

Name:

Datum:

Ozeanversauerung – Aufnahme von Kohlenstoffdioxid an der Grenzschicht zwischen Ozean und Atmosphäre

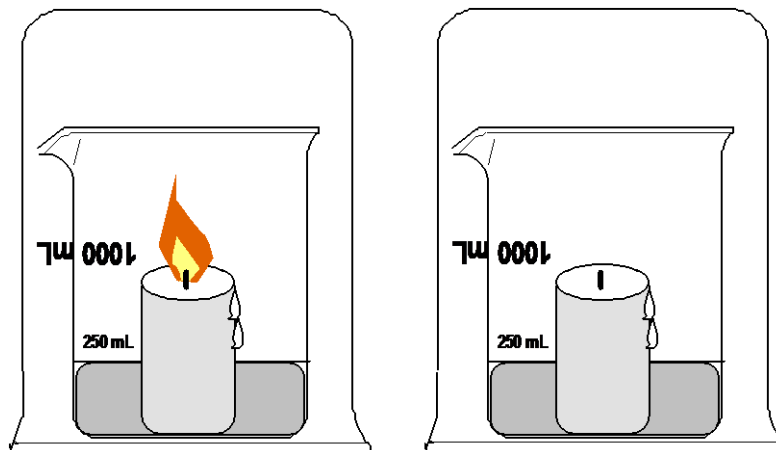
Welche Wirkung hat das Verbrennungsgas Kohlenstoffdioxid auf die Grenzschicht von Luft und Wasser?

Geräte

2 Bechergläser (250 mL, weit), Becherglas (250 mL, eng), 2 Bechergläser (1000 mL, Ausguss abgeklebt), Kunststoffpipette, 2 weiße Stumpenkerzen (6 cm hoch, \varnothing 4 cm), Streichhölzer, 100 mL Becherglas mit Wasser, weiße Unterlage, Glasstab, Stoppuhr

Materialien

Leitungswasser, Universalindikator (Mc Crumb: 20 mg Methylrot, 40 mg Bromthymolblau, 40 mg Thymolblau, 20 mg Phenolphthalein in 100 mL Ethanol), pH-Farbskala (Mc Crumb)



Durchführung

1. Fülle 150 mL Leitungswasser in das hohe 250 mL Becherglas.
2. Gib mittels der Kunststoffpipette 1 mL Indikatorlösung in das Leitungswasser. Rühre mit dem Glasstab um (das Wasser sollte dunkelgrün sein).
3. Stelle die beiden weiten 250 mL Bechergläser nebeneinander auf die weiße Unterlage.
4. Fülle das grüne Wasser in beide Bechergläser, so dass in beiden Bechergläsern gleich viel Wasser enthalten ist.
5. Stelle jeweils eine Kerze mittig in jedes Becherglas. (Ein Becherglas dient als Vergleich).
6. Zünde **eine** Kerze an und warte ca. 10 – 20 s, bis sie gleichmäßig brennt. Entsorge das Streichholz im Becherglas mit Wasser.
7. Stülpe jetzt das große Becherglas über das kleine Becherglas mit der brennenden Kerze.
8. Nimm das zweite große Becherglas und stülpe es über das kleine Becherglas mit der Kerze, die nicht brennt. Dieser Aufbau dient als Vergleich.

9. Beobachte, was geschieht!

10. Lass das Becherglas nach dem Erlöschen der Kerze noch 2 – 3 min über der Kerze stehen und beobachte weiter!

**Welche Veränderung kannst du beobachten und wo findet die Veränderung statt?
Überlege dazu, welcher Stoff beim Brennen der Kerze entsteht?**

**Was schließt du daraus?
(Vergleiche dazu die Farbe des Wassers mit der pH-Farbskala)**

Was bedeutet dies übertragen auf die Ozeane?

Name:

Datum:

Ozeanversauerung - Ozean als Kohlenstoffsенke

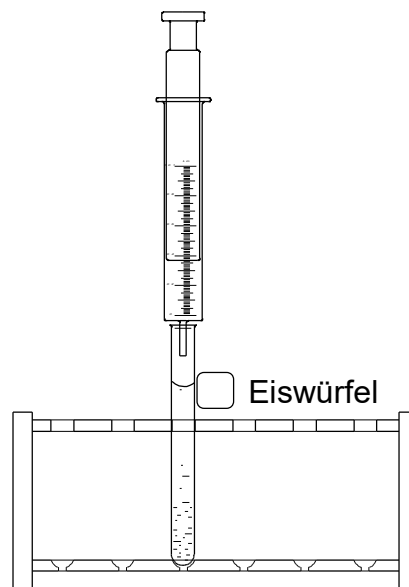
Wie wirkt Kälte auf in Wasser gelöstes Kohlenstoffdioxid?

Geräte

Einwegspritze (10 mL), Soda-Club-Maschine, Reagenzglas mit Stopfen, Reagenzglasständer

Materialien

Leitungswasser, Universalindikator (Mc Crumb: 20 mg Methylrot, 40 mg Bromthymolblau, 40 mg Thymolblau, 20 mg Phenolphthalein in 100 mL Ethanol), pH-Farbskala (Mc Crumb), weißer Kunststoffeiswürfel (alternativ Eiswürfel)



Durchführung

1. Fülle ein Reagenzglas zu $\frac{3}{4}$ mit Leitungswasser.
2. Gib 8 Tropfen Indikatorlösung hinzu, verschließe es mit dem Stopfen und schüttele, bis das Wasser gleichmäßig grün gefärbt ist.
3. Entferne den Stempel aus der Spritze.
4. Verschließe die kleine Öffnung der Spritze mit dem Daumen.
5. Fülle nun mit Hilfe des Schlauches der Soda-Club-Maschine 10 Sekunden lang CO_2 von oben in die große Öffnung der Spritze (langsam bis 10 zählen).
6. Stecke den Stempel zurück auf die Spritze, während die kleine untere Öffnung weiterhin mit dem Daumen verschlossen bleibt.
7. Setze die Spritze nun vorsichtig auf das Reagenzglas und drücke das CO_2 langsam hinein.

8. **Beobachte genau, was geschieht!** Halte dazu das Reagenzglas in Augenhöhe oben am Rand fest.
9. Halte jetzt einen Eiswürfel mit der anderen Hand seitlich an das Reagenzglas (in Höhe des Wasserspiegels) und beobachte die Veränderung.

Was kannst du beobachten?

Wie kannst du die Wirkung des Eiswürfels auf den Ozean übertragen?

Informationen zu den Versuchen Ozeanversauerung

- **Aufnahme von Kohlenstoffdioxid an der Grenzschicht zwischen Ozean und Atmosphäre**
- **Ozean als Kohlenstoffsенke**

Dieser Versuch gehört in eine Reihe von Experimenten, die sich mit der Ozeanversauerung beschäftigen. In diesen beiden Versuchsteilen geht es um die Auswirkungen steigender CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre auf die Meere. Die steigenden CO₂-Konzentrationen sind in erster Linie auf die Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen zurückzuführen.

1. Versuchsteil: Ozeanversauerung – Aufnahme von Kohlenstoffdioxid an der Grenzschicht zwischen Ozean und Atmosphäre

In den Vorversuchen „Kohlenstoffdioxid - kleines Gas mit großer Wirkung auf das Klima“ haben die Schülerinnen und Schüler bereits unter „4. Nachweis von Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsgas“ erkennen können, dass beim Brennen der Kerze CO₂ entsteht. Diese Reaktion soll vom Menschen ausgehende Veränderungen der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre durch Verbrennungsprozesse darstellen.

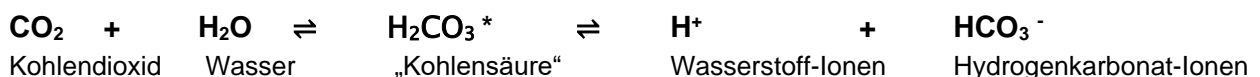
Bei einem weiteren Vorversuch zur Versuchsreihe „Ozeanversauerung“ (1. Vorversuch: Was haben die Farben des Indikators mit dem pH-Wert zu tun?) haben die Schülerinnen und Schüler den Universalindikator nach McCrumb kennengelernt. Für diesen Indikator haben sie selbständig eine Farbskala erstellt und wissen, wie sich die Farben des Indikators dabei in Abhängigkeit vom pH-Wert ändern: Der Indikator wird durch eine neutrale Lösung grün gefärbt und durch eine Säure je nach Säurestärke bzw. pH-Wert gelb, orange oder rot.

Beobachtung

Die brennende Kerze erlischt nach ca. 1 Minute. Die Schülerinnen und Schüler stellen anschließend fest, dass an der Wasseroberfläche des Versuchsaufbaus mit der brennenden Kerze einige Minuten nach Erlöschen der Kerze ein Farbwechsel des McCrumb Universalindikators von dunkelgrün zu gelb stattfindet, an der Wasseroberfläche des Versuchsaufbaus ohne die brennende Kerze hingegen nicht.

Erklärung

Die brennende Kerze produziert CO₂, das sich im Luftraum unter dem Becherglas anreichert. Abhängig von der Konzentration und dem Partialdruck löst sich CO₂ an der Wasseroberfläche und reagiert mit dem Wasser zu Kohlensäure* (s. dazu auch „Ozeanversauerung - Wirkung von CO₂ auf den pH-Wert“). Durch die anschließende Freisetzung von Wasserstoff-Ionen sinkt der pH-Wert an der Wasseroberfläche.



* Anmerkung: Aus didaktischen Gründen wird hier die vereinfachte Schreibweise H₂CO₃ benutzt, obwohl sie nur in sehr geringer Konzentration vorkommt. Bisher war man davon ausgegangen, dass Kohlensäure (H₂CO₃) als stabiles Molekül überhaupt nicht existiert, da sie sofort in Wasser und Kohlendioxid zerfällt. Doch einem österreichischen Forscherteam ist es inzwischen gelungen, gasförmige Kohlensäure zu detektieren - allerdings nur als Spurenkomponente.³

Der Farbumschlag des Indikators von grün zu gelb zeigt den Schülerinnen und Schülern, dass das Wasser an der Oberfläche saurer wird (McCrumb grün bei pH 8, gelb bei pH 6, s. Vorversuch „Was haben die Farben des Indikators mit dem pH-Wert zu tun?“). Der Übergang von CO₂ aus der Umgebungsluft in das Wasser findet also an der Grenzschicht zwischen Atmosphäre und Wasser statt. Zwar kann sich die saure Zone mit der Zeit durch Diffusion mit den tieferen Schichten vermischen, dem wirkt aber der Temperaturgradient im Wasser entgegen. Das Oberflächenwasser ist üblicherweise wärmer und daher „leichter“, so dass es an der Oberfläche verbleibt.

Bedeutung

Der Ozean kann das durch den Einfluss des Menschen gebildete CO₂ (z. B. durch Verbrennung fossiler Energieträger oder Brandrodungen) aus der Atmosphäre aufnehmen und somit den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre senken. Allerdings führt die Aufnahme von CO₂ zur Versauerung der Meere an der Oberfläche.

Im nachfolgenden Versuchsteil soll geklärt werden, wie die Versauerung der Meere auch tiefer gelegene Schichten erreichen kann.

2. Versuchsteil: Ozeanversauerung – Ozean als Kohlenstoffsенke

Als CO₂-Quelle dient in diesem Versuchsteil eine Soda-Club-Maschine mit entsprechender Patrone.

Beobachtung

Auch in diesem Versuchsteil beobachten die Schülerinnen und Schüler, dass an der Wasseroberfläche durch Zugabe von CO₂ ein Farbwechsel von dunkelgrün zu gelb stattfindet. Durch die Abkühlung mit Hilfe des Eiswürfels sinkt das saure Wasser im Reagenzglas nach unten und breitet sich dort aus.

Erklärung

Das zugeführte CO₂ löst sich an der Oberfläche und bewirkt, dass der pH-Wert sinkt; das Wasser an der Grenzschicht also saurer wird. Durch die Kälte des Eiswürfels wird das saure Wasser schwerer, da kaltes Wasser eine höhere Dichte aufweist als warmes Wasser (s. Abb. 1), und sinkt durch so genannte Konvektionsströmungen (Strömungen durch Dichteunterschiede) zu Boden.

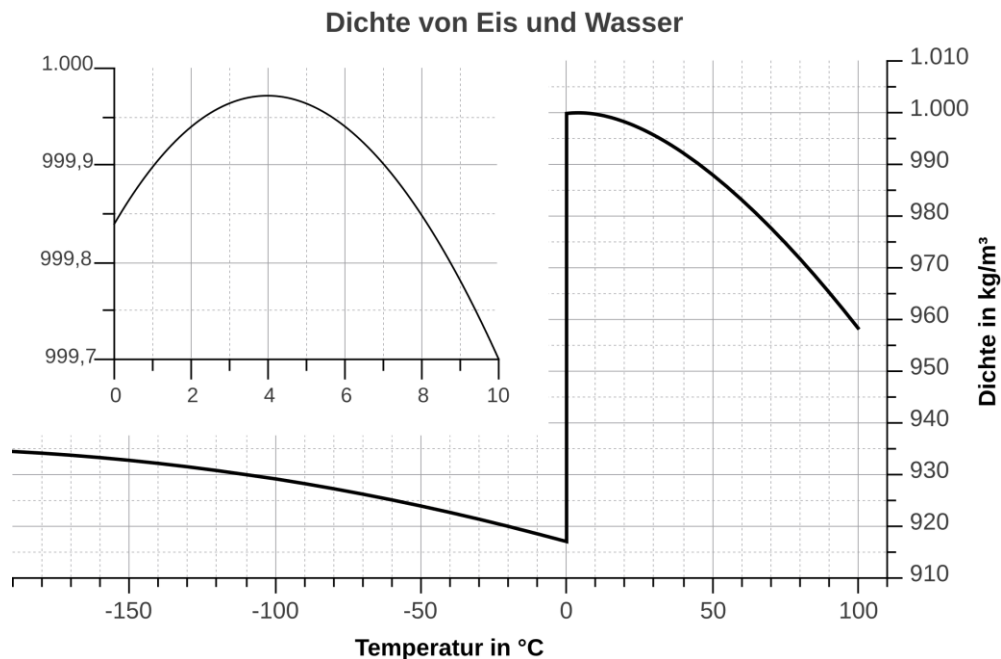


Abbildung 1: Dichte von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur: Wasser mit einer Temperatur von 4 °C besitzt die größte Dichte (Dichteanomalie) und ist entsprechend schwerer als Wasser im warmen Temperaturbereich > 4 °C. Mit steigender Temperatur nimmt die Dichte weiter ab. Eis ist weniger dicht als das es umgebende Wasser von 0 °C und schwimmt an der Oberfläche.¹

Bedeutung

Der Ozean kann steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre auffangen, indem sich CO₂ in der Grenzschicht der Wasseroberfläche löst. Dadurch sinkt der pH-Wert, das Wasser wird saurer. Durch Abkühlung, z. B. durch polare Strömungen, kann das saure Wasser in tiefer gelegene Wasserschichten abtransportiert und dort gespeichert werden. An der Wasseroberfläche wird weiter CO₂ aufgenommen und der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre weiter gesenkt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom Ozean als Kohlenstoffsенke. Der Ozean stellt einen natürlichen Speicher dar, der mehr als ein Drittel des vom Menschen produzierten CO₂ aufnimmt und somit die Erwärmung unseres Planeten bremst.² Problematisch ist im Gegenzug das Sinken des pH-Wertes, auch in tiefer gelegenen Wasserschichten. Die Versauerung führt auch dort zu Schädigungen, wie z. B. an kalkbildenden Organismen, die in der Folge weitreichende Auswirkungen mit sich bringen. Diese Auswirkungen der Ozeanversauerung auf Kalkschalentiere können den Schülerinnen und Schülern mit dem Versuch „Ozeanversauerung – Wirkung von CO₂ auf Muscheln“ verdeutlicht werden.

Quellen

1. https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Eigenschaften_des_Wassers (Zugriff am 12.07.2020), Urheber: Klaus-Dieter Keller (erstellt mit QtiPlot)
2. BIOACD Broschüre: „Das andere CO₂-Problem“: Acht Experimente für Schüler und Lehrer; Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (Geomar); 2. Auflage, Januar 2012
Online unter <https://www.oceanacidification.de/category/downloads/> (Zugriff am 11.05.2020)
3. „Der Kohlensäure auf der Spur“. CHEMKON 2011, 18, 92