

Infoblatt Kohlenstoffkreislauf

Seit der industriellen Revolution ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts lässt sich eine deutliche Zunahme des Klima beeinflussender Spurengase wie Kohlenstoffdioxid und Methan in der Atmosphäre beobachten. Um den anthropogenen Treibhauseffekt und die damit verbundenen Prozesse besser verstehen zu können, ist die Beschäftigung mit dem sogenannten globalen Kohlenstoffkreislauf eine wichtige Voraussetzung.

Kohlenstoffspeicher und ihre Wechselwirkungen

Kohlenstoff, der mit weniger als einem Prozent nur einen geringen Anteil an der Masse der Erde hat, findet sich in unterschiedlichen Speichern, die über sogenannte Flüsse miteinander in Wechselwirkung stehen. Zu diesen Speichern zählen die Lithosphäre, die Pedosphäre, die Landbiosphäre, die Hydrosphäre und die Atmosphäre.

Lithosphäre

Mit etwa 74,9 Millionen Gigatonnen Kohlenstoff befinden sich 99,95 Prozent des auf der Erde vorkommenden Kohlenstoffes in der Lithosphäre. Die Karbonate Calcit und Dolomit, welche in Meeressedimenten und daraus entstandenen Sedimentgesteinen vorliegen, stellen dabei die mit Abstand größte Gruppe dar. Trotz seiner gewaltigen Größe nimmt dieser Speicher in Form von Ablagerungs- und Verwitterungsprozessen sowie durch Vulkanismus nur in geringem Maße und über lange geologische Zeiträume am Kohlenstoffkreislauf teil. Mit Ausnahme der Zementproduktion findet eine menschliche Einflussnahme auf diesen Kohlenstoffspeicher nicht statt.

Daneben findet sich lithosphärischer Kohlenstoff noch in Form von Graphit, Gashydraten und fossilen organischen Stoffen. Letztere stellen in Form von Erdöl, Erdgas und Kohle wichtige Energieträger dar. Sie sind durch ihre Verbrennung die Hauptquelle der durch den Menschen verursachten Erhöhung des Kohlenstoffdioxidgehaltes in der Atmosphäre. Jährlich werden so etwa 7,8 Gigatonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre zusätzlich eingebracht.

Pedosphäre

In den Böden sind weltweit in Form von Streu und organischer Bodensubstanz 1500 bis 2400 Gigatonnen Kohlenstoff gebunden. Der Kohlenstoffeintrag in die Böden erfolgt durch abgestorbene Reste von Pflanzen und anderen Bodenorganismen. Durch die Zersetzung der organischen Substanz durch Mikroorganismen wird dagegen wieder Kohlenstoffdioxid an die Atmosphäre abgegeben. Die Geschwindigkeit der Zersetzung der organischen Bodensubstanz ist dabei von der Temperatur und Bodenfeuchtigkeit abhängig. So wird prognostiziert, dass der zurzeit in den Permafrostböden der Nordhalbkugel gebundene Kohlenstoff im Zuge des Klimawandels zu einer bedeutenden Quelle von Kohlenstoffdioxidimmissionen werden könnte. Durch das Auftauen der Permafrostböden sowie die Zersetzung der organischen Substanz würde das Gas verstärkt in die Atmosphäre eingetragen.

Landbiosphäre

In der lebenden Biomasse der Landbiosphäre sind etwa 450 bis 650 Gigatonnen Kohlenstoff gespeichert. Die Speicherung des Kohlenstoffes erfolgt dabei durch die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre durch die Pflanzen im Zuge der Photosynthese. Jährlich werden etwa 123 Gigatonnen Kohlenstoff der Atmosphäre entnommen und in Pflanzensubstanz umgewandelt. Durch Pflanzenatmung, Brände sowie die Verwertung und Zersetzung der Pflanzensubstanz in der Nahrungskette kommt es allerdings wieder zur Freisetzung von Kohlenstoffdioxid. Pro Jahr werden auf diese Weise etwa 118,7 Gigatonnen Kohlenstoff an die Atmosphäre abgegeben. In der Summe erweist sich die Landbiosphäre daher zurzeit als wichtige Kohlenstoffsенке. Die Photosyntheseleistung der Pflanzen ist dabei unter anderem von der Verfügbarkeit von Wasser, Sonnenlicht, Nährstoffen und den Temperaturbedingungen abhängig. Eine Erhöhung des Kohlenstoffdioxidgehalts der

Atmosphäre muss deshalb in Zukunft nicht zwangsläufig und überall zu einer Erhöhung der Nettoprimärproduktion an Biomasse durch die Pflanzen führen. Durch Landnutzungsänderungen, beispielsweise durch umfangreiche Rodungen im Bereich der tropischen Regenwälder, beeinflusst der Mensch diesen Kohlenstoffspeicher stark. Jährlich werden so 1,1 Gigatonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre eingebracht.

Hydrosphäre

Die Ozeane enthalten mit etwa 40.000 Gigatonnen Kohlenstoff 10-mal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre, Landbiosphäre und Pedosphäre zusammen. Da mit der Atmosphäre jährlich etwa 80 Gigatonnen Kohlenstoff ausgetauscht werden, besitzen die Ozeane im Kohlenstoffkreislauf eine große Bedeutung. Ist der Kohlenstoffdioxid-Partialdruck in der Atmosphäre höher als im Ozean, wird Kohlenstoff durch die Ozeane aufgenommen, ist der Kohlenstoffdioxid-Partialdruck der Atmosphäre dagegen niedriger, geben die Ozeane Kohlenstoff in Form von Kohlenstoffdioxid an die Atmosphäre ab. Dabei ist die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid im Wasser in hohem Maße von der Temperatur abhängig. Steigt diese, so steigt auch der Kohlenstoffdioxid-Partialdruck und das Wasser kann weniger Kohlenstoff aufnehmen. Insofern ist anzunehmen, dass die im Zuge des Klimawandels wärmer werdenden Ozeane künftig weniger Kohlenstoff aufnehmen können.

Der Kohlenstoff-Austausch mit der Atmosphäre vollzieht sich in den oberflächennahen Bereichen der Gewässer. Gelöster anorganischer Kohlenstoff findet sich dabei in Form von Karbonat- und Hydrogencarbonat-Ionen. Mit kalten, absinkenden Meeresströmungen gelangt ein Teil des gelösten Kohlenstoffs in tiefere Bereiche des Ozeans. Ein anderer Teil wird vom Phytoplankton aufgenommen und zum Bestandteil der Nahrungskette. Die abgestorbenen Lebewesen sinken in tiefer liegende Schichten der Meere. Durch Zersetzungsprozesse wird dort ein großer Teil des Kohlenstoffs wieder im Meerwasser gelöst. Nur ein kleiner Teil gelangt auf den Meeresboden, wird dort sedimentiert und damit dem weiteren Austausch mit der Atmosphäre entzogen.

Atmosphäre

In der Atmosphäre befindet sich mit 829 Gigatonnen Kohlenstoff zwar nur ein geringer Teil der weltweiten Kohlenstoffmenge, doch kommt ihr aufgrund der intensiven Austauschvorgänge mit anderen Speichern und den schnellen Umsetzungsprozessen im Rahmen des Kohlenstoffkreislaufs eine zentrale Rolle zu. Dabei stellt Kohlenstoffdioxid die mit Abstand wichtigste Kohlenstoffverbindung dar. Auf Änderungen reagiert die Atmosphäre sehr stark. So wurden seit dem Beginn der industriellen Revolution etwa 480 Gigatonnen Kohlenstoff durch Verbrennung fossiler Energieträger und Rodungsvorgänge zusätzlich in die Atmosphäre eingebracht, wovon die eine Hälfte bis heute in der Atmosphäre verblieben ist und die andere Hälfte von den Ozeanen (etwa 2,3 Gigatonnen pro Jahr) und der Landbiosphäre (etwa 2,6 Gigatonnen pro Jahr) aufgenommen wurde. Zurzeit erhöht sich die Kohlenstoffmenge in der Atmosphäre jährlich um etwa vier Gigatonnen.

Literatur

Andrew Goudie: Physische Geographie. Eine Einführung. Heidelberg und Berlin: Springer Spektrum 2014

IPCC: Climate Change 2013 - The Physical Science Basis - Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press 2013, S. 465 - 473

Autor/Autorin:

Jens Bickel

Gymnasiallehrer für Geographie und Geschichte, seit 2003 Redakteur im Programmbereich Geographie im Ernst Klett Verlag in Leipzig, betreut Schulbücher der TERRA-Reihe.

Kontakt: j.bickel@klett.de

Letzte Änderung: 15.11.2016