Der globale Kohlenstoff-Haushalt: schöne Zahlen, vorgetäuschtes Vertrauen, aber höchst fragwürdig (Teil 2)

geschrieben von Chris Frey | 12. Juni 2020

Die Rolle, die der Ozean im jährlichen CO_2-Budget spielt, ist aufgrund seiner geschätzten CO_2-Absorptionsrate von 90 GtC/Jahr aus dem jährlichen Gesamtbudget von 220 GtC beträchtlich. Der Rest des CO_2 wird von der Vegetation durch den Prozess der Photosynthese aufgenommen oder verbleibt in der Atmosphäre. Drei Hauptakteure sind an der Emissionsseite des CO_2-Budgets beteiligt: Ozean, Vegetation und Boden. Der vierte Akteur mit seinen 10 GtC Jahresemissionen, die Menschheit, beteiligt sich etwas am Rande.

Corrine Quéré (Professorin für Meteorologie an der East Anglia University) ist Hauptautorin des regelmäßig aktualisierten globalen Kohlenstoffbudgets (Ref. 1). Es ist kein Geheimnis, wie das Budget jedes Jahr ausgeglichen ist:

„Die Differenz zwischen den Emissionen aus fossilen Brennstoffen und Landnutzungsänderungen einerseits und der Wachstumsrate der atmosphärischen CO_2-Konzentration und der CO_2-Senke im Ozean andererseits ist auf die Netto-Senke von CO_2 in der terrestrischen Vegetation und den Böden zurückzuführen“.

Sie argumentiert damit, dass jede gemessene Zunahme oder Anomalie der atmosphärischen CO_2-Konzentration eine anthropogene Störung ist. Die Tatsache, dass 95 Prozent des CO_2-Budgets von natürlichen Prozessen dominiert werden und dass die 95 Prozent keinen großen jährlichen Schwankungen unterliegen würden, wird daher stillschweigend als Axiom angenommen (siehe mein Teil 1). Offenbar funktioniert die 95%-Natur dann nur noch als Hintergrundgeräusch. Nur für den Fall, dass eine Korrelation zwischen Naturphänomenen und CO_2-Anomalien nicht in aller Deutlichkeit geleugnet werden kann, wird ein Teil der Klimawissenschaft der Natur eine Rolle zuschreiben, wenn auch eine indirekte.

Letzteres tritt z.B. auf, wenn während eines El Niño eine Änderung der Meeresoberflächentemperatur (ΔSST) mit einer Änderung der atmosphärischen CO_2-Konzentration (ΔCO_2) einhergeht. Die etablierte Klimaille würde jeden möglichen kausalen Zusammenhang zwischen den beiden verneinen; ähnlich wie die gefundene Korrelation zwischen einem Anstieg der Zahl der Todesfälle durch Haiangriffe und einem Anstieg des Speiseeisverkaufs. Das ist kein Zufall, denn es geht um eine dritte Variable: die Temperatur. Bei warmem Wetter essen mehr Menschen Eis und

gehen öfter an den Strand, um im Meer zu schwimmen, et voilà, ein Zusammenhang (d.h. kein kausaler Zusammenhang, sondern eine gemeinsame Ursache).

Um die auffällige Korrelation zwischen kurzfristigen CO_2-Schwankungen und kurzfristigen Änderungen der Meeresoberflächentemperatur im Zeitraum 1980 bis 2000 zu zeigen, müssen normale saisonale CO_2-Schwankungen (Abbildung 1) vermieden werden, indem jeder Monat mit den entsprechenden Monaten in anderen Jahren verglichen wird. Dies glättet das saisonale Sägezahnmuster und zeigt nur monatliche CO_2-Anomalien (ΔCO_2)

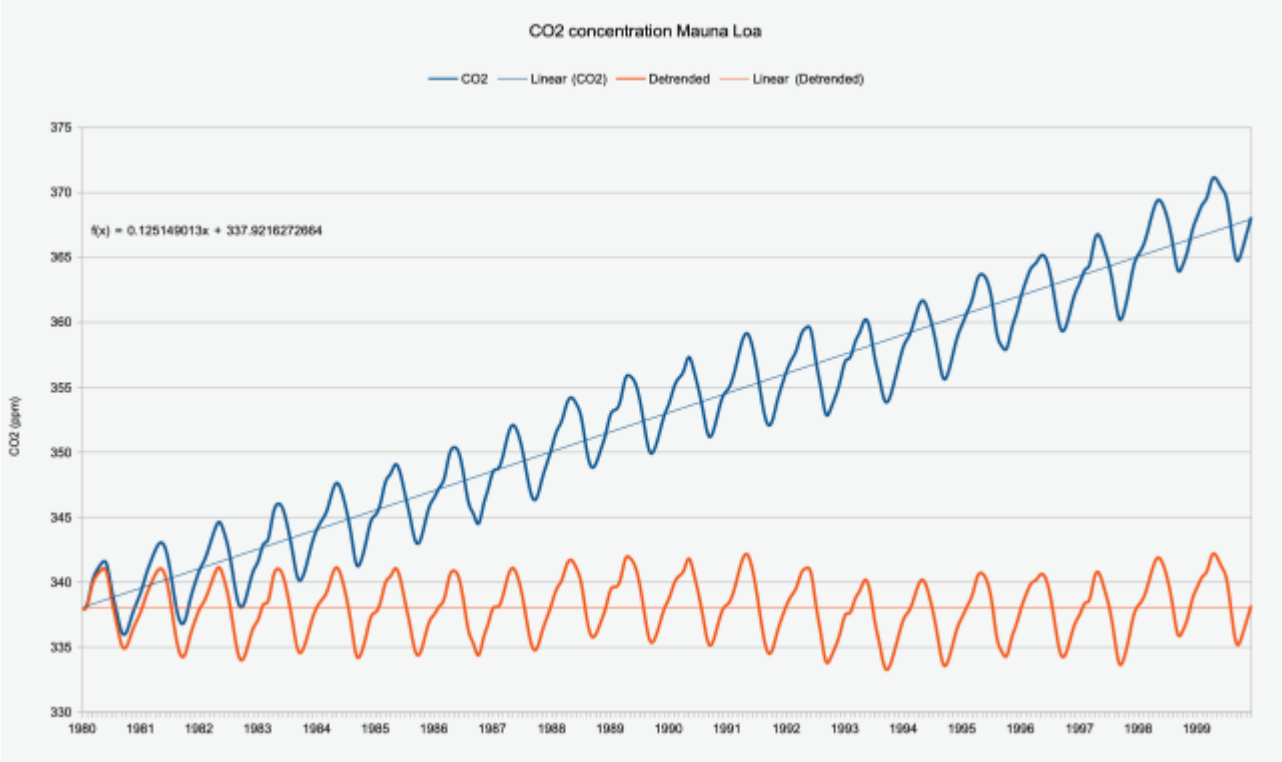
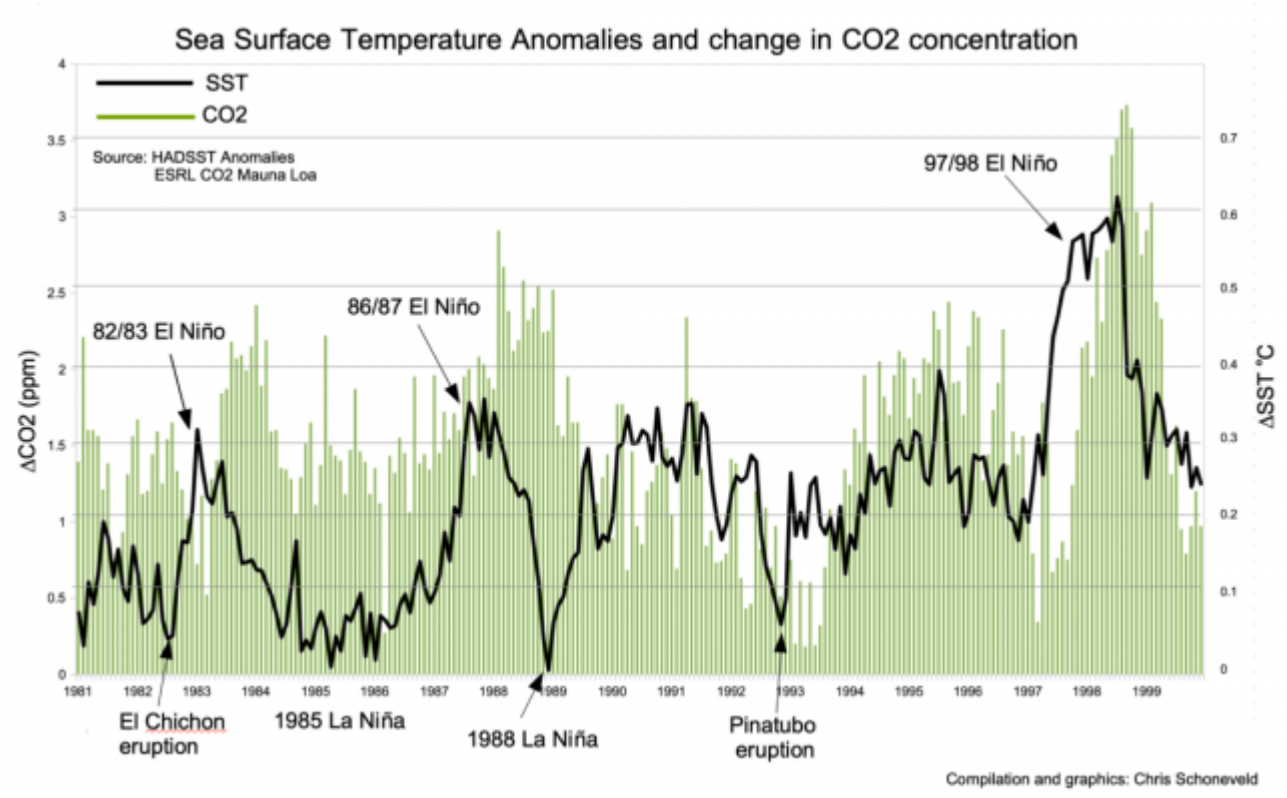


Abbildung 2 zeigt das Ergebnis, indem sie Δ CO_2 (grün) und ΔSST (schwarz) in einer Grafik zusammenführt. Außerdem habe ich markiert, wo die wichtigsten El Niños, La Niñas und Vulkanausbrüche in den Daten zu sehen sind. Es ist deutlich zu erkennen, wie die CO_2-Konzentration immer um einige Monate hinter der Veränderung der Wassertemperatur zurückbleibt; genauso wie die Korrelation zwischen Temperatur und CO_2-Konzentration in den Eiskernen von Wostok, an denen sich Al Gore die Finger verbrannt hat. Dort betrug die Verzögerung jedoch Hunderte von Jahren, da es sich um die Erwärmung des größten Teils des Ozeans und nicht nur der Oberflächenschicht handelte.



Bei einem El Niño haben wir es mit 5 Variablen zu tun: Meeresoberflächentemperatur (SST), CO_2, Wetteränderung, Vegetation und Menschen. Der offensichtlichste kausale Zusammenhang zwischen diesen Variablen besteht darin, dass erwärmtes Meerwasser weniger Gas enthalten kann und CO_2 atmen wird. Aber dieser einfache Zusammenhang würde bedeuten, dass die CO_2-Erhöhung eine rein natürliche Reaktion ist und nicht etwas, was Klimagläubige gerne anerkennen würden. Ihrer Meinung nach ist die folgende Erklärung viel attraktiver: El Niño hat einen Einfluss auf das Wetter, das Wetter hat einen Einfluss auf die Vegetation, und die Menschen reagieren darauf! Die beiden letzteren (Vegetation und Mensch) werden dann als Ursache für den CO_2-Anstieg angesehen.

Zum Beispiel korrelieren Bender et al. (2005) eine gemessene Abnahme des Luftsauerstoffs mit der gemessenen CO_2-Zunahme und legen einen kausalen Zusammenhang nahe, eine vernünftige Annahme. Nachdem sie die Daten stark verdichtet haben, glauben sie auch, ein Signal (eine Verzögerung in der Veränderung des O_2 / N_2-Verhältnisses) im Zusammenhang mit einem El-Niño-Ereignis zu erkennen und triumphierend abzuschließen (Ref. 2):

Das dramatischste Klimaereignis in diesem Zeitraum, der El Niño von 1997-1998, ging mit einer raschen CO_2-Zunahme einher. Unsere Daten deuten darauf hin, dass dies auf eine verringerte Landsenke (oder eine kleine Landquelle) zurückzuführen war. Diese Arbeit unterstützt somit viele frühere Studien, die schnelle atmosphärische CO_2-Wachstumsraten mit einer verminderten Kohlenstoffaufnahme an Land während der El-Niño-Ereignisse in Verbindung bringen. Als primärer Mechanismus wird nun eine erhöhte Trockenheit und Biomasseverbrennung in tropischen Gebieten während El-

Niño-Ereignissen angenommen.

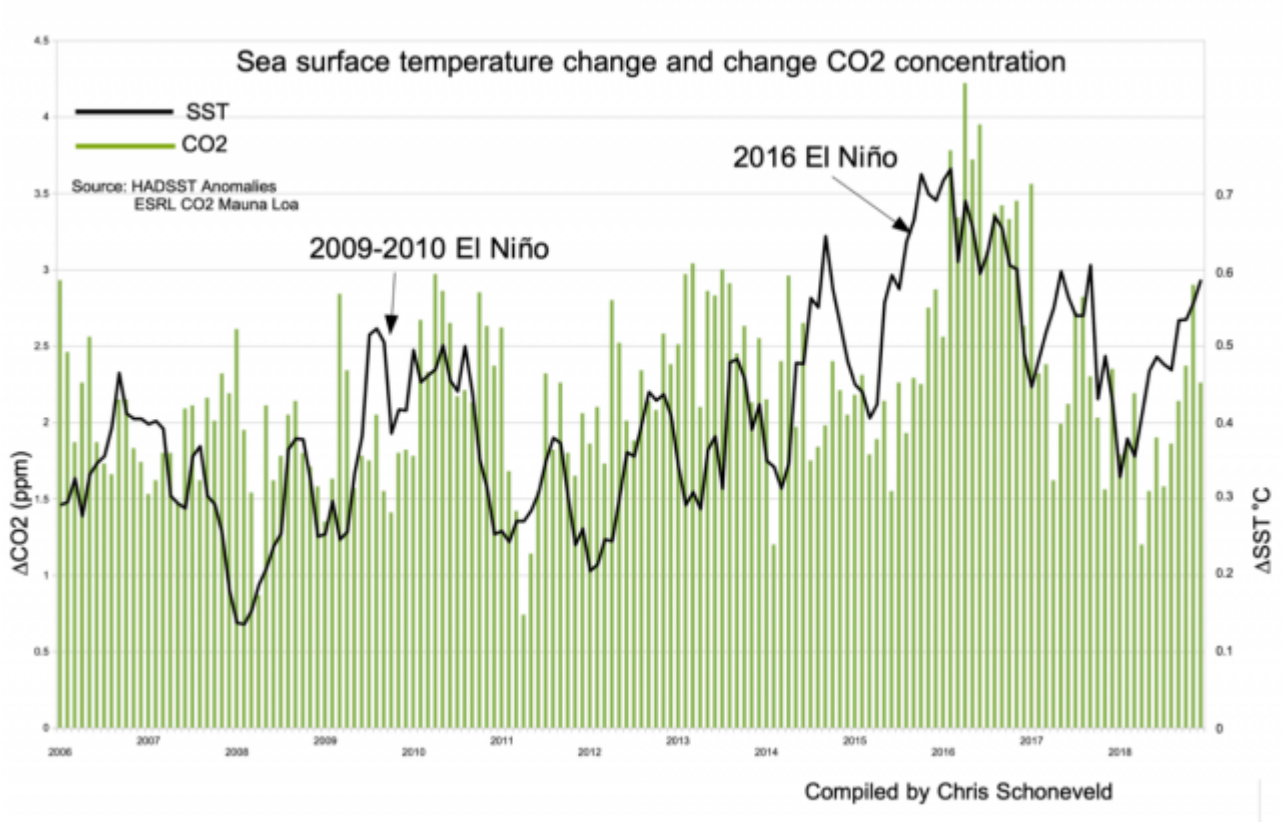
Zum gleichen Ergebnis kommen A. Chatterjee et al. 2017 (Ref. 3):

Während der späteren Phasen des El Niño (August 2015 und später) registrieren die OCO-2-Beobachtungen einen Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen. Wir führen diesen Anstieg auf die Reaktion der terrestrischen Komponente des Kohlenstoffkreislaufs zurück – eine Kombination aus einer Verringerung der biosphärischen Aufnahme von CO_2 über pan-tropischen Regionen und einer Zunahme der Emissionen aus der Biomasseverbrennung über Südostasien und Indonesien. Die Nettoauswirkung des El-Niño-Ereignisses 2015-2016 auf den globalen Kohlenstoffkreislauf ist ein Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen, der wahrscheinlich größer wäre, wenn es nicht zu einer Verringerung der Ausgasung aus dem Ozean käme.

Letzteres bezieht sich auf den letzten El Niño von 2015-2016. Der besagte OCO-2 ist ein Satellit, der 2014 gestartet wurde, um CO_2 aus dem Weltraum zu messen. Er kam also gerade rechtzeitig, um dem starken El Niño von 2015/2016 zu folgen. Doch dann lieferte OCO-2 offenbar nicht das, was man von ihm erwartete, da nur sehr wenig über die bisher gesammelten Daten veröffentlicht wurde. Die Ergebnisse bestätigten vielleicht nicht die Ansichten der Orthodoxie. Die obligatorische, eher substanzlose Bemerkung: *„die OCO-2-Beobachtungen registrieren einen Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen“* ist ein Beispiel dafür; schließlich konnte jede CO_2-Überwachungsstation an Land dies auch registrieren. Es sei angemerkt, dass in ihrem Artikel auch eine **Verringerung** der Ausgasung des Ozeans erwähnt wird, statt des Anstiegs, den ich hier postuliere. Damit wollen sie sagen, dass die CO_2-Spitze 2016 noch größer gewesen wäre, wenn es eine solche Reduktion nicht gegeben hätte.

Natürlich würde man hoffen, dass die OCO-2-Daten bestimmen könnten, woher diese Abweichungen stammen. Dies könnte durch den Vergleich der digitalen Bilder/Daten aufeinanderfolgender Jahre geschehen. Ich habe keine auffälligen visuellen Unterschiede gefunden (Ref. 4), aus denen sich ableiten ließe, ob die CO_2-Anomalien über dem Ozean entstanden sind (was ich vermute) oder ob sie auf einen Rückgang der Photosynthese in den Tropen zusammen mit einer Zunahme der jährlichen Waldbrände in Südostasien / Indonesien (wie behauptet) zurückzuführen sind.

Ich habe die Δ CO_2 Messungen des Mauna Loa und die ΔSST während des letzten El Niño in einer Grafik dargestellt (Abbildung 3). Auch hier sehen wir einen überzeugenden Zusammenhang mit einer Verzögerung von einigen Monaten bis zu einem halben Jahr:



Auch hier wird der Rückgang der *„biosphärischen Aufnahme“* auf einen Rückgang der Photosynthese infolge der durch El Niño verursachten Dürre in tropischen Regionen zurückgeführt. Diese Erklärung ist aus mehreren Gründen unwahrscheinlich. Erstens steht dies im Widerspruch zu der Beobachtung, dass in den Tropen die *Netto-Primärentstehung* (NPP) von CO_2 während der Dürre tatsächlich zunimmt (Ref. 5). Die *NASA Earth Observations* (NEA) sagt Folgendes:

In den Tropen gibt es im Laufe des Jahres Schwankungen der Produktivität. Im Amazonasgebiet zum Beispiel ist die Produktivität während der Trockenzeit der Region von etwa August bis Oktober, besonders hoch. Da die Bäume Zugang zu einem reichlichen Grundwasservorrat haben, der sich in der Regenzeit aufbaut, wachsen sie bei Aufklaren nach dem Regen besser, wenn mehr Sonnenlicht in den Wald gelangt.

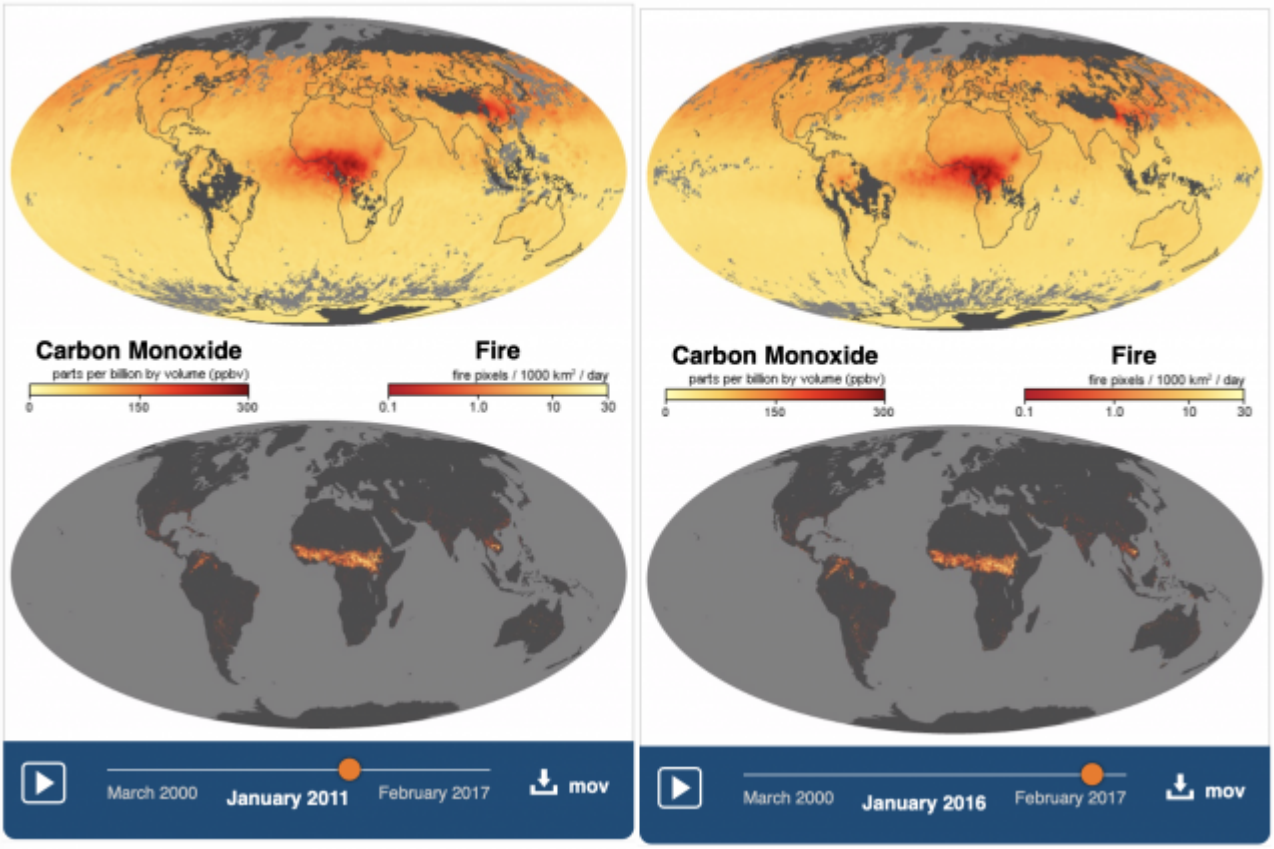
Zweitens wird die Dehydrierung des Bodens zu einer Abnahme der Bodenatmung und daher zu weniger CO_2-Emissionen führen. Borken et al. 2006 (Ref. 6) maßen einen Rückgang der Bodenatmung um 15 bis 30% in einem Experiment, bei dem ein Teil eines Waldes vor Regen geschützt wurde, um eine Sommertrockenheit zu simulieren.

Drittens ist es höchst unwahrscheinlich, dass sich die Häufigkeit der tropischen Vegetation und der Waldbrände über einen Zeitraum von 40 Jahren weiterhin proportional zu den Temperaturschwankungen (ΔSST) verhält, um diese auffällige Korrelation zu erklären.

Viertens werden Waldbrände auch die Konzentration von Kohlenmonoxid CO

in der Atmosphäre erhöhen, und man würde erwarten, dass die CO-Konzentration in den warmen El-Niño-Jahren höher ist als in den kalten La-Niña-Jahren. CO und Waldbrände werden seit 20 Jahren von Satelliten gemessen (Ref. 7 und Abbildung 4).

Abbildung 4 vergleicht zwei Perioden, eine mit den niedrigsten Werten von ΔSST und Δ CO_2 (La Nina, Januar 2011) und eine mit den höchsten Werten (El Niño, Januar 2016), wie in Abbildung 3 oben dargestellt. Die Unterschiede in der CO- und Brandintensität zwischen diesen beiden Zeiträumen sind unbedeutend. Zudem manifestiert sich Indonesien nicht als der wichtigste Hotspot, wie von Chatterjee et al. und anderen behauptet. Darüber hinaus zeigen die am Mauna Loa gesammelten monatlichen CO-Daten kein anomales Ereignis, das mit dem El Niño 2016 korrelierbar wäre, ebenso wenig wie die globalen O_2-Sauerstoffmessungen von Scripps (Ref. 8).

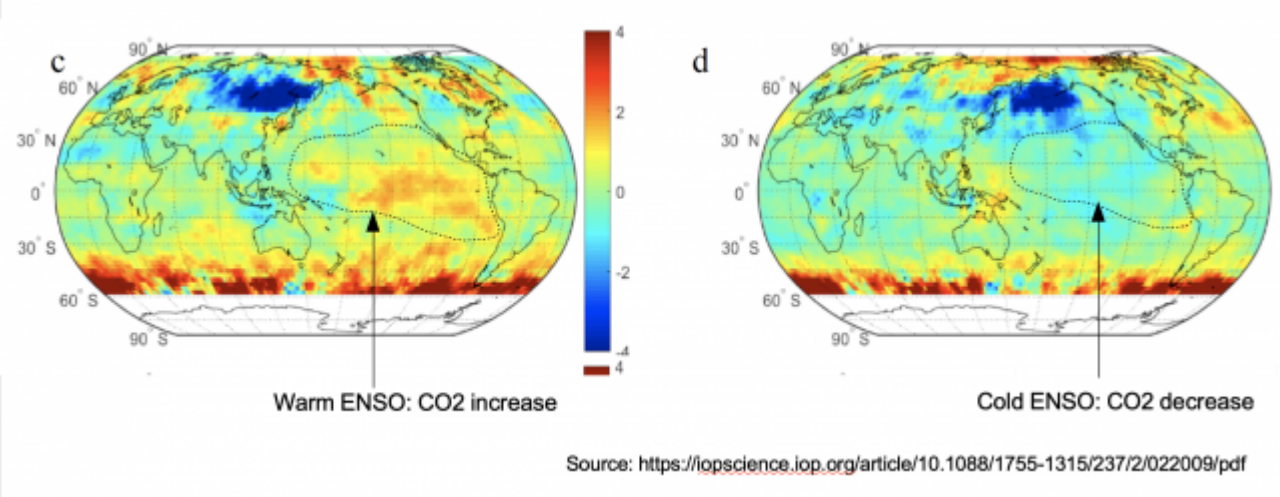


Bei all meiner Durchforstung der Satelliten-Literatur stieß ich schließlich auf einen Artikel von N. Ying et al. (Ref. 9) über CO_2-Beobachtungen von Vorgängern des OCO-2-Satelliten, dem *Greenhouse Gases Observing Satellite* (GOSAT) und dem *Atmospheric Infrared Sounder* (AIRS). Beide Bilder (Abbildung 5) stellen die Mittelwerte der El-Niño-Dezember-Monate und La-Niña-Dezember-Monate dar, die im Zeitraum Juli 2009 bis April 2014 gemessen wurden. Sie kommen unter anderem zu dem Schluss, dass:

Es ist erwähnenswert, dass das CO_2 in der kalten Episode im Pazifik um 4 ppm abnimmt, während es in der warmen Episode zunimmt. Während der

Zerfallsphase sind die CO_2-Muster in der warmen und kalten Phase ähnlich. Diese Ergebnisse zeigen, dass eine warme ENSO-Episode einen bemerkenswerten Einfluss auf Nordasien und den Pazifischen Ozean hat, insbesondere in ihrem Anfangs- und Reifestadium. Die ENSO-Regionen in den AIRS-Daten sind im Vergleich zu den GOSAT-Daten ausgeprägter.

Hier bestätigt sich also endlich mein Verdacht, dass der Pazifische Ozean die Quelle für die CO_2-Abweichungen ist und nicht die Landvegetation. Tatsächlich zeigt Südostasien sogar einen Rückgang der CO_2-Konzentration während der warmen ENSO-Periode (= El Niño) im Vergleich zur kalten ENSO-Periode (= La Niña). Das ist nicht ganz die Art von Ermutigung, die Landvegetation als dominierende Quelle zu fördern zu versuchen.



Ich weiß, ich renne offene Türen ein, wenn ich behaupte, dass die stetig steigende Meerestemperatur (bis in größere Tiefen), der stetig steigende Meeresspiegel (1,85 mm/Jahr) und ein Teil der stetig steigenden atmosphärischen CO_2-Konzentration (jetzt 2 ppm/Jahr) kausal zusammenhängen könnten. Die kurzfristigen CO_2-Schwankungen, die ich oben besprochen habe, stehen in keinem Zusammenhang und werden einfach auf den CO_2-Zug aufgesattelt, der bergauf fährt.

Es überrascht nicht, dass die Erwärmung des Ozeans und der Atmosphäre sowohl für den Anstieg des Meeresspiegels als auch für einen Teil (möglicherweise geringen) des langfristigen CO_2-Anstiegs sowie für die Zunahme der terrestrischen CO_2-Atmung verantwortlich ist (siehe Teil 1). Es ist nicht auszuschließen, dass das Resultat dieser beiden letztgenannten Prozesse zusammen mit den CO_2-Emissionen des Menschen eine beschleunigende Wirkung auf die Erwärmung hat, die bereits im 18. Jahrhundert begann; schliesslich ist CO_2 ein Treibhausgas [?]. Es stellt sich unweigerlich die Frage: Welches sind die Faktoren, die das Erwachen des Klimas aus dem Winterschlaf der Kleinen Eiszeit ausgelöst haben?

Some useful conversions and numbers (not cast in concrete!):

1 gigaton C (GtC) = 3.67 Gt CO_2

1 ppm atmospheric CO_2 = 2.13 GtC = 7.8 Gt CO_2

Whole atmosphere: 417 ppm CO_2 (current concentration) = 888 GtC

Earth biosphere: ≈ 2190 GtC

Whole ocean: ≈ 43000 GtC

Human emissions: 10 GtC / year

Ocean emissions: ≈ 90 GtC / year

Plant exhalation: ≈ 60 GtC / year

Soil emissions: ≈ 60 GtC / year (98GtC?)

Ocean uptake: ≈ 90 GtC / year

Land uptake (photosynthesis): ≈ 120 GtC / year

Atmospheric increase 2019-2020: 2ppm = 4.26 GtC

***

References:

1) C. Le Quéré et al .: Global Carbon Budget 2018.https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/

2) Bender et al. 2005: Atmospheric O2 // N2 changes, 1993–2002: Implications for the partitioning of fossil fuel CO_2 sequestration. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2004GB002410

3) A. Chatterjee et al. 2017: Influence of El Niño on atmospheric CO over the tropical Pacific Ocean: Findings from NASA's OCO-2 mission. https://science.sciencemag.org/content/358/6360/eaam5776

4) Fixed Rank Kriging of Column Averaged CO_2 Data (XCO2) from NASA's OCO-2 Satellite. https://www.youtube.com/watch?v=aogFbPOOFQI

5) Earth Observatory. Just Primary Production. https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD17A2_M_PSN

6) Borken et al. 2006: Effects of experimental drought on soil respiration and radiocarbon efflux from a temperate forest soil. https://escholarship.org/content/qt3mk9v58k/qt3mk9v58k.pdf

7) NASA, Earth Observatory https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOP_CO_M/MOD14A1_M_FIRE

8) http://scrippso2.ucsd.edu/osub2sub-data.html

9) N Ying and Q Ye 2019 IOP Conf. Ser .: Earth Environ. Sci. 237 022009. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/237/2/022009/pdf

Übersetzt von Chris Frey EIKE