Was Sie schon immer über CO2 wissen wollten: Teil 3 – der globale CO2-Kreislauf

geschrieben von H.j. Lüdecke | 11. August 2019

Teil 2 befasste sich mit dem Konzentrationsverlauf von CO2 in der Atmosphäre. Zumindest zwischen einer Million Jahre zurück bis zum Beginn der Industrialisierung um 1850 folgte der armosphärische CO2-Gehalt den Ozeantemperaturen (SST). Die maximale CO2-Konzentrationsspanne zwischen dem Temperaturhöhepunkt eines Zwischenglazials und dem Temperaturtiefpunkt einer Eiszeit betrug grob 100 ppm (Bild 2 in Teil 2). Seit Ende der jüngsten Eiszeit betrugen dann die CO2-Schwankungen, entsprechend den geringen SST-Schwankungen, nur noch wenige ppm (Bild 2 ganz rechts). Erst die anthropogenen CO2-Emissionen haben dieses Gleichgewicht verschoben (s. Bild 1 in Teil 1). Im Folgenden geht es um die Folgen dieser Verschiebung für den globalen CO2-Kreislauf, dessen Quellen und Senken die drei Hauptakteure „Atmosphäre, „Ozeane“ und „Biospäre“ sind. Die Einzelheiten des globalen CO2-Kreislaus sind zwar beliebig komplex, dennoch stellt sich heraus, dass seine groben Züge recht gut mit einfachen physikalischen Modellen erfassbar sind.

Beginnen wir mit einer unzutreffenden Angstvorstellung, wie sie immer wieder nicht nur von den Medien, sondern sogar von Fachwissenschaftlern geschildert wird, die es in Wirklichkeit besser wissen: Weitere Kohleverbrennung der Menschheit würde den CO2-Gehalt der Atmosphäre generell immer weiter erhöhen. Das ist falsch. Die Schlüsselrolle beim CO2-Kreislauf spielen nämlich die Ozeane, die knapp die vierzigfache Menge der Atmosphäre an frei gelöstem CO2 enthalten [1]. Zwischen Ozeanen und Atmosphäre fand vor der Industrialisierung laufend ein in etwa gleichgewichtiger CO2-Austausch statt, wobei die Verweilzeit eines CO2-Moleküls in der Luft nur wenige Jahre beträgt. Dieses Gleichgewicht wurde durch die menschgemachten CO2-Emissionen immer stärker in Richtung ansteigender CO2-Konzentration der Atmosphäre verschoben.

Die Konsequenz dieses Anstiegs ist ein ansteigender CO2-Partialdruck in der Luft im Vergleich mit dem CO2-Partialdruck der Ozeane. Der CO2-Partialdruck der Ozeane bleibt nämlich konstant, denn die Ozeane enthalten, frei gelöst, etwa die vierzigfache Menge des in der Atmosphäre enthaltenen CO2. Die Ozeane „spüren“ das menschgemachte CO2 nicht, es ist für sie vernachlässigbar. Der stetig ansteigende CO2-Partialdruck der Luft drückt aber immer mehr CO2 in die Ozeane und das Pflanzenwachstum. Zu Beginn der Industrialisierung, als die CO2-Partialdrücke von Luft und Ozeanen noch im Gleichgewicht standen, wurden die ersten anthropogenen CO2-Emissionen ausschließlich von der Luft aufgenommen. Heute hat sich diese Situation grundlegend geändert. Von jeder Tonne anthropogenem CO2 verbleiben nur noch eine halbe Tonne in

der Atmosphäre, eine viertel Tonne geht bereits in die Ozeane und das restliche Viertel wird von den Pflanzen aufgenommen (Bild 1).

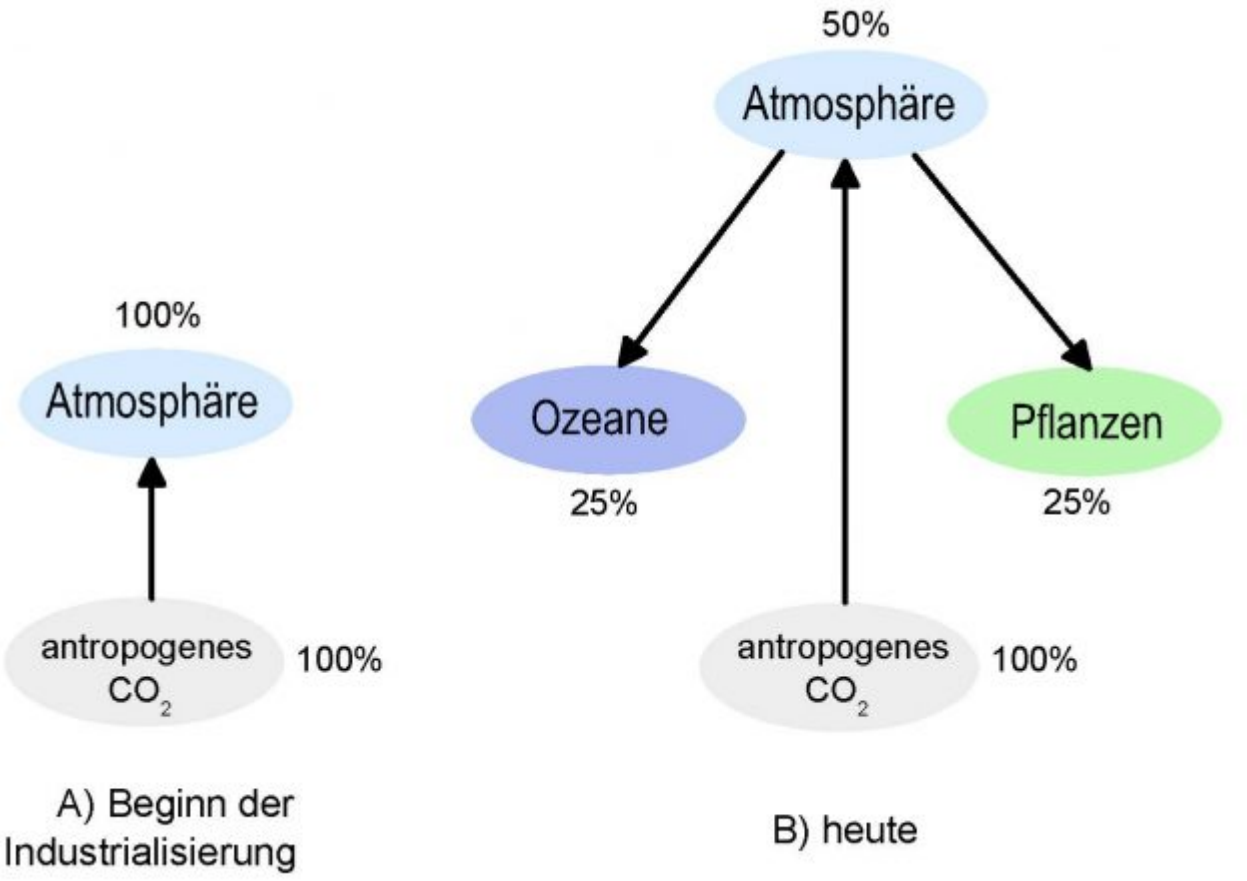


Bild 1: Schematische, vereinfachte Darstellung der Quellen und Senken des globalen CO2-Kreislaufs zu Beginn der Industrialisierung A) verglichen mit heute B).

Die aus Bild 1 hervorgehende Entwicklung verschiebt sich mit weiter zunehmenden anthropogenen CO2-Emissionen hin zu einer immer stärkeren CO2-Senke „Ozeane“ und einer immer schwächeren CO2-Senke „Atmosphäre“. Die sich in dieser Richtung ändernden Werte des globalen CO2-Kreislaufs, d.h. die Quellen und Senken über die letzten Jahrzehnte werden seit wenigen Jahrzehnten vom Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) akribisch gemessen und dokumentiert [2].

Was bedeutet nun die immer höhere CO2-Aufnahme von Ozeanen und Pflanzen konkret für die zukünftige CO2-Konzentration der Atmosphäre? Die Antwort: Um den CO2-Gehalt der Luft weiter zu **erhöhen**, müssen die CO2-Emissionen der Menschheit ebenfalls immer weiter **erhöht** werden! Würde die Menschheit ihre CO2-Emissionen dagegen einmal (hypothetisch) **konstant** halten, würde der CO2-Gehalt der Atmosphäre nach einer Einschwingzeit von mehreren Jahrzehnten ebenfalls **konstant** bleiben. Wohlgemerkt konstant, obwohl weiter anthropogenes CO2 erzeugt wird. Es stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, in welchem bei einem gleichbleibenden anthropogenen „CO2-Nachschub“ die gleichbleibende CO2-

Partialdruckdifferenz zwischen Luft und Ozean für einen ebenfalls gleichbleibenden Zustrom von CO2 in die Ozeane sorgt. Dieser Zustand ändert sich auch nicht, denn die Ozeane können praktisch beliebig viel CO2 aufnehmen, ohne dass sich ihr CO2-Partialdruck verändert. Dies nicht nur ihrer riesigen Menge an gelöstem CO2 wegen, sondern weil das Kohlendioxid von Meereslebewesen zum Aufbau ihrer Kalkskelette verbraucht wird, zum Meeresboden absinkt und damit dem CO2-Kreislauf für immer entzogen wird.

Die hier in groben Zügen geschilderten Zusammenhänge sind in der Fachliteratur in detaillierter Beschreibung aufzufinden, wie zum Beispiel in [3] und weiteren Zitierungen in dieser Arbeit. Weil zum CO2-Kreislauf auch der Autor mit begutachteten Fachveröffentlichungen beteiligt war [4], seien einige weiteren Anmerkungen erlaubt. Die Messbasis aller Publikationen wird, wie bereits erwähnt, vom Carbon Dioxid Information Analysis Center (CDIAC) zur Verfügung gestellt in Form von EXCEL-Tabellen [5]. In ihnen sind ab dem Jahre 1959, mit Angabe der Fehlerbreiten, die folgenden fünf jährlichen Werte angegeben für: fossil fuel and cement emissions, land use change, atmospheric growth, ocean sink und land sink. Alle Fachpublikationen verwenden unterschiedliche Modelle und testen ihre Modellparameter am gemessenen CO2-Verlauf der Atmosphäre: Dies hat allerdings den Nachteil, dass mit dieser einzigen Messbasis (CO2-Anstieg) keine Unterscheidung möglich ist, welches Modell am besten die Realität wiedergibt. Die einzige Ausnahme davon macht die Publikation des Autors mit Koautoren [4], in welchem die hier zwei Modellparameter zusätzlich zum atmosphärischen CO2-Gehalt auch noch aus den gemessenen ocean-sink- und land sink-Daten von CDIAC ermittelt werden.

Ein Vergleich nur mit dem CO2-Anstieg der Atmosphäre erlaubt dagegen sogar Modelle, welche den rezenten CO2-Anstieg allein auf Ozeantemperatur-Werte (SST) zurückführen, siehe [6] und weitere Zitierungen in dieser Arbeit. Ob diese Modelle realistisch sind, kann nur die begutachtete Fachdiskussion entscheiden. Dennoch seien die am meisten ins Auge springenden Caveats zumindest erwähnt:

Wären die „SST-Modelle“ zutreffend, müssten sich in den Warmzeiten der letzten 10.000 Jahre, also in den beiden extrem warmen Holozän-Temperaturmaxima sowie dem römischen und mittelalterlichen Temperaturmaximum, ungewöhnliche atmosphärische CO2-Steigerungen zeigen. Solche sind aber weder in CO2-Messungen von Eisbohrkernen noch in Blatt-Stomata-Messungen auffindbar. Es erscheint ferner unwahrscheinlich, dass ausgerechnet in Zeiten von anthropogenen CO2-Emissionen der CO2-Gehalt der Atmosphäre in Schnelligkeit und Stärke auf natürliche Weise angestiegen sein soll, wie es in der letzen Million Jahre noch nie vorkam. Andere CO2-Quellen, wie Vulkanismus am Meeresboden etc., die solches natürlich ermöglicht könnten, werden zwar oft vermutet, sind aber bis heute nicht nachgewiesen.

Das für uns wichtigste Ergebnis des globalen CO2-Zyklus ist dagegen sehr

leicht zu verstehen. Der CO2-Gehalt der Atmosphäre kann eine obere Grenze von etwa 800 ppm grundsätzlich niemals überschreiten, weil, wie hier beschrieben, zu immer höherem CO2-Anstieg in der Atmosphäre zwangsweise auch immer **höhere(!)** anthropogenen CO2-Emissionen erforderlich sind. Damit hat es aber spätestens dann ein Ende, wenn die Kohle zu teuer geworden ist oder gar alle Kohleressourcen aufgebraucht wurden. Dann haben längst Kernkraftwerke der Generation IV die Energieversorgung der Menschheit übernommen.

Es gibt daher absolut keinen Grund, einen zu großen CO2-Anstieg der Atmosphäre zu befürchten.

Quellen

[1] W.M. Post et al, The global carbon cycle, http://www.as.wvu.edu/biology/bio463/globalcarbon.pdf

[2] https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/

[3] Joos et al., Carbon dioxide and climate impulse response functions .., https://www.atmos-chem-phys.net/13/2793/2013/acp-13-2793-2013.pdf

[4] W. Weber, H.-J. Lüdecke and C.O. Weiss: A simple model of the anthropogenically forced CO2 cycle, Earth System Dynamics Discussion, 6, 1-20 (2015), http://www.earth-syst-dynam-discuss.net/6/2043/2015/esdd-6-2043-2015.pdf sowie H.-J. Lüdecke and C. O. Weiss: Simple Model for the Antropogenically Forced CO2 Cycle, Tested on Measured Quantities, Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 8(4), 1-12, 2016, DOI: 10.9734/JGEESI/2016/30532, http://www.sciencedomain.org/download/MTc0MzRAQHBm.pdf

[5] https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/GCP/carbonbudget/2016/

[6] H. Harde, What Humans Contribute to Atmospheric CO2: Comparison of Carbon Cycle Models with Observations, Earth Sciences, 8(3), 139-159, 2019 (hier)