

# SCHOOL-SCOUT.DE

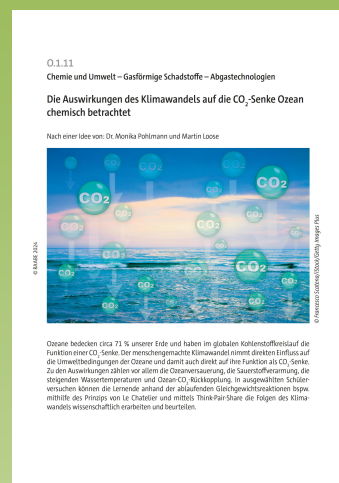
Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Die Auswirkungen des Klimawandels auf die CO<sub>2</sub>-Senke  
Ozean chemisch betrachtet*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)



## O.1.11

### Chemie und Umwelt – Gasförmige Schadstoffe – Abgastechnologien

## Die Auswirkungen des Klimawandels auf die CO<sub>2</sub>-Senke Ozean chemisch betrachtet

Nach einer Idee von: Dr. Monika Pohlmann und Martin Loose



© RAABE 2024

© Francesco Scatena/iStock/Getty Images Plus

Ozeane bedecken circa 71 % unserer Erde und haben im globalen Kohlenstoffkreislauf die Funktion einer CO<sub>2</sub>-Senke. Der menschengemachte Klimawandel nimmt direkten Einfluss auf die Umweltbedingungen der Ozeane und damit auch direkt auf ihre Funktion als CO<sub>2</sub>-Senke. Zu den Auswirkungen zählen vor allem die Ozeanversauerung, die Sauerstoffverarmung, die steigenden Wassertemperaturen und Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung. In ausgewählten Schülerversuchen können die Lernende anhand der ablaufenden Gleichgewichtsreaktionen bspw. mithilfe des Prinzips von Le Chatelier und mittels Think-Pair-Share die Folgen des Klimawandels wissenschaftlich erarbeiten und beurteilen.

---

## KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	11/12
<b>Dauer:</b>	3–4
<b>Kompetenzen:</b>	1. Bewertungskompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Fachkompetenz; 4. Kommunikationskompetenz
<b>Methoden:</b>	Think-Pair-Share, Unterrichtsgespräch, Übung, Schülerexperiment, Textarbeit, Diskussion
<b>Inhalt:</b>	Le Chatelier, Löslichkeit, Nachhaltigkeit, CO <sub>2</sub> -Rückkopplung, CO <sub>2</sub> -Senke, Druck, Temperatur, Konzentration, Ozeanversauerung, Calcit Aragonit, Muscheln, Kohlenstoffpumpe, Gleichgewichtsreaktion

---

## Fachliche Hinweise

**Ozeane** bedecken circa 71 % unserer Erde und haben im globalen Kohlenstoffkreislauf die Funktion einer **CO<sub>2</sub>-Senke**. D. h. sie nehmen mehr Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf, als sie wieder abgeben. Aufgrund ihres großen Volumens und ihrer Fähigkeit zur Pufferung des aufgenommenen Kohlenstoffdioxids geht man davon aus, dass die Ozeane etwa ein Drittel des vom Menschen ausgestoßenen Treibhausgases speichern. Die Meere und Ozeane enthalten mehr als 38.000 Gt Kohlenstoff, zumeist in Form von **gelöstem, anorganischem Kohlenstoff** als Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), Hydrogencarbonat- (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) und Carbonat-Ionen (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

Der **Klimawandel** nimmt direkten Einfluss auf die **Umweltbedingungen der Ozeane** und damit auch direkt auf ihre Funktion als CO<sub>2</sub>-Senke. In vielen Regionen der Erde wird es in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zu signifikanten Veränderungen kommen, die bedeutenden Einfluss auf das Leben in den Ozeanen nehmen werden. Die genauen Effekte lassen sich zurzeit jedoch durch noch unbekannte Parameter innerhalb der **Klimamodelle** nur schwer einschätzen. Zu den heute schon messbaren Auswirkungen zählen vor allem die **Sauerstoffverarmung**, die **Ozeanversauerung**, die steigenden **Wassertemperaturen** und **Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung**.

### Sauerstoffverarmung

Das Leben im Meer und damit auch für den Menschen ist durch einen weiteren Prozess stark bedroht. Dadurch, dass sich vor allem die obere Wasserschicht erwärmt, dehnt sie sich aus und erhält eine geringere Dichte. Dieser Dichteunterschied führt zu einer zunehmenden Schichtung, sodass der Austausch von Gasen – insbesondere von Sauerstoff – und von Nährstoffen mit tieferen Wasserschichten kleiner wird. Aus Gründen der didaktischen Reduktion wird in diesem Beitrag nicht weiter darauf eingegangen.

### Ozeanversauerung

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 %. Berechnungen zum Klimawandel sagen voraus, dass bis zum Jahre 2100 ein pH-Wert von 7,8 erreicht werden könnte. Das entspräche einer Erhöhung des Säuregrads des Oberflächenwassers der Meere um 150 % im Vergleich zu heute. Die derzeit gemessene Versauerung hat zum Teil massive Folgen für die marine Fauna, da deren Skelette auf Kalk basieren. Kalkbildenden Organismen wie Korallen oder Kalkalgen wird die Kalkproduktion in einem saureren Milieu erschwert.

### Wassertemperaturen

Die Oberflächentemperatur der Ozeane steigt jedes Jahr kontinuierlich an, mit verheerenden Folgen, wie dem Anstieg des Meeresspiegels, der Veränderung des Wetters und dem Verlust der Artenvielfalt.

### Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung

Eine weitere Folge der Erd- und damit auch der Meereserwärmung ist die geringere Speicherkapazität für Kohlenstoffdioxid. Die Eigenschaft der Wassermassen als klimaregulierende CO<sub>2</sub>-Senke wird verringert, was den Treibhauseffekt und die Meereserwärmung wiederum verstärkt (Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung).

Die **Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid** ist beschränkt und vornehmlich von den Einflussgrößen Druck und Temperatur, aber auch vom Salzgehalt abhängig. Das Prinzip vom kleinsten Zwang (**Prinzip von Le Chatelier**) hilft, die ablaufenden Gleichgewichtsreaktionen zu verstehen, um im Kontext des Schlüsselproblems Klimaerwärmung die Eingriffe des Menschen in Stoffkreisläufe zu beurteilen.

### Didaktisch-methodische Hinweise

Als **Einstieg** dient der Zeitungsartikel (**M 1**), der das Interesse bei den Schülerinnen und Schülern weckt und im Zuge dessen sie zur Ableitung von mehreren Problemfragen auffordert, die im Folgenden untersucht und beantwortet werden. Es bietet sich an diese gesammelt am Whiteboard oder in den Aufzeichnungen eines jeden Lernenden zu sichern. Die aufgeworfenen Fragen können wie folgt formuliert werden:

- Wie nehmen die Ozeane Kohlenstoffdioxid auf?
- Wieso sind die Ozeane Kohlenstoffdioxid-Senken?
- Wie beeinflussen die Faktoren Temperatur, Salzgehalt und Luftdruck die Aufnahmefähigkeit von Kohlenstoffdioxid?
- Welche Folgen hat die globale Erwärmung auf den Kohlenstoffkreislauf?

Nun folgt die Öffnung zur **praktischen Erarbeitungsphase**. In **M 2** wird die Versuchsvorschrift zur experimentellen Untersuchung der Temperaturabhängigkeit vorgegeben, um die Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung in Partnerarbeit zu erklären.

In **M 3a** und **M 3b** sollen Versuche geplant werden. Arbeitsteilig in Partnerarbeit wird die Druck- und Konzentrationsabhängigkeit des Lösungsvorgangs von Kohlenstoffdioxid in Wasser erarbeitet. Falls die Schülerinnen und Schüler im Umgang mit Spritzentechnologie noch nicht geübt sind, sollte ihnen die Erfahrung im Umgang aus dem ersten Versuch in **M 2** ausreichen, um die Versuche zu planen. Legen Sie den Lernenden gegebenenfalls die Lösung zur Selbstkontrolle aus. Die Aufgaben in **M 3a** und **M 3b** werden nach dem Think-Pair-Share-Prinzip und damit arbeitsteilig bearbeitet.

Die ersten Aufgaben sind individuell, die weiteren Aufgaben erfordern die Zusammenarbeit mit den Lernenden der anderen Gruppe.

Auf Basis der Texte **M 4a** und **M 4b** (**Textverstehen**, arbeitsteilig) wird aufgezeigt, dass die Fähigkeit der Ozeane, Kohlenstoffdioxid aufzunehmen, nicht allein auf chemischen, sondern besonders auch auf physikalischen und biologischen Prozessen beruht. So wird ein Verständnis für komplexe, offene Systeme angebahnt. Auch **M 4a** und **M 4b** sind nach dem Think-Pair-Share-Prinzip ausgelegt und werden damit arbeitsteilig bearbeitet. Die erste Aufgabe ist individuell, die weiteren Aufgaben erfordern die Zusammenarbeit mit den Lernenden der anderen Gruppe. Abgeschlossen wird die erste Problematisierung, indem sich die Partnerinnen und Partner austauschen und alle in der Problematisierung aufgeworfenen Fragen in je 1–3 Sätzen beantworten. Sichern Sie die Phase danach im Plenum. Ergeben sich weitere Fragen? Notieren Sie sie, um Möglichkeiten zum eigenen forschenden Lernen zu eröffnen.

Im Anschluss an diese Erarbeitungsphase wird in die **vertiefende**, zweite Problematik der Ozeanversauerung mithilfe des Presseartikels **M 5** eingeführt. Hier wird die Gleichgewichtsreaktion der Kohlensäure aus dem Material entwickelt und auf die Verschiebung des pH-Wertes des Ozeans angewendet. Die Sicherung erfolgt zur besseren Visualisierung in einem Schaubild. Zur Binnendifferenzierung und zur Verdeutlichung, was ein sinkender pH-Wert von 8,2 auf 8,1 bedeutet, wird eine Aufgabe zum Umrechnen des pH-Wertes in die Konzentration angeboten.

Mit **M 6** werden die Auswirkungen der Ozeanversauerung aus **M 5** auf die Lebewesen der Ozeane in einem Versuch bearbeitet und dadurch ein direkter Bezug der Folgen hergestellt. Um die Einheit **abzuschließen**, bietet es sich an, den eingangs aufgelegten Presseartikel **M 1** von den Lernenden fortsetzen zu lassen, wobei Sie von ihnen verlangen einen fachlichen Artikel bezüglich der ökologischen Probleme und schwierigen Abschätzung der Folgen des Eingriffs des Menschen in den Kohlenstoffkreislauf zwischen Atmosphäre und Ozean zu formulieren.

## Weiterführende Medien

- Chemie im Kontext. Sekundarstufe II. Hg. von Reinhold Demuth u. a. Cornelsen. Berlin 2006. S. 66 ff. Das Schulbuch enthält die zum Kontext passenden Informationen zu den ozeanischen Prozessen wie zur dahinterstehenden Chemie. Ebenso kann hier der Treibhauseffekt nachgelesen werden.
- Salters Chemie. Chemical storylines. Hg. Wolfgang Altmayer u. a. Schrödel. Braunschweig 2012. S. 103 ff. Ergänzt die Literatur in Chemie im Kontext und thematisiert stark den atmosphärischen Kohlenstoffdioxid-Gehalt.
- Wittlich, Christian: Im Treibhaus. Die Ozean-CO<sub>2</sub>-Rückkopplung. Praxis Geographie 2012 (7–8). S. 27–31. Der mehr geografische Artikel stellt die Basis des Minimalplans dar. Verallgemeinernd wird hier der globale Kohlenstoffkreislauf betrachtet.
- Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten. [Elektronische Ressource]. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat d. Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

## Internetadressen

- <https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/aktuelles/das-sagen-die-experten/wieso-der-arktische-ozean-so-suess-und-eisig-ist-und-was-das-mit-dem-klima-zu-tun-hat.htm>  
Hier findet sich der Expertenbericht von Dr. Benjamin Rabe, Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, welcher in **M 3b** verwendet wird.
- [https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Globales\\_F%C3%B6rderband\\_%28einfach%29](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Globales_F%C3%B6rderband_%28einfach%29)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Thermohaline\\_Zirkulation](https://de.wikipedia.org/wiki/Thermohaline_Zirkulation) Auf diesen beiden Seiten finden Sie Informationen zum globalen Förderband.
- <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/> Aktuelle Angaben zu CO<sub>2</sub>-Messungen finden Sie hier.

## Bezugsquellen

- <http://chemz.webshopapp.com> Adapter für M 2, M 3a und M 3b
- <http://chemz.webshopapp.com/verbinder-spritze-schlauch.html> Medizinisches Zubehör kann über verschiedene Quellen bezogen werden. Es bieten sich Bestellungen über Apotheken oder Online-Shops an; Letztere verfügen meist über die günstigeren Preise. Neben den großen, bekanntesten Online-Shops bietet sich der Shop von ChemZ an, da hier ein durchdachtes Konzept für den Einsatz im Unterricht dahintersteht.

Alle Links wurden zuletzt am 18.04.2024 abgerufen.

## Auf einen Blick

---

### Einstieg in das Thema

**Thema:** Meere und Ozeane: Entdecken. Nutzen. Schützen

**M 1** Die Ozeane in der Klimakrise

---

### Praktische Phase (Schülerversuche)

**Thema:** Die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser

**M 2** Die temperaturabhängige Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser

**M 3a** Die druckabhängige Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser

**M 3b** Die salzgehaltabhängige Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser

---

### Erarbeitung mittels Textarbeit

**Thema:** Die Kohlenstoffpumpen der Ozeane

**M 4a** Die physikalische Kohlenstoffpumpe

**M 4b** Die biologische Kohlenstoffpumpe

---

### Vertiefung mittels Textarbeit und Schülerversuch

**Thema:** Die Versauerung der Ozeane

**M 5** Die Versauerung der Ozeane

**M 6** Einfluss der Ozeanversauerung auf Meereslebewesen

---

### Lösungen und GBU

**Seite 26** Lösungen

**Seite 35** Tätigkeitsbezogene Gefährdungsbeurteilung

---

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Die Auswirkungen des Klimawandels auf die CO<sub>2</sub>-Senke  
Ozean chemisch betrachtet*

Das komplette Material finden Sie hier:


[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)



O.1.11  
Chemie und Umwelt – Gasförmige Schadstoffe – Abgastecnologien

**Die Auswirkungen des Klimawandels auf die CO<sub>2</sub>-Senke Ozean chemisch betrachtet**

Nach einer Idee von Dr. Monika Pohlmann und Martin Loose



Ozeane bedecken circa 71 % unserer Erde und haben im globalen Kohlenstoffkreislauf die Funktion einer CO<sub>2</sub>-Senke. Der menschengemachte Klimawandel übt einen direkten Einfluss auf die Umweltbedingungen der Ozeane und damit auch direkt auf ihre Funktion als CO<sub>2</sub>-Senke. Zu den Auswirkungen zählen vor allem die Ozeanversauerung, die Sauerstoffarmung, die steigenden Wassertemperaturen und Ozean- CO<sub>2</sub>-Rückkopplung. In ausgewählten Schüler- versuchen können die Lernende anhand der ablaufenden Gleichgewichtsreaktionen Topik mithilfe des Prinzips von Le Chatelier und mittels Think Pair Share die Folgen des Klima- wandels wissenschaftlich erörtern und beurteilen.