

Marine Verflechtungen: Klima – Kohlenstoffkreislauf – Kalkskelette

Ein Beitrag von Lukas Jahnk und Dr. Monika Pohlmann



© Darrell Gulin/The Image Bank

Der Klimawandel ist die größte Herausforderung unserer Zeit und erfordert ein grundlegendes Verständnis der komplexen Problematik. So gehören die Weltmeere mit zu den wichtigsten Kohlenstoffreservoirs. Der Klimawandel nimmt direkten Einfluss auf die Meere und hat so in den letzten 200 Jahren zu einer „Versauerung“ dieser, mit zunehmend verheerenden Auswirkungen auf die Flora und Fauna, geführt. Die Aufgaben dieser kooperativen Unterrichtseinheit sind herausfordernd auf der Sachebene, laden zum selbstbestimmten Lernen ein und fördern zugleich die Kommunikations- und Argumentationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler. Die Lernenden können an einem Versuch die Folgen des Klimawandels nachvollziehen und beim Erstellen eines redaktionellen Beitrags der aktuellen Debatte auf der Sachebene argumentativ begegnen.

Marine Verflechtungen: Klima – Kohlenstoffkreislauf – Kalkskelette

Niveau: weiterführend, vertiefend

Ein Beitrag von Lukas Jahnk und Dr. Monika Pohlmann

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Der globale Kohlenstoffkreislauf	5
M2: Der marine Kohlenstoffkreislauf	8
M3 Schülerversuch: Kalkskelette von Meereslebewesen	14
M4: Die Zukunft der Ozeane	20
Lösungen	21
Literatur	32

VORANSICHT

Marine Verflechtungen: Klima – Kohlenstoffkreislauf – Kalkskelette

Fachwissenschaftliche Hinweise

Der Klimawandel beeinflusst die Umweltbedingungen der Weltmeere direkt, was sich in vielen Regionen der Erde in den kommenden Jahren und Jahrzehnten auf das Leben in den Ozeanen und insbesondere auf das Plankton auswirken wird. Genaue Effekte lassen sich aktuell durch noch unbekannte Parameter innerhalb der Klimamodelle nicht schwer einschätzen. Heute schon messbare Auswirkungen sind vor allem die Ozeanversauerung, die Häufung schädlicher Algenblüten, die Sauerstoffarmung sowie steigende Wassertemperaturen.

Organische Kohlenstoffverbindungen bilden die molekulare Grundlage des gesamten irdischen Lebens. **Kohlenstoff** (C) ist nach Sauerstoff (O_2) ein essenzielles Element der Biosphäre, und der Masse nach das bedeutendste. Besonders relevant ist daher der globale **Kohlenstoffkreislauf**. Zu den wichtigsten **Kohlenstoffreservoirs** zählen neben der Atmosphäre, den Sedimenten und Gesteinen der Erdkruste sowie dem Land in Form von Humus und Biomasse, auch die **Weltmeere**. Insgesamt gibt es auf der Erde etwa 100 Mio. Gigatonnen (Gt) Kohlenstoff. Der überwiegende Teil (60 Mio. Gt) ist dauerhaft in Gesteinen gebunden. Lediglich 55.000 Gt sind am Kohlenstoffkreislauf beteiligt. Kohlenstoff zirkuliert dabei zwischen den Erdsphären Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre, Kryosphäre und Biosphäre. Die Meere und Ozeane enthalten mehr als 38.000 Gt Kohlenstoff, zumeist in Form von **gelöstem, anorganischen Kohlenstoff** als Kohlen-säure (H_2CO_3), Hydrogencarbonat- (HCO_3^-) und Carbonationen (CO_3^{2-}).

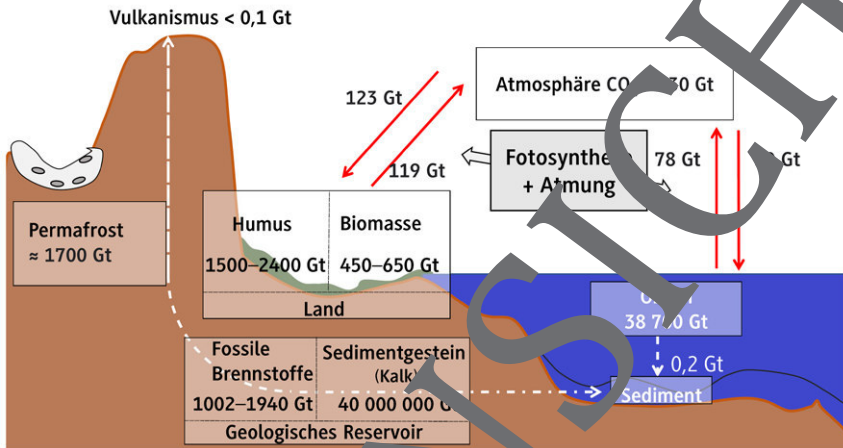
Meeresökologinnen und -öologen unterscheiden **drei Arten** von Kohlenstoff im Ozean:

- **DIC** (engl.: *dissolved inorganic carbon*) = gelöster, anorganischer Kohlenstoff
- **DOC** (engl.: *dissolved organic carbon*) = gelöster, organischer Kohlenstoff
- **POC** (engl.: *particulate organic carbon*) = partikulärer, organischer Kohlenstoff

Der globale Kohlenstoffkreislauf

M1

A: Der natürliche, globale Stofffluss von Kohlenstoff



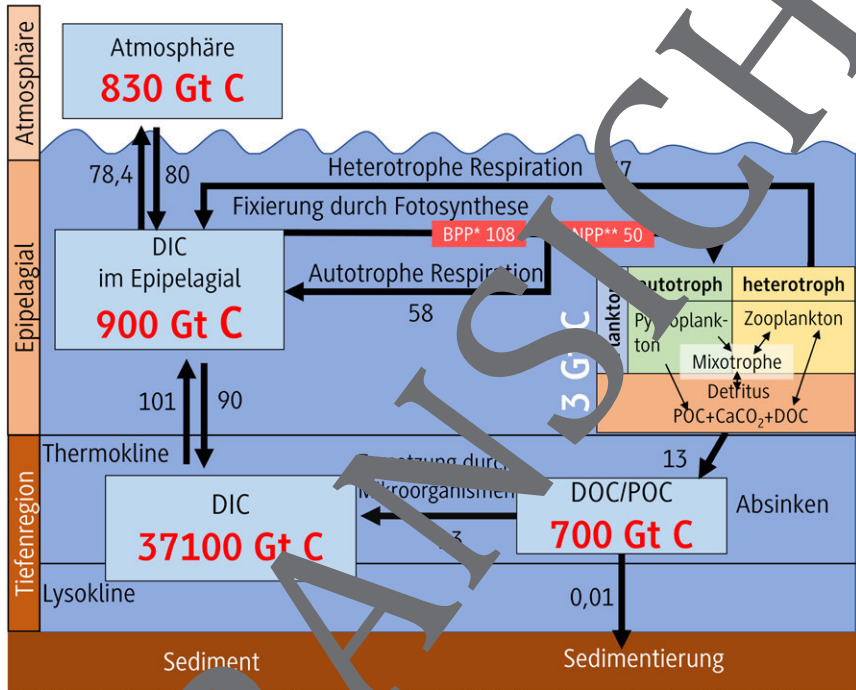
Natürlicher Kohlenstoffkreislauf

© RAABE 2022

Im Schema zum natürlichen globalen Kohlenstoffkreislauf sind in den Kästen jeweils die Mengen gebundenen Kohlenstoffs (C) in Gigatonnen (Gt) für wichtige, natürliche Kohlenstoffreservoirs der Erde angegeben. Eine Gigatonne entspricht 1 Milliarde Tonnen. Die natürlichen Kohlenstoffreservoirs können der terrestrischen, der aquatischen oder der atmosphärischen Sphäre zugeordnet werden. Die Pfeile beziffern die jährlichen Stoffflüsse des Elements Kohlenstoff zwischen verschiedenen Reservoirs in Gt. Insgesamt sind etwa 55.000 Gt (nicht dargestellte) Kohlenstoff aktiv am Kohlenstoffkreislauf beteiligt. Aktuell steigt der Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre jedes Jahr um etwa 4 Gt an. Der steigende Anteil von CO₂ im Gasgemisch der Atmosphäre hat maßgeblichen Einfluss auf die Erdoberwärmung und den damit einhergehenden Klimawandel. Kohlenstoffdioxid ist damit ein bedeutendes Klimagas.

M2 Der marine Kohlenstoffkreislauf

A: Wie kommt das CO₂ ins Meer?



* BPP = Bruttopräzäritätsproduktion (Gesamtmenge des durch Primärproduzenten fixierten Kohlenstoffs)

** NPP = Nettopräzäritätsproduktion (Bruttopräzäritätsproduktion abzüglich der Respiration der Organismen)

→ = Stofffluss pro Jahr

Der Austausch von Kohlenstoff zwischen der Atmosphäre und dem Meer erfolgt durch gasförmiges CO₂ über die Meeresoberfläche. Das wasserlösliche Gas CO₂ kann in Abhängigkeit von der Wassertemperatur und von der Sättigung des Wassers mit CO₂ auch wieder in die Atmosphäre austreten. Der Übergang von gasförmigem zu gelöstem CO₂ ist damit umkehrbar (reversibel).

M3 Schülerversuch: Kalkskelette von Meereslebewesen

A: Calciumcarbonat – Grundlage der Kalkgehäuse



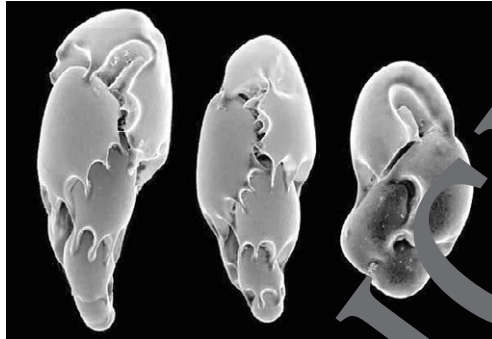
Wikimedia commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calcit-und_Aragonitkristall.jpg / CC-BY-SA-3.0

Calcit- und Aragonitkristall

Viele Planktonarten verfügen über Schalen oder Skelette aus Calciumcarbonat (CaCO_3). Sie haben Stütz- und Schutzfunktion. Während viele Mikroplanktonarten und Muscheln Panzer aus Calcit bilden, bestehen die Skelette anderer Meeresorganismen wie Steinkorallen und Nesseltiere (Weichtiere der Ozeane aus den Gruppen der Schnecken, Muscheln und Klopffüßer) hauptsächlich aus Aragonit. Beide Mineralien sind verschiedene Kristallformen von Calciumcarbonat mit unterschiedlicher Dichte.

Zur Ausfällung dieser Mineralien aus dem Meerwasser benötigen diese Lebewesen ein alkalisches Milieu. Das Oberflächenwasser der Meere hatte vor der industriellen Revolution von 1850 einen pH-Wert von durchschnittlich 8,2. Seitdem ist der pH-Wert um etwa 0,1 Punkte gefallen. Da es sich bei dem pH-Wert um eine logarithmische Skala handelt, bedeutet diese anscheinend kleine Differenz bereits eine Versauerung der Meere um etwa 30%.

B: Die Kalkschalen von Meereslebewesen werden immer dünner



Wikimedia commonsgemeinfrei

Beispielhafte Gehäuse benthischer Foraminiferen aus der Tiefsee vor Venezuela

Kraftwerke, Heizungsanlagen und Autos emittieren immer mehr Kohlenstoffdioxid. Ozeane und Wälder nehmen etwa die Hälfte des vom Menschen produzierten CO_2 auf. Im Wasser verwandelt sich das Gas in eine schwache Säure. Je mehr CO_2 -Emissionen das Meerwasser aus der Atmosphäre aufnimmt, desto höher wird seine Säurekonzentration. Will Howard, der seit Jahren die Versauerung des südlichen Ozeans vor Australien erforscht, verglich Foraminiferen (Gehäuse tragende einzellige Planktonorganismen) mit Tieren aus alten Ablagerungen auf dem Meeresboden. Er stellte fest, dass die Kalkschalen der Tiere heute 50–70% leichter sind als vor der industriellen Revolution. Der Wissenschaftler ist überzeugt, dass die Kalkschalen der Foraminiferen durch die steigende Versauerung des Meeres dünner geworden sind. Meeresbiologinnen und -biologen warnen auf Basis von Experimenten und Computermodellen davor, dass die Versauerung das Leben im Meer verändert. Wie wirkt sich die Ozeanversauerung auf Muschelschalen, Krebspanzer oder den Schulp der Tintenfische aus? Auch diese bestehen aus Calciumcarbonat und sind somit chemisch identisch mit den Skeletten des Mikroplanktons.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de