

## Kohlenstoffkreislauf 2 – Die Rolle der Ozeane

Zeitbedarf: 20 Minuten

### Informationen für die Lehrperson:

**Kompetenzformulierung:** Die Lernenden können die doppelte Rolle der Ozeane als Puffer und als Quelle für die Zunahme der atmosphärischen Kohlenstoffdioxidkonzentration erläutern.



*Erläutern* = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

### Fachliche Key Idea:

#### 1. Ozeane als großer Kohlenstoffspeicher

Kohlenstoff (C) kommt auf der Erde in verschiedenen Speichern vor. Dabei stellen die Lebewesen (z.B. Tiere und Pflanzen) den kleinsten Speicher dar. Der nächstgrößere Speicher ist die Atmosphäre, wo Kohlenstoff (C) in Form von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) gespeichert ist. Um ein Vielfaches größer hingegen sind die Speicher Fossile Brennstoffe, die Ozeane und alle Gesteine (in dieser Reihenfolge).

#### 2. Austausch von Kohlenstoff zwischen den Speichern Ozeane und Atmosphäre

Kohlenstoff (C) wird auf der Erde natürlicherweise zwischen verschiedenen Speichern ausgetauscht (Kohlenstoffkreislauf). Dabei haben die Ozeane eine besondere Rolle. Gegenwärtig puffern sie menschengemachte Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Emissionen durch die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) aus der Atmosphäre, ähnlich wie Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) in Sprudelwasser gelöst ist. Bei zunehmender Erwärmung werden sie bislang gespeichertes Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) ausgasen (freisetzen).

**Adressierte Schülervorstellung:** Nach der Studie von Schubatzky et al. (2024) denkt die überwiegende Mehrheit der untersuchten Schüler:innen, dass auf der Erde am meisten Kohlenstoff (C) in der Atmosphäre (Luft) gespeichert sei. Die Speicher Lebewesen (Pflanzen und Tiere), Eisflächen (Grönland, Arktis und Antarktis) sowie die richtige Antwortmöglichkeit Ozeane (Meere) werden selten und jeweils ungefähr gleich häufig gewählt.

### Belege, Hinweise:

- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2024). How well do German A-Level Graduates understand the Scientific Underpinnings of Climate Change? *Sustainability* 16(17), 7264.
- Buchal, C. & Schönwiese, C. (2010). Klima. Die Erde und ihre Atmosphäre im Wandel der Zeiten.

## Hintergrund für die Lehrperson und Anknüpfungspunkt für eine mögliche Weiterarbeit:

Tagesschau (2022). Wenn das Meer CO<sub>2</sub> ausstößt.

<https://www.tagesschau.de/wissen/klima/co2-meer-klimawandel-101.html> [Zugriff: 03.10.2023]

Die Ozeane stellen mengenmäßig ein erhebliches Reservoir für Kohlenstoff dar und dienen aktuell als Puffer im Kohlenstoffkreislauf. 35 % der menschgemachten Emissionen verschwanden bislang in den Ozeanen (Quelle: IPCC 2001, <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/the-carbon-cycle-and-atmospheric-carbon-dioxide/>).

Grundsätzlich gibt es drei Arten, wie die Ozeane das Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Atmosphäre aufnehmen:

Zum einen durch Lösen, was besser geht, wenn der Partialdruck des atmosphärischen Kohlenstoffdioxids (CO<sub>2</sub>) groß ist und das Wasser kalt ist. Insofern wird die Kohlenstoffdioxid- (CO<sub>2</sub>-) Aufnahme durch die Ozeane durch die atmosphärische Zunahme ebenfalls zunehmen, durch die globale Erwärmung aber auch wieder abnehmen. Der zweite Prozess ist die Versauerung, denn Wasser (H<sub>2</sub>O) kann mit Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) reagieren (und umgekehrt). Dieser Prozess wird mit zunehmender Versauerung zunehmend schlechter funktionieren. Und der dritte Prozess ist der biologische Einbau etwa durch Algen im Wasser, was zum Teil durch deren Absterben und Absinken sogar zu einem Austrag von Kohlenstoff (C) aus den Ozeanen führen kann.

In diesem Tutorial werden nur die ersten beiden, physikalisch-chemischen Prozesse betrachtet.

Ozeane sind darüber hinaus große Speicher bzw. Puffer thermischer Energie.

Anknüpfungspunkt könnten auch die chemische Versauerung sein und die entsprechenden biologischen Konsequenzen. Eine Versauerung greift in den Carbonat-Zyklus ein, wie das Auflösen von Muschelschalen in saurem Wasser, was in Folge unter anderem zu weniger Nahrung für Tintenfische usw. führt. Außerdem wird beim Auflösen von Carbonat zusätzlich Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) freigesetzt.

Der Kohlenstoffkreislauf eignet sich besonders gut für fächerübergreifenden Unterricht aus Biologie, Chemie und Physik.

Unterrichtsmaterialien zu Experimenten, etwa zur Versauerung der Ozeane, finden sich z. B. im Klimakoffer der LMU München (<https://klimawandel-schule.de/de/der-lmu-klimakoffer>).

---

## Ab jetzt für die Schüler:innen:

## Kohlenstoffkreislauf 2 – Die Rolle der Ozeane

Mit diesem Tutorial lernst du, die doppelte Rolle der Ozeane als Puffer und als Quelle für die Zunahme der atmosphärischen Kohlendioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Konzentration zu erläutern.



**Erläutern** = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

### Anchor:

Die Tagesschau veröffentlichte am 25.12.2022 auf ihrer Website folgenden Bericht [1]:

#### Wenn das Meer $\text{CO}_2$ ausstößt

Von Yasmin Appelhans, 25.12.2022

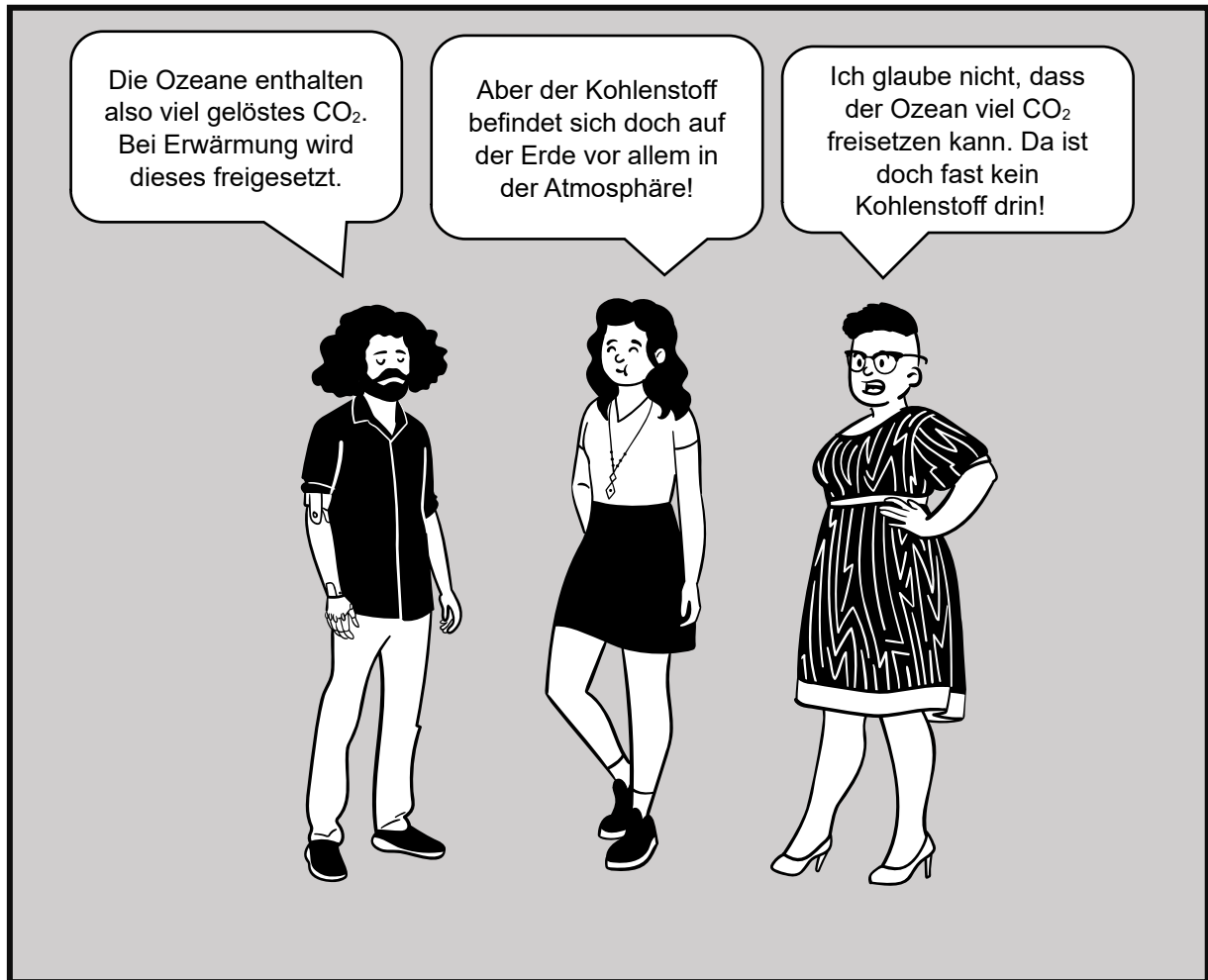
Das Meer nimmt viel vom menschengemachten  $\text{CO}_2$  auf. Dadurch mildert es den Klimawandel ab. Der Prozess hat aber Grenzen: Das Mittelmeer setzt in manchen Gebieten bereits mehr  $\text{CO}_2$  frei als es aufnimmt.



Abbildung 1: Foto des Mittelmeers [3].

## Concept Cartoon

Drei Schüler:innen unterhalten sich darüber.



**Was meinst Du?** Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du zu? Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du nicht zu? Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

## 1. Die Ozeane als sehr großer Speicher für Kohlenstoff



Kohlenstoff kommt auf der Erde als reiner Kohlenstoff (C) und in Verbindungen, z. B. Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) oder Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), vor. Er befindet sich in sogenannten Kohlenstoffspeichern, die unterschiedliche Mengen speichern:

**Tabelle 1:** Die Kohlenstoffspeicher der Erde [2]. 1 Gt = 1 Gigatonne = 1 Milliarde Tonnen:

Speicher	Kohlenstoffmenge
Anorganisch im Gestein der gesamten Erde	Ca. 70.000.000 Gt
Organisch im Gestein gebunden in Form von Ölschiefer	Ca. 15.000.000 Gt
Gelöst in den Ozeanen	40.000 Gt
Gashydrate in Meeresböden und Tundra	10.000 Gt
Kohle, Öl und Gas	> 5.000 Gt
Torf, Humus	1.500 Gt
Kohlenstoff in Form von 387 ppm $\text{CO}_2$ in der Luft (Daten aus dem Jahr 2009)	846 Gt
Biomasse (Lebewesen)	600 Gt



Vergleiche anhand von Tabelle 1 die Kohlenstoffmengen, die in den Speichern Atmosphäre (Luft) und Ozeane (gelöst in den Ozeanen) gespeichert sind. Gib an, welcher Speicher mehr Kohlenstoff (C) enthält und gib den ungefähren Faktor an, um den dieser Speicher mehr Kohlenstoff (C) enthält.



Skizziere die beiden Speicher Ozeane und Atmosphäre entsprechend ihrer Größe (einfache Kästchen reichen). Füge anschließend mithilfe von Pfeilen die beiden Austauschprozesse „Lösen von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ )“ und „Ausgasen von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ )“ an den passenden Stellen in deine Skizze ein.

Skizze:

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

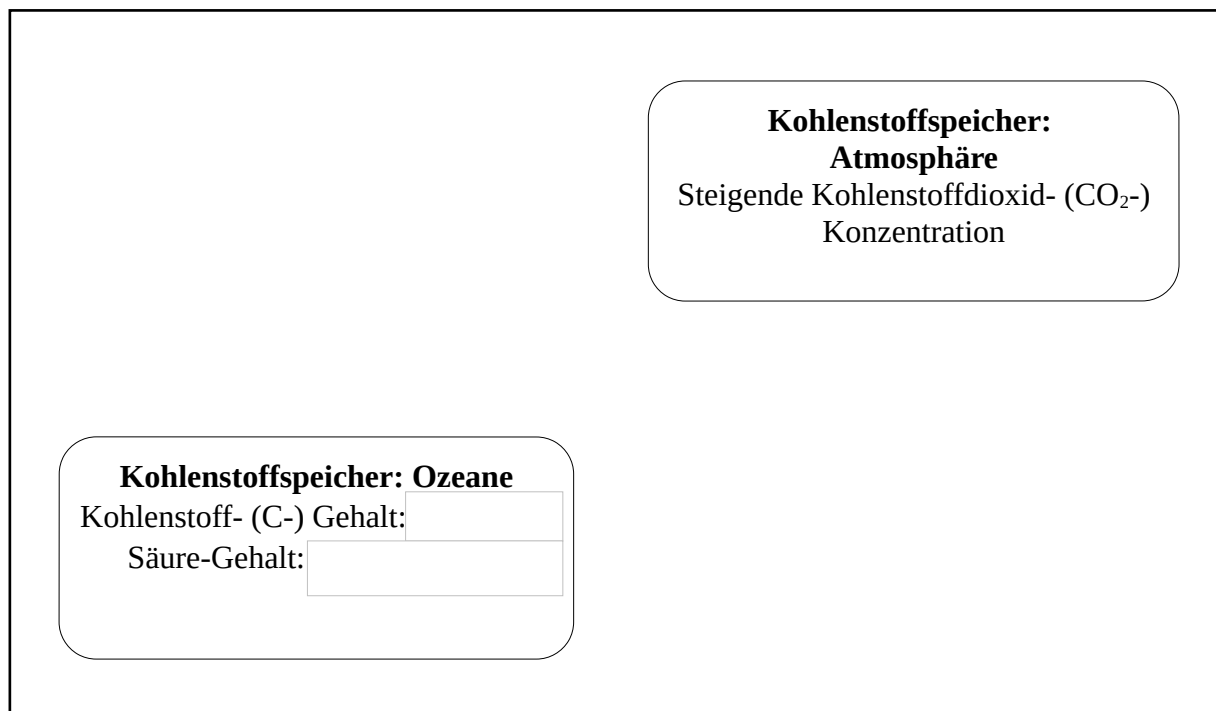
## 2. Dynamik im Kreislauf



Die Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Menge in der Atmosphäre hat Auswirkungen auf den oben beschriebenen Prozess: Die Ozeane können umso mehr Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) lösen, je höher die Konzentration von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) in der Atmosphäre ist. Dabei wird Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) gebildet und die Ozeane versauern.



Ergänze mithilfe dieser Informationen die folgende Skizze zu Veränderungen im Kohlenstoffaustausch zwischen Ozeanen und Atmosphäre. Verwende **gerade** Pfeile, um einen erhöhten Austausch darzustellen. Berücksichtige dabei, wie sich eine Erhöhung der Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Konzentration in der Atmosphäre auf den Kohlenstoff- (C-) Gehalt und auf den Säuregehalt der Ozeane auswirkt.



Aufgrund des menschengemachten Ausstoßes von Treibhausgasen, dazu gehört Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), in die Atmosphäre erwärmt sich die Erde.



Begründe mithilfe obiger Informationen zum Kohlenstoffaustausch, ob die Ozeane diese Erwärmung verstärken oder abschwächen. Notiere deine Begründung und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

*(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)*

### 3. Vom Puffer zum Verstärker

Die Ozeane können umso weniger Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) lösen, je wärmer sie sind. Im Zuge der Globalen Erwärmung werden auch die Ozeane wärmer.



Beschreibe mithilfe dieser Informationen, wie sich die Globale Erwärmung auf den Kohlenstoff- (C-) Gehalt der Ozeane und der Atmosphäre auswirkt.

Kohlenstoff- (C-) Gehalt Ozeane:

Kohlenstoff- (C-) Gehalt Atmosphäre:



Beschreibe, wozu demnach eine Erhöhung der Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Konzentration in der Atmosphäre langfristig führt. Verwende dabei die folgenden Begriffe: Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Konzentration, Anstieg, Atmosphäre, Globale Erwärmung, Ozeane, aufnehmen

Notiere deine Antwort und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

*(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)*

### 4. Zurück zum Anfang



Geh zurück zum Concept Cartoon. Beurteile deine ursprüngliche Einschätzung mithilfe der Informationen aus diesem Tutorial. Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in. (*Think-Pair-Share*)

## Literaturverzeichnis

- [1] <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/co2-meer-klimawandel-101.html> [Zugriff: 21.6.2023]
- [2] Buchal, C. & Schönwiese, C. (2010). Klima. Die Erde und ihre Atmosphäre im Wandel der Zeiten.

## Abbildungsverzeichnis

- [3] Abbildung 1 <https://pixnio.com/de/landschaften/meer/mittelmeer>  
[Zugriff: 7.8.2023]

[Tutorials in Climate Change](#) © 2024 by The Engaging Collaboration are licensed under [CC BY-NC-SA 4.0](#)