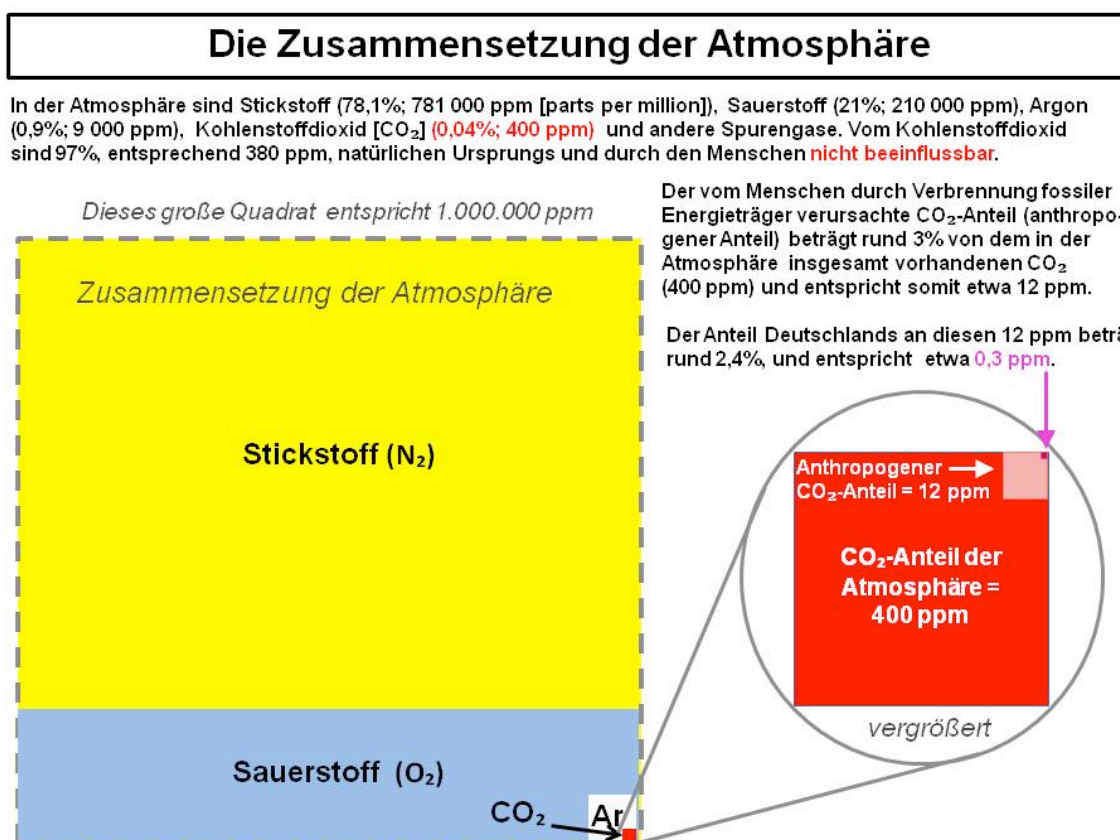


Kohlenstoffdioxid (CO₂) - Eine Bestandsaufnahme

Kein anderes chemisches Element steht so im Fokus der Öffentlichkeit wie der Kohlenstoff (C), der bei Verbrennung das angeblich "klimaschädliche" Kohlenstoffdioxid (CO₂) entstehen lässt. Diese Bestandsaufnahme soll veranschaulichen, in welchen Mengen Kohlenstoff bzw. Kohlenstoffdioxid vorhanden ist, wie es entsteht und welche Austausch-, Freisetzungs- und Fixierungsprozesse stattfinden.

Die durch alle menschlichen Aktivitäten direkt (durch Verbrennung fossiler Energieträger) oder indirekt (durch technische und chemische Prozesse) freigesetzten CO₂-Emissionen betragen, wie auch das Bundesumweltamt bestätigt, weniger als 3% der globalen Gesamtmenge. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass 97% des CO₂ nicht durch Menschen verursacht wurden, sondern natürlichen Ursprungs sind und somit auch nicht in ihrer "klimaschädlichen" Wirkung vom Menschen beeinflusst werden können.

Da die Mengenangaben mehr oder weniger kalkulatorisch sind und im Vergleich zueinander um mehrere Zehnerpotenzen divergieren, ist es zur Beurteilung der globalen Zusammenhänge ausreichend, die Zahlen auf wenige signifikante Stellen zu runden. Die jährlichen CO₂-Emissionen einzelner Länder liegen im 10⁸ Tonnen-Bereich, die gesamten anthropogenen Emissionen im 10¹⁰ Tonnen-Bereich und die globalen Gesamtemissionen im 10¹¹ Tonnen-Bereich.



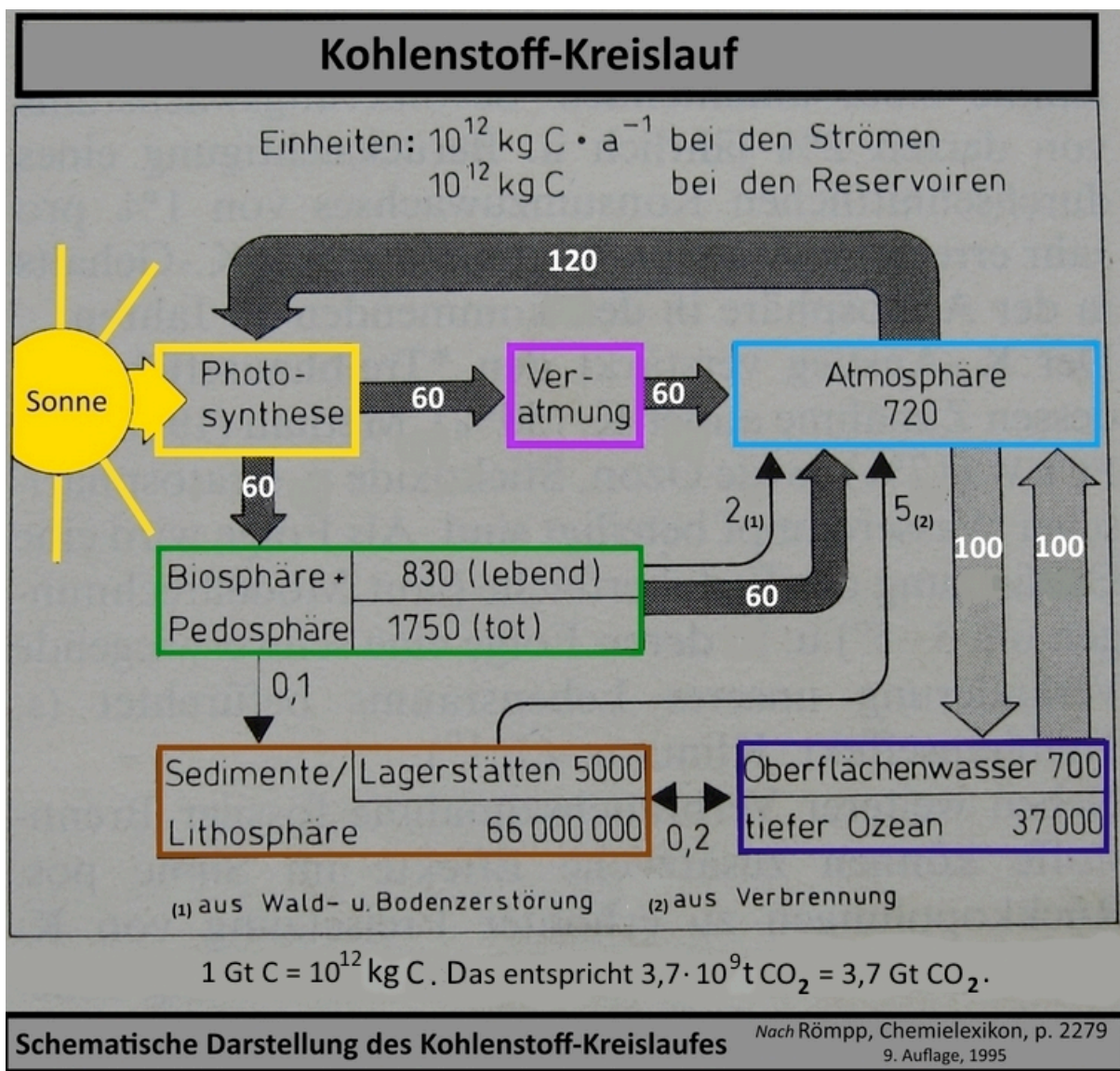
Der weltweite anthropogene CO₂-Anteil, der durch alle menschlichen Aktivitäten und Prozesse freigesetzt wird, beträgt im Jahr 2011 rund 34 Gt (34 x 10⁹ Tonnen). Die Hälfte

davon, ca. 15 Gt, werden von den USA, China, Indien und Russland emittiert.

Zu den größten Emittenten in Europa zählen Deutschland, Großbritannien, Frankreich und Italien. Während Deutschland in den 70-iger und 80-iger Jahren noch über 1 Gt (10^9 Tonnen) freisetzte, wurde der Ausstoß 2013 auf etwa 760 Mio. Tonnen (0,76 Gt) reduziert. Der Anteil Deutschlands am anthropogenen CO_2 beträgt, auf letzteres bezogen, etwa 2,2%, vor der Reduktion etwa 3%, eine Differenz von 0,8 Prozentpunkten. Diese Reduktion, die mit großem volkswirtschaftlichem Aufwand erreicht wurde, wurde jedoch durch die weltweite CO_2 -Zunahme der Emissionen durch die asiatischen und fernöstlichen Industrienationen nicht nur kompensiert, sondern überproportional zunichte gemacht.

Der terrestrische (natürliche) CO_2 -Anteil wird mit rund 550 Gt veranschlagt.

Mit dem folgenden Schaubild soll veranschaulicht werden, in welchen Größenordnungen Kohlenstoff lokal auf dieser Erde vorhanden ist, sich in Austauschprozessen befindet oder gebunden ist.



Der Kohlenstoffgehalt der Oberflächengewässer entspricht mit rund 700 Gt in etwa dem der Atmosphäre. In den Tiefen der Ozeane hingegen ist der C-Anteil über 50 x größer als in der Atmosphäre. Der Anteil daran, der an Austauschprozessen beteiligt ist, kann nicht einmal

geschätzt werden, da zu viele Unwägbarkeiten bestehen. Das C-Potenzial in den Oberflächengewässern, das im Austausch zwischen Atmosphäre und dem aquatischen Pool steht, wird mit 100 Gt Kohlenstoff veranschlagt, obwohl hier, in Abhängigkeit von Temperatur, Lösungs- bzw. Bindungsreaktionen, die größten Differenzen entstehen können.

Das C-Potenzial der Biosphäre (Einfluss der gesamten organischen Masse) und Pedosphäre (Gas- und Wasseraustausch vom Boden ausgehend über den Pflanzenbewuchs) hat vergleichbar mit den Austauschprozessen des aquatischen Systems den größten Einfluss auf den CO₂-Haushalt. Hier ist ein Potenzial von zusammen etwa 2.600 Gt Kohlenstoff vorhanden, das einem CO₂-Äquivalent von fast 10.000 Gt entspricht.

Im Folgenden werden **natürliche CO₂-Quellen** genannt, die einen wesentlichen Beitrag am atmosphärischen Gehalt leisten.

Die Biosphäre (dazu gehören die menschliche, tierische und pflanzliche Atmung, sowie Zersetzungs- und Austauschprozesse)

Allein durch die menschliche Atmung wird durchschnittlich (gemittelt über Ruhezeiten und aktiver Tätigkeit), bei einem Anteil von etwa 4% CO₂ in der ausgeatmeten Luft, rund 1,5 kg CO₂ pro Tag und Mensch freigesetzt. Auf 1 Jahr bezogen, sind das über 500 kg CO₂ pro Person, entsprechend 45 Millionen Tonnen pro Jahr, bezogen auf 82 Millionen Bürger in Deutschland. Hochgerechnet auf die Weltbevölkerung mit ca. 6,5 Milliarden Menschen sind das nahezu 3 Gt CO₂ pro Jahr und entsprechen etwa 9% der weltweiten CO₂-Emissionen aus energetischer Nutzung (rund 34 Gt pro Jahr, Stand 2011). Die tierische Atmung kommt entsprechend der Individuenanzahl natürlich noch dazu.

Die pflanzliche Atmung ist schwer zu kalkulieren, da ihr Stoffwechsel vom Tages- und Nachtrhythmus, von ihrer Masse, Physiologie und genetisch bedingten Eigenschaften (C₃ und C₄-Pflanzen) abhängig ist. Im Schaubild wird der Kohlenstoffanteil der organisch aktiven (lebenden) Biomasse mit 830 Gt Kohlenstoff beziffert, der Kohlenstoffanteil, der durch Zersetzung (tot) freigesetzt wird, ist mit 1.750 Gt Kohlenstoff mehr als doppelt so viel. Aus diesen Pools werden aus rund 60 Gt Kohlenstoff über 220 Gt CO₂ freigesetzt. Die etwa gleiche Menge wird durch die Veratmung bei der photosynthetischen Assimilation an die Atmosphäre abgegeben, insgesamt also 450 Gt CO₂.

Andere natürliche CO₂-Quellen

Weitere CO₂-Emissionen, die nicht auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind, entstehen durch Vulkanismus, Geysire, Erdausgasungen und, hervorgerufen durch Blitzschlag und Selbstentzündung, Wald-, Moor- und Kohlebrände. Auf der Erde sind aktuell über 600 Vulkane aktiv, deren CO₂-Emissionen nur geschätzt werden können und mit ca. 30 Millionen Tonnen pro Jahr beziffert werden. Dieser Anteil wird von Vulkanologen sehr unterschiedlich bewertet, da eine quantitative Erfassung der CO₂-Menge messtechnisch nicht möglich ist und auch der Einfluss der in den letzten 10.000 Jahren über 2.000 aktiven Vulkane nicht erfasst werden kann.

Nach wissenschaftlichen Berichten von Geologieprofessor Ian Plimer von der Universität Adelaide und Fred F. Mueller entweichen aus hydrothermalen Quellen am Grunde der Tiefsee ("Schwarze Raucher") ein vielfaches der CO₂-Menge, die durch menschliche Aktivitäten freigesetzt wird. Geysire und Erdausgasungen liefern im Vergleich dazu geringe Beiträge. Während Wald- und Moorbrände, die durch Blitzschlag und Selbstentzündung entstanden sind (ca. 4% der Brandentstehung) keinen wesentlichen CO₂-Beitrag leisten, hat die Brandrodung zur Schaffung und Nutzung landwirtschaftlicher Flächen einen anderen

Stellenwert. Weltweit war Ende des 20. Jahrhunderts eine Fläche von über 600 Millionen ha (6.000.000 km²) betroffen. In Bezug zu der dabei vernichteten organischen Masse in Höhe von ca. 240 Gt (10⁹ t) wird in etwa die gleiche Menge an CO₂ freigesetzt. Im Jahr 2012 wurden allein in Sibirien über 10 Millionen ha (100.000 km²) Wald vernichtet, die etwa einer CO₂-Menge von 4 Gt entspricht. Die größten Emissionen dieser Art werden durch die

weltweiten unterirdischen Kohlebrände, besonders in China, Indien, Indonesien, USA und Australien verursacht. Allein in China verbrennen jährlich ca. 25 Millionen Tonnen Kohle, das entspricht der jährlichen Kohleförderung Deutschlands. Die dabei entstehenden CO₂-Emissionen entsprechen dem Gesamtausstoß des deutschen Straßenverkehrs.

In der **abschließenden Bestandsaufnahme** soll noch auf die fixierte Kohlenstoffmenge hingewiesen werden. Der weitgehend fixierte Kohlenstoffanteil in Sedimenten und Lagerstätten wird mit ca. 5.000 Gt, der in der Lithosphäre (in der festen Erdkruste) befindliche Kohlenstoff mit etwa 66 Mio. Gt (66 x 10¹⁵ Tonnen) geschätzt. Das sind gigantische Mengen, aus denen durch Lösungsprozesse auf physikalischem oder chemischem Wege neue verfügbare Kohlenstoffquellen generiert werden können.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten:

Der gesamte CO₂-Anteil (0,04% bzw. 400 ppm) in der Atmosphäre unterliegt einem ständigen Wechsel zwischen Freisetzung und Bindung. CO₂ wird im Gegensatz zu anderen menschlich erzeugten Emissionen nicht neu produziert, sondern nur zeitversetzt freigesetzt. Der menschliche Anteil an der atmosphärischen Gesamtmenge beträgt etwa 3%, das bedeutet, dass 97% natürlichen Ursprungs sind und nicht auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt werden können. Rechnerisch sind unter dem Aspekt der "klimaschädigenden Wirkung" des CO₂ dann auch nur ein 3%-iger Klimaeinfluss des menschlich erzeugten Anteils in Rechnung zu stellen.

Die CO₂-Bindung hingegen erfolgt nach chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die der Mensch, bis auf Eingriffe in den Naturhaushalt, z.B. durch Abholzung großer Waldflächen (Senken), nicht beeinflussen kann.