

Kohlenstoffkreislauf CO₂

Kohlenstoff ist überall vorhanden; im Wasser, zu Lande (z.B. im Erdboden und in Gesteinen) und in der Luft. Kohlenstoff ist das Element, das eine ungemeine Vielzahl von Verbindungen ermöglicht. Es ist in lebenden Organismen und unbelebten Mineralien zu finden. In der Natur ist Kohlenstoff entweder im gasförmigen Zustand (z.B. CO₂/CO), als Carbonat (CO₃²⁻) oder in organischen Stoffen zu finden. Er wird von allen Lebewesen benötigt, um ihre körpereigenen organischen Stoffe herzustellen.

Bezogen auf den Energiestrom der Erde, kann gesagt werden, dass die Erde ein offenes und, bezogen auf den Stoffkreislauf, ein geschlossenes Ökosystem bildet. Von außerhalb der Erdatmosphäre gelangen keine größeren Stoffmengen auf die Erde. Das ist der Grund dafür, dass alle auf der Erde sich befindlichen Stoffe von einer Form in die andere über verschiedene chemische Reaktionen zirkulieren.

Kohlenstoff befindet sich im Übergang von einem Speicher zum anderen oder er wird gespeichert, z.B. als Carbonate in den Ozeanen (HCO₃⁻) oder als Kalkstein festgelegt. Diese Kohlenstoffspeicher haben unterschiedliche Alter, von Minuten bis zu Milliarden von Jahren.

Zu sagen ist auch, dass Kohlenstoff sich zwischen der belebten und unbelebten Natur im Kreis bewegt. Nach der Dauer dieses Kreises unterteilt man den Kreislauf in Biozyklus (schneller Kreislauf) und Geozyklus (langsamer Kreislauf).

Die Pflanzen assimilieren (angleichen körperfremde in körpereigene Stoffe) CO₂. Durch die Photosynthese wird der Kohlenstoff in organische Stoffe umgewandelt. Nachts bauen Pflanzen auch aerob (Sauerstoff zum Leben brauchend) organische Stoffe ab und geben CO₂ an die Luft ab. Diesen Vorgang nennt man dann Dissimilation. Die Dissimilation findet aber im geringeren Maße statt als die Assimilation. Stirbt die Pflanze ab, werden zunächst die organischen Stoffe abgebaut und dissimilatorisch oxidiert wobei anorganische Stoffe wie z.B. H₂S, NH₃ entstehen. Diese werden dann hauptsächlich durch Bakterien mit Hilfe von O₂ der Luft z.B. zu NO₃⁻ und SO₄²⁻ oxidiert. Bei diesen aeroben Dissimilationsvorgängen entsteht u.a. CO₂, das in großer Menge aus den Böden in die Atmosphäre ausgast.

Außerdem brauchen Tiere und Menschen Pflanzen als Nahrung und somit auch zum Energiegewinn (C₆H₁₂O₆ + 6 O₂ → 6 CO₂ + 6 H₂O + 0,78 kWh Energie (je 180 g Glucose-Umsatz)). Der pflanzliche Kohlenstoff wird dann in den Stoffwechsel von Mensch (Einatmung 0,037 % CO₂ → Ausatmung 4 % CO₂) und Tier eingebunden. Sie dissimilieren den Kohlenstoff, um Energie zu gewinnen. Es entsteht CO₂, das ausgeatmet wird. Nach dem Tod von Tieren und Menschen gelangt der Kohlenstoff schließlich wiederum durch Mineralisationsprozesse in die Luft, wo er erneut von Pflanzen aufgenommen werden kann. Die Tätigkeit der Pflanzen auf der Erde könnte den CO₂-Vorrat der Atmosphäre in 6 Jahren verbrauchen. Durch den Kohlenstoffkreislauf bleibt der CO₂-Gehalt in der Luft jedoch auf natürliche Weise konstant. Doch seit der Industrialisierung kommt es zu einer Anreicherung des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen. Inwieweit diese Anreicherung zu einem Treibhauseffekt beiträgt ist wissenschaftlich noch weitgehend ungeklärt. Die Vermutungen liegen zwischen 2 und über 50 %.

Zwischen der Atmosphäre und den Meeren, wo auch ein Kohlenstoffaustausch herrscht, werden pro Jahr 100 Milliarden Tonnen Kohlenstoff ausgetauscht. Die Atmosphäre enthält 60-mal weniger CO₂ als die Ozeane. Ebenfalls wird über die Landmassen durch Photosynthese und Verrottungsprozesse ebenfalls rd. 100 Milliarden Tonnen C ausgetauscht. Insgesamt erhöht sich der CO₂-Gehalt der Atmosphäre seit der Industrialisierung. Dies lässt darauf schließen, dass der anthropogene Kohlenstoffeintrag in die Atmosphäre durch den natürlichen Kohlenstoffkreislauf nicht abgepuffert werden kann.

CO₂ - Gehalt in der Atmosphäre (National Oceanic and Atmospheric Administration)

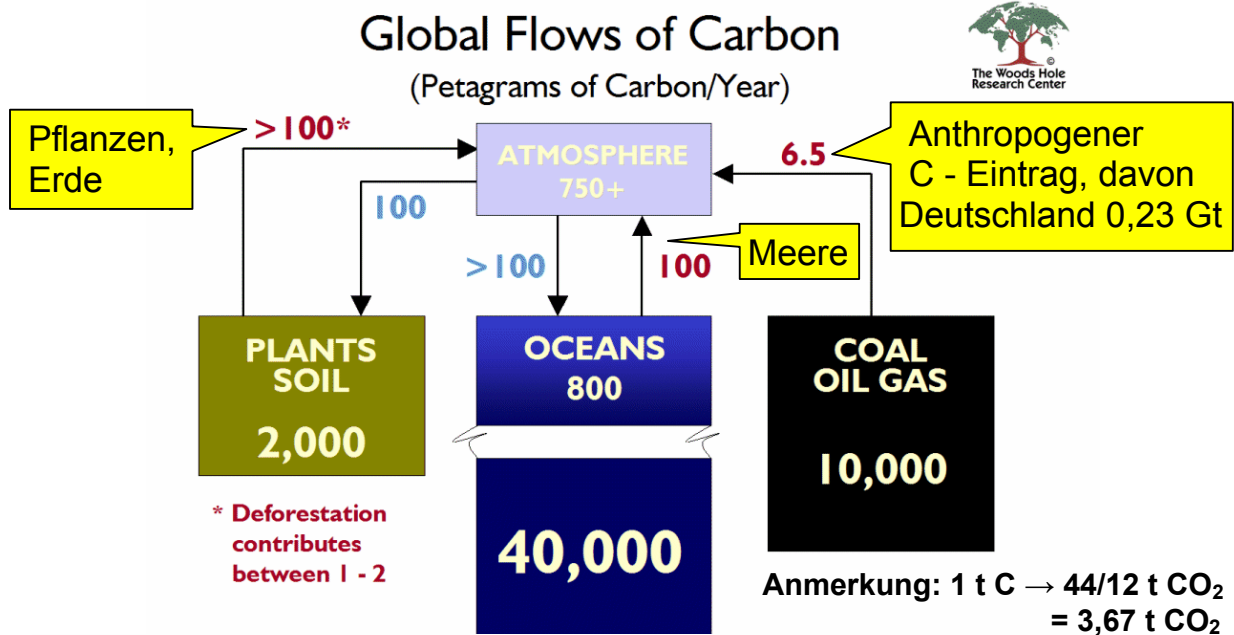
CO₂ (ppm)	310	320	330	345	360	380
Jahr	1955	1965	1975	1985	1995	2005

Kohlenstoffaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre

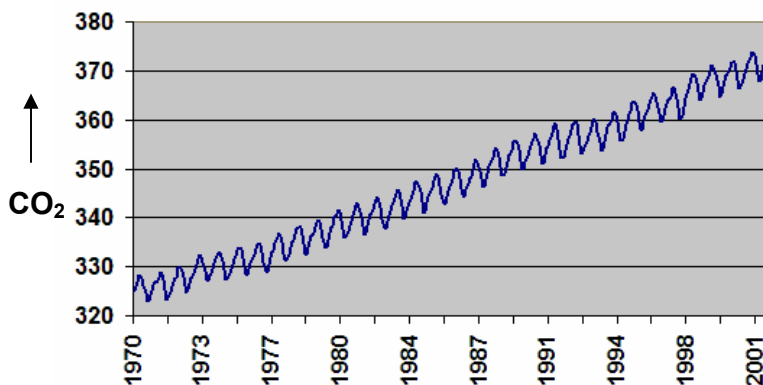
Der Ozean gibt CO₂ in die Luft ab, wenn in der Atmosphäre ein geringer CO₂- Druck herrscht. Ist der CO₂-Druck in der Atmosphäre hoch, so wird CO₂ im Oberflächenwasser des Ozeans gelöst. Dieses gelöste CO₂ reagiert mit Wasser zu Carbonat - Ionen. Durch die Photosynthese der ozeanischen Biosphäre wird ein geringer Teil aufgenommen. Dieser Prozess dauert maximal einige Jahre. Die Dauer des Weitertransportes von Kohlenstoff von der ozeanischen Deckschicht in tiefere Ozeanschichten ist wissenschaftlich umstritten von 30 bis zu 1000 Jahre. Die Aufnahmekapazität des Ozeans von Kohlenstoff aus der Atmosphäre ist begrenzt. Der jährliche Austausch mit der Atmosphäre liegt bei 100 Mrd. t Kohlenstoff. Er liegt in der gleichen Größenordnung wie der Austausch an Land. Der weltweite jährliche anthropogene Kohlenstoffeintrag in die Atmosphäre beträgt mit 6,5 Mrd. t rd. 3,3 % des ohnehin vorhandenen naturbedingten Eintrags in Höhe der abgeschätzten 200 Mrd. t Kohlenstoff Gleichgewichtsrelation.

Verbrennung fossiler Brennstoffe

Kohle, Erdöl und Erdgas sind Beispiele für fossile Brennstoffe. Durch die Verbrennung gelangt der darin langfristig gebundene Kohlenstoff sehr schnell in den kurzfristigen biologischen Kreislauf. Die Folge ist ein Überschuss an CO₂. Ein weiterer Grund für den Überschuss an CO₂ stellt auch die Abholzung der Regenwälder dar. Die Regenwälder sind zwar kurzzeitige, aber mächtige Kohlenstoffspeicher. Werden sie nun abgeholzt, so gelangt dieses CO₂, sofern das Holz nicht verarbeitet wird, in die Atmosphäre. Der weltweite jährliche anthropogene Eintrag beträgt 6,5 Mrd. t C entsprechend rd. 24 Mrd. t CO₂ rd. 3,9 t CO₂ pro Kopf der Weltbevölkerung. Auf Deutschland entfallen 0,834 Gt CO₂-Emission.



Atmospheric CO₂ Concentration at Mauna Loa (ppm)



Hilfsd 10, Stomische Umwandlung CO₂ Kreislauf.doc, Prof. Alt

Graphic by Michael Ernst & Skee Houghton
The Woods Hole Research Center

