

Warum steigt die CO₂-Konzentration?

geschrieben von Chris Frey | 27. April 2022

Frans Schrijver, Klimaatfeiten.nl

In der Gesellschaft herrscht allgemein die Auffassung, dass die menschlichen CO₂-Emissionen die alles bestimmende Ursache für den Anstieg der Konzentration in der Atmosphäre sind. Die meisten Wissenschaftler und sogar viele Klimaskeptiker stellen dies nicht in Frage. Es gibt zwar eine Debatte darüber, wie lange dieses zusätzliche CO₂ in der Atmosphäre verbleibt, aber das ist auch schon alles. Das ist bemerkenswert, denn mehrere Wissenschaftler haben sich ausführlich mit den Mängeln und Ungereimtheiten dieser Darstellung befasst. Wenn man sich den signifikanten Anstieg der CO₂-Ströme von und zu Land und Meer ansieht, ist es in der Tat einfach zu erkennen, dass der CO₂-Anstieg größtenteils auf natürliche Ursachen zurückzuführen ist.

Die Vorstellung, dass das vom Menschen verursachte CO₂ die alles bestimmende Ursache für die erhöhte Konzentration ist, beruht auf der Annahme, dass die natürlichen Zu- und Abflüsse immer und genau im Gleichgewicht zueinander stehen. Ausgehend von diesem perfekten Gleichgewichtsdenken verursachen die menschlichen Emissionen, auch wenn sie relativ gering sind, Jahr für Jahr eine Störung. Im so genannten *globalen Kohlenstoffbudget* [2] kommen jedes Jahr etwa 10 PgC CO₂ hinzu, während der Absorptionsfluss nur um 6 PgC/Jahr zugenommen hat (1 Petagramm = 1 Gigaton = 1 Milliarde Tonnen). Die Konzentration steigt also unaufhörlich weiter, solange die Menschen CO₂ emittieren.

Zur Unterstützung dieses Gedankens wird auch angenommen, dass sich die menschlichen Emissionen in der Atmosphäre anreichern. Wo man für ein Reservoir mit Zu- und Abflüssen eine einzige Verweilzeit erwarten würde, rechnen die IPCC-Modelle mit einer kleinen Verweilzeit von etwa 4 Jahren für natürliches CO₂ und einer großen für menschliches CO₂: „*Die Entfernung des gesamten vom Menschen emittierten CO₂ aus der Atmosphäre durch natürliche Prozesse wird einige hunderttausend Jahre dauern (hohes Vertrauen)*“.

Mehrere Wissenschaftler, darunter Murray Salby [9] und Hermann Harde [3], haben sich ausführlich mit den Mängeln und Ungereimtheiten dieser Darstellung befasst. Sie haben auch gezeigt, dass es sehr unlogisch ist zu glauben, dass ein leichter Anstieg des Aufwärtsflusses nicht durch einen größeren Abwärtsfluss ausgeglichen werden kann. Das ist so, als würde man den Wärmeenergiefluss in einem Haus um 5 % erhöhen und erwarten, dass die Temperatur immer weiter steigt.

Trotzdem hält sich der Glaube an das Modell des IPCC für den Konzentrationsanstieg hartnäckig. In diesem Artikel werden wir uns auf eine der seltsamsten Annahmen konzentrieren: die Vorstellung, dass die

Zu- und Abflüsse stabil sind und sich in einem perfekten Gleichgewicht befinden. Obwohl sie etwa 20-mal größer sind als die anthropogenen Flüsse und unterschiedliche Triebkräfte für Auf- und Abwärtsbewegungen haben, werden die natürlichen Flüsse nicht in die in den Modellen verwendete Materialbilanz einbezogen.

Es ist in der Tat leicht zu erkennen, dass der Anstieg der CO₂-Konzentration größtenteils das Ergebnis natürlicher Veränderungen ist, und zwar aufgrund der folgenden eindeutigen Beobachtungen.

1. Die Ströme zu und von Land und Meer haben seit 1750 erheblich zugenommen.
2. Der Anstieg dieser Ströme ist natürlich, d.h. nicht auf menschliche Emissionen zurückzuführen.
3. Die Zunahme der natürlichen Flüsse kann nur bei einer höheren Konzentration in der Atmosphäre stattfinden.

1. Die natürlichen Flüsse haben seit 1750 zugenommen

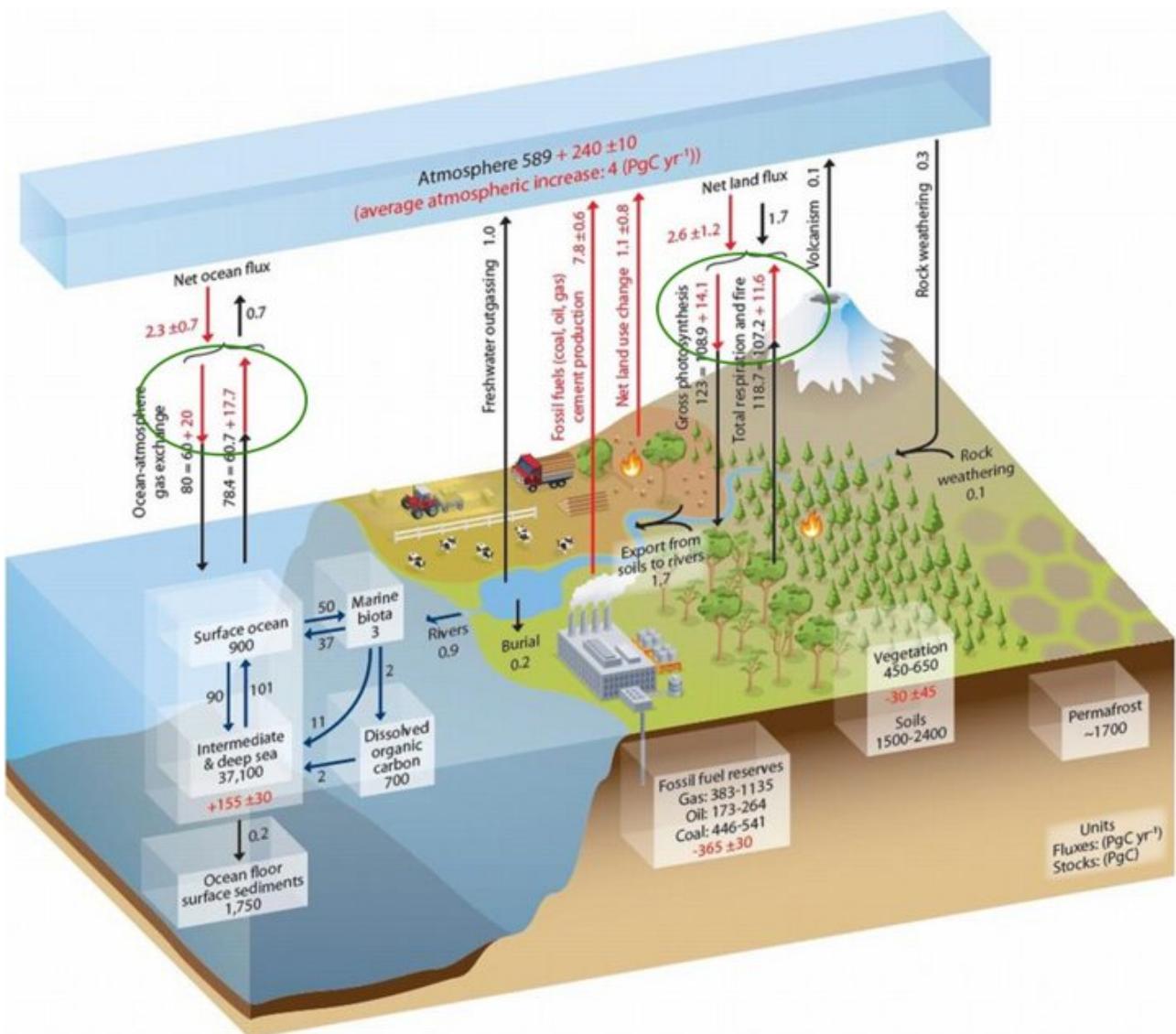


Figure 1: CO₂-flows and their changes since 1750. IPCC-AR5 figure 6.1, page 471

Aus dem AR5-Bericht des IPCC[6] geht eindeutig hervor, dass die natürlichen Flüsse vom und zum Land und Meer zugenommen haben. Wir können dies in der bekannten Abbildung 6.1 des AR5-Berichts sehen. In dieser Abbildung (Abbildung 1) ist zu sehen, dass die gesamten menschlichen Emissionen fast 10 PgC/Jahr betragen. Die natürlichen Flüsse sind viel größer. In und aus dem Meer sind es etwa 80 PgC/Jahr, in und aus dem Land etwa 120 PgC/Jahr.

Die Tatsache, dass diese natürlichen Flüsse seit 1750 erheblich zugenommen haben, ist in der Abbildung an der Farbe der Pfeile zu erkennen. Die schwarzen Pfeile zeigen die ursprüngliche Gleichgewichtssituation, wie sie 1750 herrschte. Die roten Pfeile zeigen die neuen Ströme bzw. die Veränderungen seit dieser Zeit an. Die Emissionen aus den Ozeanen haben um 17,7 PgC/Jahr zugenommen, die Emissionen vom Land um 11,6 PgC/Jahr, so dass sie sich insgesamt auf fast 30 PgC/Jahr belaufen. Die natürlichen Abwärtsflüsse haben sogar noch etwas stärker zugenommen.

Stellt man die wichtigen Ströme horizontal und im richtigen Verhältnis dar, ergibt sich folgendes vereinfachtes Bild (Abbildung 2).

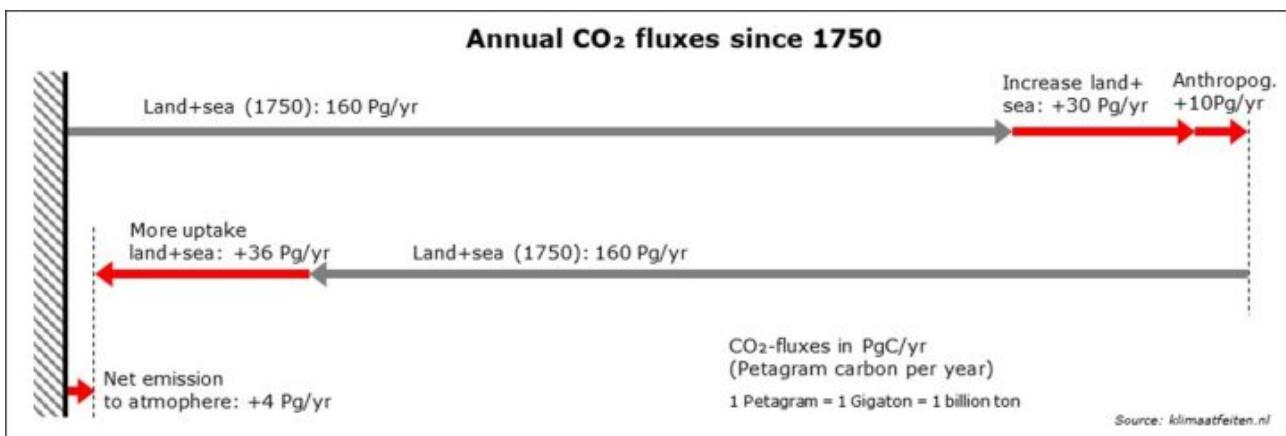


Figure 2: Simplified diagram of the most important CO₂-fluxes in the atmosphere, based on IPCC-AR5.

Es ist nun auf einen Blick ersichtlich, dass die natürlichen Emissionen um den Faktor 3 stärker gestiegen sind als die menschlichen Emissionen. Wir sehen auch, dass die natürliche Absorption zugenommen hat, jedoch weniger als für das Gleichgewicht erforderlich ist. Damit verbleibt ein Nettoanstieg von etwa 4 PgC/Jahr in der Atmosphäre.

Der Anstieg der CO₂-Flüsse ist natürlich.

Die zweite Frage, die es zu beantworten gilt, ist die nach der Ursache dieses Anstiegs: Handelt es sich um eine natürliche Veränderung der Ströme oder ist sie das Ergebnis menschlichen Einflusses?

Ozeane

Das Henry'sche Gesetz spielt eine zentrale Rolle bei den Zu- und Abflüssen aus dem Meer. Dieses Gesetz besagt, dass die Menge des gelösten Gases in einer Flüssigkeit direkt proportional zur Konzentration des Gases ist. Bei einer hohen CO₂-Konzentration in der Luft nimmt das Wasser mehr CO₂ auf; bei einer niedrigen Konzentration ist die Aufnahme geringer. Darüber hinaus hängt das Verhältnis von der Temperatur ab. Bei einer niedrigen Temperatur kann Wasser eine relativ große Menge CO₂ enthalten, bei einer hohen Temperatur weniger (warmes Bier enthält weniger Kohlensäure als kaltes Bier).

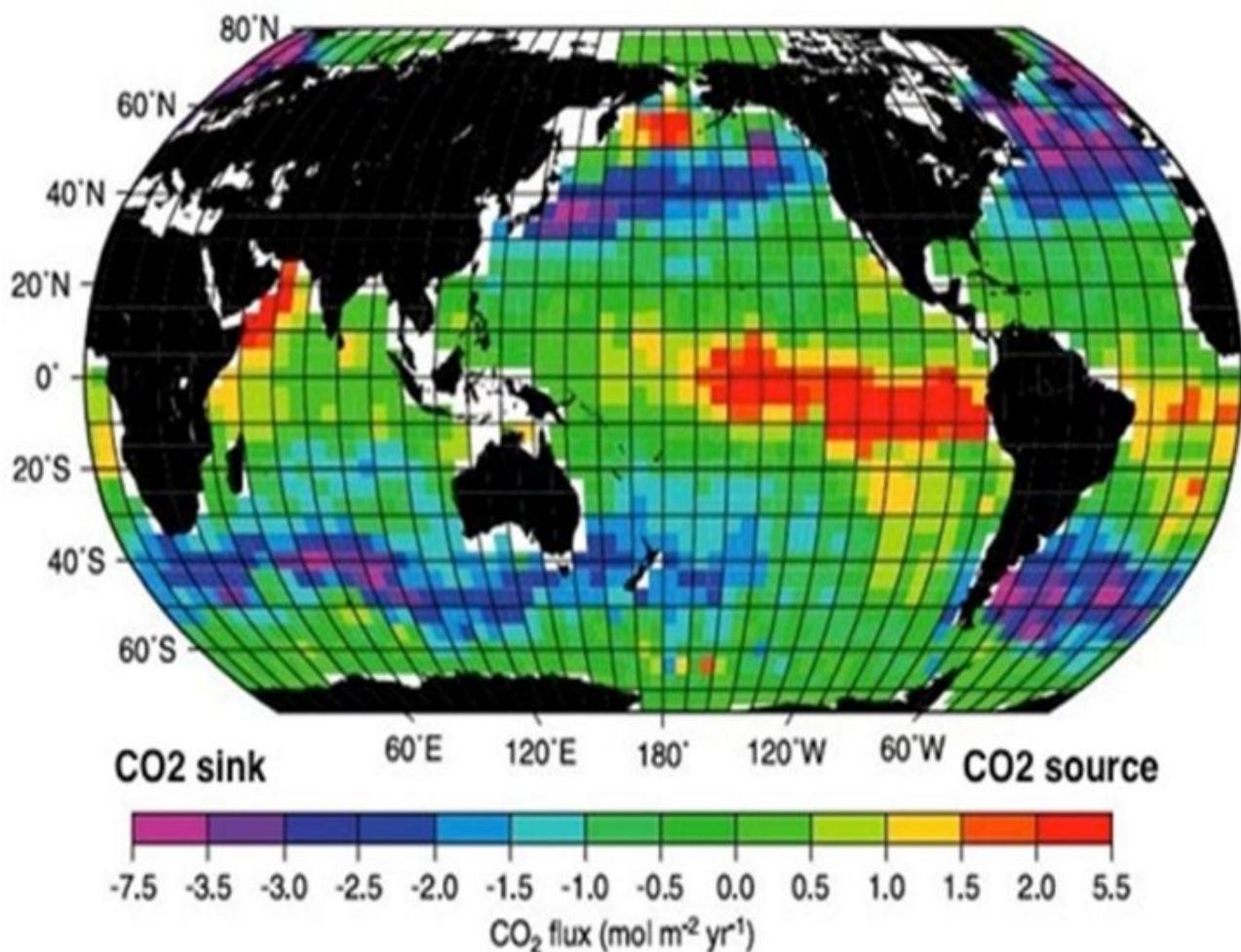


Figure 3: Map of total sea-air CO2 flux (NOAA^[10])

Das bedeutet, dass die Temperatur einen direkten Einfluss auf die Emissionen des Ozeans hat. Eine hohe Temperatur bedeutet mehr Emission und weniger Absorption, eine niedrige Temperatur genau das Gegenteil. Wir wissen, dass die globale Temperatur seit 1750 um etwa 1 °C gestiegen ist. Die Frage ist: Wie groß ist dieser Einfluss?

[Hermann Harde](#) [5] hat eine Berechnung auf der Grundlage physikalischer Daten durchgeführt. Mit Hilfe des Henry'schen Gesetzes berechnete er die Änderung des CO₂-Partialdrucks bei einer Temperaturerhöhung um 1 °C. Aus Messungen ist bekannt, wie stark der Ausfluss in Abhängigkeit von der Änderung des Partialdrucks zu- oder abnimmt. Bei einem Temperaturanstieg von 1 °C führt dies zu einer Zunahme der Emissionen aus den Ozeanen um 19 PgC/Jahr. Dies steht in guter Übereinstimmung mit dem Anstieg von 17,7 PgC/Jahr aus dem IPCC-Bericht von 2013.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass diese Temperaturempfindlichkeit von Berechnungen abweicht, die auf Eiskernmessungen in der Antarktis

beruhen. Diese Daten zeigen ein Verhältnis in der Größenordnung von 100 ppm bei einem Temperaturanstieg von 10 °C, also wesentlich geringer. Es ist jedoch höchst fraglich, ob dieses Verhältnis korrekt ist. Bereits 1978 kamen [Stauffer und Berner](#) [12] zu dem Schluss: „*Wir schätzen den Anteil des CO₂, der in den Blasen vorhanden ist, auf nur etwa 20 %. Der restliche Teil ist im Eis gelöst.*“ Auch andere Wissenschaftler wie [Jaworowski](#) [7] und [Harde](#) [4] haben in verschiedenen Veröffentlichungen auf die erheblichen Unzulänglichkeiten von Eiskernmessungen hingewiesen. Die Eisschichten sind, anders als oft angenommen, kein geschlossenes System. Die Luft in den Luftblasen in den tiefen Eisschichten hat nicht mehr die gleiche Zusammensetzung wie zum Zeitpunkt der Bildung der Luftblasen.

Die Berechnung von Harde ist weitaus zuverlässiger, da sie auf reproduzierbaren physikalischen Daten beruht und durch die beobachtete größere Emission aus den Ozeanen bestätigt wird. Diese größere Emission führt zu einer höheren Konzentration in der Atmosphäre und damit, unter dem Einfluss des Henry'schen Gesetzes, auch zu einer größeren Absorption durch die Ozeane.

Festland

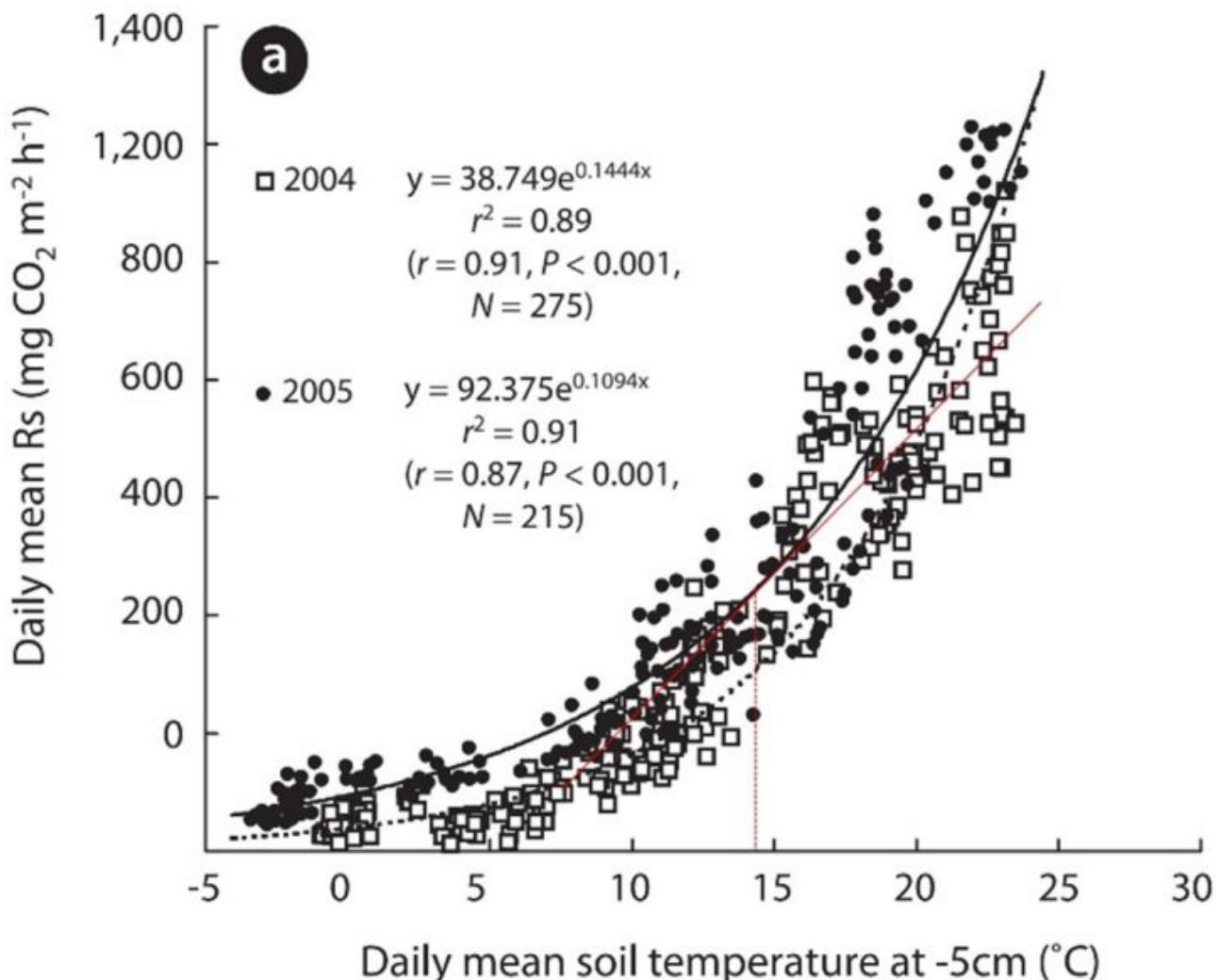


Figure 4: Exponential relationship between soil temperature and soil respiration (Lee, 2011^[8])

Bei den Bodenemissionen müssen wir zwischen der Pflanzenatmung und der Bodenatmung unterscheiden. Etwa die Hälfte des CO_2 , das Pflanzen durch Photosynthese aufnehmen, verschwindet fast sofort in Form von Pflanzenatmung in die Atmosphäre. Die andere Hälfte wird in Biomasse (Blätter, Holz, Wurzeln usw.) umgewandelt, die auf oder im Boden landet.

Die [Studie](#) von Jae-Seok Lee (2011) [8] zeigt, dass die Bodenemission stark von der Temperatur abhängig ist. Lees Diagramm (Abbildung 4) zeigt, dass es eine exponentielle Beziehung zwischen Bodentemperatur und Emission gibt. Eine Erhöhung der Bodentemperatur um 1°C führt bei einer Temperatur von 14°C zu 15 bis 20 % höheren Emissionen:

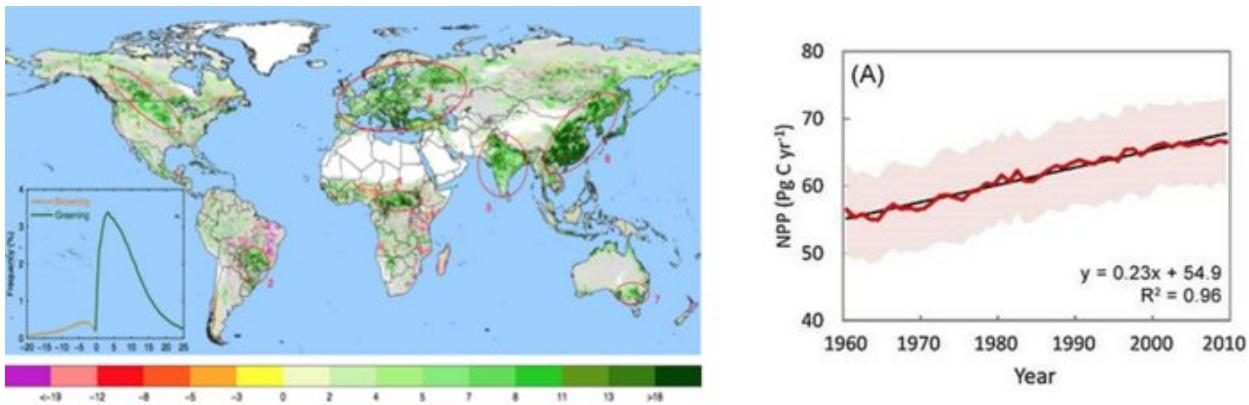


Figure 5: Left: Global greening due to higher CO₂-concentrations (Chen et al., 2019^[1]). Right: Resulting growth of Net Primary Production (Peng Li et al., 2017^[1]).

Eine [Studie](#) von Zhang et al. [13] aus dem Jahr 2016 ergab, dass die Emissionen aus dem Boden in China in den letzten 50 Jahren um durchschnittlich 28 % gestiegen sind. Wenn China repräsentativ für den Rest der Welt ist, beträgt der Anstieg der Bodenemissionen etwa 17 PgC/Jahr. Das ist zwar mehr, aber immer noch vergleichbar mit den 11,6 PgC/Jahr des IPCC.

Die Absorption von CO₂ durch den Boden hat ebenfalls zugenommen. Die Welt ist unter dem Einfluss der höheren CO₂-Konzentration grüner geworden (Abbildung 5, links). Nach [Angaben](#) der NASA [14] hat die Begrünung zu einer Zunahme der Pflanzen und Bäume auf einer Fläche geführt, die der doppelten Größe der Vereinigten Staaten entspricht.

Eine [Studie](#) von Peng Li [11] aus dem Jahr 2017 hat gezeigt, dass die Nettoprimärproduktion (NPP) seit 1960 um 11,8 PgC/Jahr gestiegen ist (Abbildung 5, rechts). Die NPP ist die Menge an CO₂, die von Pflanzen (während der Photosynthese) in Biomasse umgewandelt wird, abzüglich der Pflanzenatmung. Das Wachstum der NPP zeigt, dass die Absorption an Land zugenommen hat und bestätigt die oben genannten Zahlen des IPCC.

Somit gilt auch für das Festland, dass die Temperatur eine wichtige Rolle beim Anstieg der CO₂-Flüsse spielt. Der Anstieg der Landflüsse ist nicht auf menschliche Emissionen zurückzuführen, sondern lässt sich gut durch die globale Erwärmung um 1 °C erklären. Die CO₂-Absorption an Land hat infolge der globalen Begrünung unter dem Einfluss der höheren atmosphärischen CO₂-Konzentration zugenommen.

Die Zunahme der natürlichen Ströme kann nur bei einer höheren Konzentration in der Atmosphäre stattfinden.

Der Anstieg der Ströme zu und von Land und Meer hat also natürliche Ursachen. Die Emissionen aus dem Meer und die Bodenatmung sind von der Temperatur abhängig. Aufgrund des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur um etwa 1 °C haben diese Flüsse seit 1750 um etwa 30 PgC/Jahr zugenommen.

Auch die Absorptionsströme haben zugenommen, wobei die Konzentration der treibende Faktor ist. Auf dem Meer nimmt die Absorption aufgrund des Henry'schen Gesetzes mit einer höheren Konzentration in der Atmosphäre zu. An Land macht die höhere CO₂-Konzentration die Erde grüner: Pflanzen wachsen schneller, wenn es mehr CO₂ gibt. Dies führt zu einer höheren NPP (Nettoprimärproduktion) und damit zu mehr Absorption.

Oder anders ausgedrückt: Die größeren Abflüsse an Land und ins Meer sind nur aufgrund der höheren Konzentration in der Atmosphäre möglich. Auch in einer Situation ohne jegliche menschliche Emissionen, aber mit einem ähnlichen Temperaturanstieg (wie z. B. im Mittelalter), müsste die CO₂-Konzentration steigen.

Das folgende Schaubild (Abbildung 6) zeigt noch einmal die wichtigsten atmosphärischen Ströme, jetzt aber mit den wichtigsten Antriebskräften:

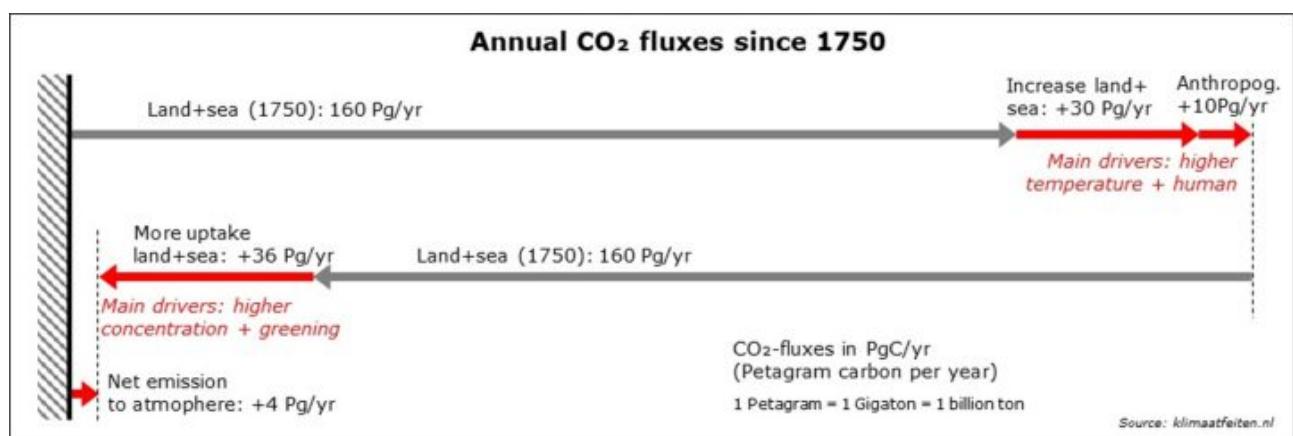


Figure 6: Simplified diagram of CO₂-fluxes in the atmosphere, based on IPCC-AR5.

Aus diesem Bild wird auch deutlich, dass die Annahme unsinnig ist, dass sich menschliches CO₂ in der Atmosphäre anreichert, wie der IPCC sagt. Es wäre sehr unlogisch, wenn der Abfluss unter dem Einfluss der höheren Konzentration bei natürlichem CO₂ zunehmen würde, nicht aber bei menschlichem CO₂. Die Natur unterscheidet nicht zwischen menschlichen CO₂-Molekülen und natürlichen Molekülen.

Der IPCC unterscheidet nach wie vor zwischen Verweilzeit und Anpassungszeit, wobei die Anpassungszeit definiert ist als die Zeit, die das atmosphärische CO₂ benötigt, um sich nach einer Störung wieder auszugleichen. Ihrer Ansicht nach ist die Anpassungszeit viel länger als die Verweilzeit. Eine solche Unterscheidung macht jedoch keinen Sinn, da alle (natürlichen) Senken alle CO₂-Moleküle auf die gleiche Weise behandeln. Wenn die Ozeane aufgrund des Henry'schen Gesetzes mehr CO₂ aufnehmen können, werden sie dies sowohl für natürliches als auch für menschliches CO₂ tun. Die Tatsache, dass im Ozean alle möglichen biologischen und chemischen Prozesse ablaufen, ist vielleicht interessant, aber überhaupt nicht relevant. Es gibt keinen separaten Abfluss für menschliches CO₂.

Zusammengefasst:

- Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um 1 °C hat zu einem Anstieg der jährlichen natürlichen Emissionen aus Land und Meer geführt.
- Dieser Anstieg der natürlichen Emissionen ist auch in Abbildung 6.1 des AR5 sichtbar (+30 PgC/Jahr).
- Der Anstieg sowohl der natürlichen als auch der anthropogenen Emissionen hat zu einer höheren CO₂-Konzentration in der Atmosphäre geführt.
- Die höhere Konzentration führt zu einem stärkeren Abfluss ins Meer und an Land.
- Der Anstieg der Konzentration in der Atmosphäre ist das Ergebnis einer Kombination aus erhöhter Temperatur und menschlichen Emissionen.

Der berechnete Einfluss der menschlichen Emissionen

Hermann Harde[5] erarbeitete 2019 ein [Berechnungsmodell](#), um zu ermitteln, wie groß der Einfluss des Menschen auf den Anstieg des CO₂ und wie groß der Einfluss der Temperatur ist. Dabei wandte er die folgenden Prinzipien an:

- Die CO₂-Konzentration lag im Jahr 1880 bei 280 ppm (parts per million).
- Die menschlichen Emissionen haben sich allmählich auf 10 PgC/Jahr erhöht (basierend auf Emissionsdaten).
- Der CO₂-Fluss vom Land und aus den Ozeanen in die Atmosphäre hat proportional zum Temperaturanstieg zugenommen.
- Die jährliche Aufnahme von CO₂ in die Atmosphäre ist proportional zur Konzentration in der Atmosphäre. Es gibt nur eine Verweilzeit für das gesamte CO₂.

Es zeigt sich, dass dieses einfache Modell die erhöhte Konzentration in der Atmosphäre hervorragend beschreibt und auch alle anderen bisherigen Beobachtungen logisch erklärt. Im folgenden Diagramm (Abbildung 7) zeigt die blaue Linie den Konzentrationsanstieg aufgrund anthropogener Emissionen (menschliches CO₂) und die violette Linie den Konzentrationsanstieg aufgrund von Emissionen infolge der erhöhten Temperatur. Die grüne Linie ist die Summe der beiden. Die grüne Linie stimmt gut mit den Messungen auf dem Mauna Loa überein (blaue Blöcke):

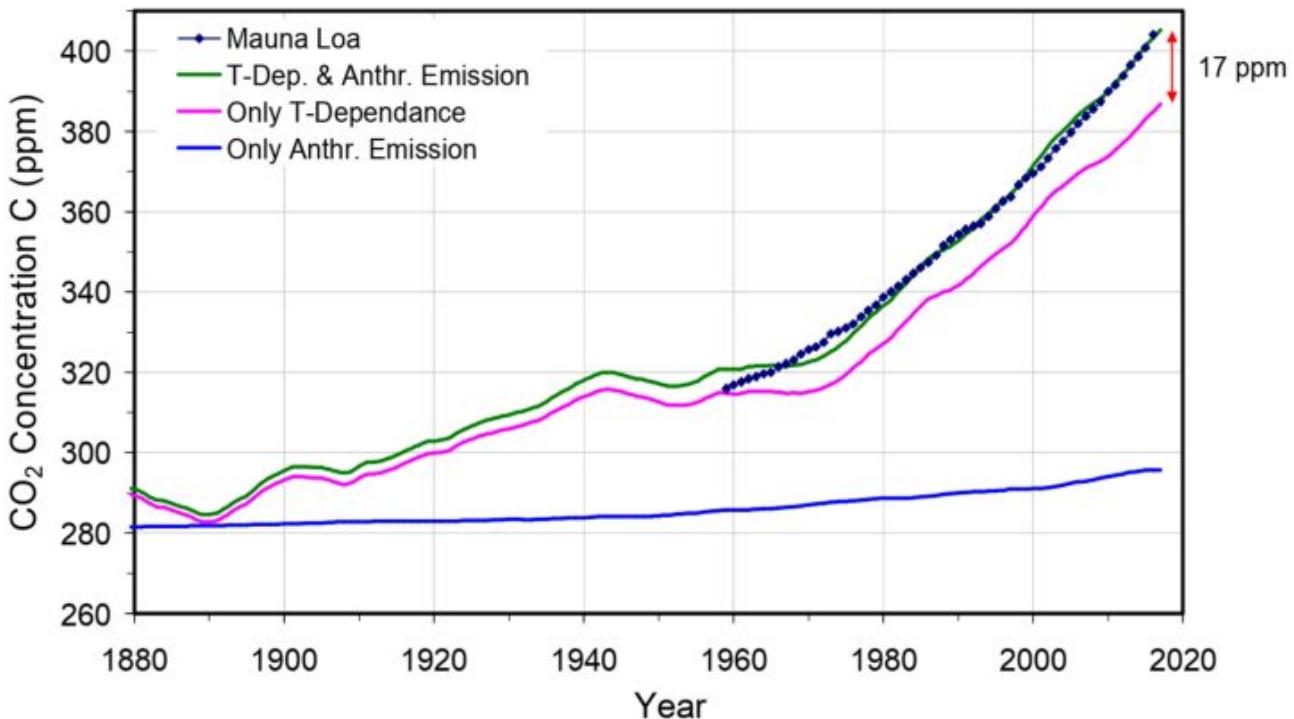


Figure 7: Calculated CO₂ concentration with temperature-dependent emission and absorption (Green). Compared against the observed record of CO₂ from Mauna Loa (Blue Diamonds). Simulation without anthropogenic emissions (Magenta), and only human activities (Blue)

Es stellt sich heraus, dass der Einfluss der menschlichen Emissionen auf die CO₂-Konzentration relativ gering ist. Nach seinen Berechnungen sind nur 17 ppm (weniger als 15 %) des gesamten Anstiegs auf menschliches CO₂ zurückzuführen. Der überwiegende Teil des Anstiegs ist das Ergebnis des globalen Temperaturanstiegs.

Die gute Korrelation im Diagramm in Abbildung 7 ist natürlich kein Beweis für Hardes Modell. Um mit Richard Feynman zu sprechen: „Wir können nichts beweisen. Wir können nur etwas widerlegen.“. Aber zumindest stimmt sein Modell mit den beobachteten Triebkräften der natürlichen Emissionen und Absorptionen überein und ähnelt vielen anderen bekannten physikalischen Prozessen. Leider kann man das von dem vom IPCC verwendeten Standardmodell nicht behaupten.

References

1. Chen et al.: China and India lead in greening of the world through land-use management, 2019.
2. Friedlingstein et al., Global Carbon Budget 2020, 2020
3. Harde: Scrutinizing the carbon cycle and CO₂ residence time in the atmosphere, 2017
4. Harde: Reply to Comment on “Scrutinizing the carbon cycle and CO₂ residence time in the atmosphere”, 2017
5. Harde: What Humans Contribute to Atmospheric CO₂: Comparison of Carbon Cycle Models with Observations, 2019.
6. IPCC: Fifth Assessment Report, 2013
7. Jaworowski: CO₂: The Greatest Scientific Scandal of Our Time, 2007

8. Lee: Monitoring soil respiration using an automatic operating chamber in a Gwangneung temperate deciduous forest, 2011.
9. Murray Salby presentation in Hamburg: What is Really Behind the Increase of Atmospheric CO₂?, 2018
10. NOAA, National Centers for Environmental Information: Map of Total Sea-Air CO₂ flux
11. Peng Li et al.: Quantification of the response of global terrestrial net primary production to multifactor global change, 2017.
12. Stauffer, Berner: CO₂ in natural ice, 1978
13. Zhang et al.: Rising soil temperature in China and its potential ecological impact, 2016.
14. NASA: Carbon Dioxide Fertilization Greening Earth, Study Finds ([website](#))

Link:

[https://wattsupwiththat.com/2022/04/22/why-is-the-co₂-concentration-rising/](https://wattsupwiththat.com/2022/04/22/why-is-the-co2-concentration-rising/)

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE