

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 begeben.

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 nur schwer einschätzen. Heute schon messbare Auswirkungen sind vor allem die Ozeanversauerung, die Häufung schädlicher Algenblüten, die Sauerstoffverarmung 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 Kohlenensäure (H_2CO_3), Hydrogencarbonat- (HCO_3^-) und Carbonationen (CO_3^{2-}).

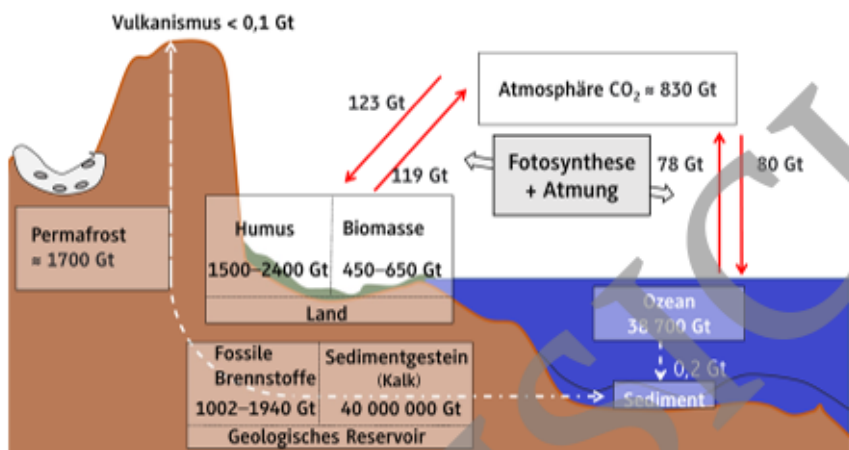
Meeresökologinnen und -ökologen unterscheiden **drei Arten** von Kohlenstoff im Ozean:

- **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

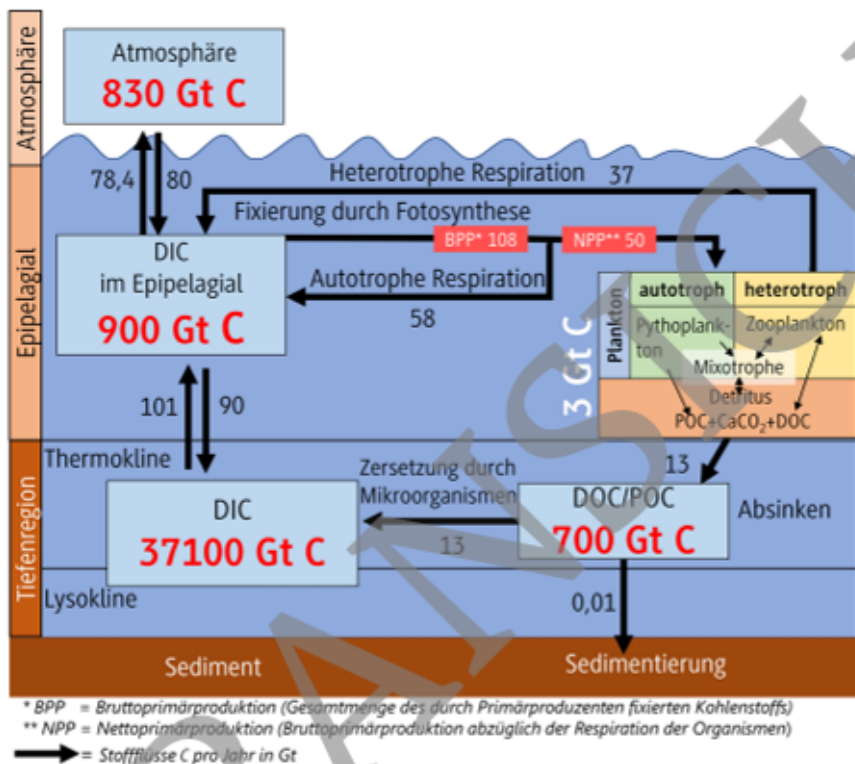


Natürlicher Kohlenstoffkreislauf

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 Kohlenstoffspeicher 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 dargestellt) Kohlenstoff aktiv am Kohlenstoffkreislauf beteiligt. Aktuell steigt der Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre jedes Jahr um etwa 4 Gt an. Der steigende Anteil von CO_2 im Gasgemisch der Atmosphäre hat maßgeblichen Einfluss auf die Erderwärmung und den damit einhergehenden Klimawandel. Kohlenstoffdioxid ist damit ein bedeutendes Klimagas.

M2 Der marine Kohlenstoffkreislauf

A: Wie kommt das CO₂ ins Meer?



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/Rob Lavinsky, IRocks.com/CC-BY-SA-3.0

Calcit- und Aragonitkristall

Viele Planktonarten verfügen über Schalen oder Skelette aus Calciumcarbonat (CaCO_3). Sie haben Stütz- und Schutzfunktionen. Während viele Mikroplanktonarten und Muscheln Panzer aus Calcit bilden, bestehen die Skelette anderer Meeresorganismen wie Steinkorallen und Mollusken (Weichtiere der Ozeane aus den Gruppen der Schnecken, Muscheln und Kopffüßer), 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 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 %.

C: Protokoll-Puzzle zum Calciumcarbonat-Experiment

Puzzleteil A



Chemikalien/Stoffe

- je 4 Tintenfischschulpe und Muschelschalen
- Wasser
- Essigessenz (Essigsäure)

kein GHS-Symbol

kein GHS-Symbol



Geräte

- 8 Bechergläser
- Schutzbrillen und Schutzhandschuhe
- Spatel

 1 Messbecher Pinzette

Entsorgung: Gelöste Materialien abfiltrieren und im Müll entsorgen.
Essigessenz kann im Abfluss stark verdünnt entsorgt werden.

Puzzleteil B

Versuchsdurchführung

- Stellen Sie saure Lösungen unterschiedlicher Konzentration der Essigessenz her und verteile Sie diese in die Bechergläser:

Becherglas	Essigessenz [ml] : Wasser [ml]
1a und 1b	1:1
2a und 2b	1:3
3a und 3b	1:9
4a und 4b	Wasser

- Geben sie anschließend eine Muschelschale (a) bzw. ein Stück Tintenfischschulpe (b) in je ein Becherglas mit reinem Wasser. Notieren Sie Ihre Beobachtungen im Beobachtungsbogen.
- Geben Sie nun in jede der Essiglösungen entsprechend der Vorgaben je eine Muschelschale (a) bzw. ein Stück Tintenfischschulpe (b) und halten Sie Ihre Beobachtungen im Beobachtungsbogen fest.