-1 / \tau)$$

Darin:

- t = Zeit
- E(t) = Emissionen zur Zeit t
- $CO_2(t)$ = CO_2-Konzentration zur Zeit t
- λ = 0,47 (Umwandlung von Emissionen in ppmv)
- Δ = Differenz zum vorherigen Wert; Beispiel: $\Delta CO_2(t) = CO_2(t) - CO_2(t-1)$
- τ = tau, die Zeitkonstante für die Abnahme

Mit dieser Gleichung finde ich einen konstanten *tau*-Wert von ~49 Jahren. Das Ergebnis dieser Berechnung sieht so aus:



Damit liegt die Halbwertszeit eines CO_2-Impulses in die Atmosphäre bei etwa 34 Jahren …

Das sind meine Fragen und Beobachtungen zum Berner Modell. Ich habe die Berechnungen und Daten hier in einer Tabelle zusammengestellt.

Die Gleichung: Wie versprochen …

$$\rho_{CO_2}(t) = C_{CO_2} \int_{-\infty}^{t} E_{CO_2}(t') \cdot \left[f_{co_2,0} + \sum_{S=1}^{n} f_{co_2,S} \cdot e^{\left(-\frac{t-t'}{\tau_{CO_2,S}} \right)} \right] dt'$$

f

r = concentration

C_{CO2} = constant (approximately 0.47 ppmv/GtC, but use this parameter to fine tune your results)

E_{CO2} = emissions of CO_2

$t_{CO2,S}$ = atmospheric exponential decay time of the s^{th} fraction of the additional concentration (171.0, 18.0 and 2.57 years)

$f_{CO2,0}$ = first fraction (0.152)

$f_{CO2,S}$ = respective fractions (0.253, 0.279 and 0.316)

Link: https://wattsupwiththat.com/2022/02/15/feeling-the-bern/

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE