KULTUSMINISTER KONFERENZ

Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen

Weiterentwicklung der Bildungsstandards in der Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften

Illustrierende Lernaufgabe für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Versauerung der Ozeane

Diese Aufgabe wurde von Fachexpertinnen und Fachexperten der Länder, überwiegend Lehrkräften, entwickelt. Die Aufgabenentwicklungsgruppe wurde von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Fachdidaktik Chemie beraten. Das Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen hat den Prozess koordiniert.

Zusammenfassung:

In dieser Lernaufgabe sollen die Lernenden ein Modellexperiment planen und durchführen, in dem das Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser und die daraus resultierende Veränderung des pH-Wertes veranschaulicht wird.

Kompetenzbereiche und relevante Standards	**Sachkompetenz** *Die Lernenden…* S 1.5 beschreiben chemische Reaktionen als Einheit von Stoff- und Energieumwandlungen. S 1.7 beschreiben Möglichkeiten der Beeinflussung chemischer Reaktionen durch Variation von Reaktionsbedingungen. **Erkenntnisgewinnungskompetenz** *Die Lernenden …* **E 2.2 erkennen Modelle und Modellexperimente als notwendige Hilfsmittel zur Erklärung und Vorhersage von Vorgängen auf der submikroskopischen Ebene.** E 2.5 wählen Modelle zur Erklärung chemischer Sachverhalte aus. E 2.6 diskutieren Aussagen und Passung von Modellen. E 3.2 erkennen das Denken in Modellen und das Experimentieren als zentrale Methoden der Erkenntnisgewinnung in der Chemie.

	Kommunikationskompetenz *Die Lernenden…* K 1.1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten in unterschiedlichen, auch digitalen, Quellen. K 1.3 wählen mit Blick auf die Fragestellung relevante Informationen aus. K 3.2 beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte strukturiert.
Basiskonzepte	Konzept der chemischen Reaktion
konkrete Inhalte	Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser; Bestimmung des pH-Wertes mit Universalindikator
Materialien	M 1 – Informationstext M 2 – Versuchsprotokoll
Abschluss	Mittlerer Schulabschluss (MSA)
Jahrgangsstufe	2. Lernjahr
Lernvoraussetzungen	♦ Säuren ♦ Indikatoren ♦ pH-Wert ♦ kalklösende Eigenschaft von Säuren
Bearbeitungszeit	ca. 45 Minuten
Hilfsmittel	PSA, Kohlenstoffdioxid, 60 mL Spritze, 0,5 L PET-Einwegflasche, Universalindikator
Differenzierungsmöglichkeit	Selbstständige Internetrecherche zum Thema Versauerung der Ozeane. Variationsmöglichkeiten bei der Versuchsplanung und Versuchsdurchführung durch die Lernenden.
fachpraktischer Anteil	ja ☒ nein ☐

1 Aufgabe

Teilaufgabe 1: Planung

1.1 Lest euch den Textauszug M 1 „Ozeanversauerung: Meerestiere in Gefahr“ durch und fasst die Aussagen zur Ursache der Versauerung der Ozeane zusammen.

1.2 Plant im Anschluss ein Experiment, mit dem die Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser im Meer modellhaft nachgestellt und die pH-Wert-Veränderung veranschaulicht werden kann.

Euch steht folgendes Arbeitsmaterial zur Verfügung: 0,5 L PET-Einwegflasche, Kohlenstoffdioxid in einer 60 mL Spritze, Wasser und Universalindikator.

Teilaufgabe 2: Durchführung

Führt nach Absprache mit eurer Lehrkraft euer selbst geplantes Modellexperiment durch und erstellt dazu ein Versuchsprotokoll, in welchem mindestens folgende Punkte enthalten sind: Arbeitssicherheit, Arbeitsmaterial, beschriftete Versuchsskizze, Versuchsdurchführung, Versuchsbeobachtungen und Versuchsergebnisse.

Teilaufgabe 3: Zurück zum Stundenbeginn

Nachdem ihr die Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet habt, reflektiert, welche Unterschiede zwischen Modellexperiment und Wirklichkeit existieren.

2 Material für Lernende

Material 1 Informationstext

Ozeanversauerung: Meerestiere in Gefahr

Die Nutzung fossiler Brennstoffe durch den Menschen führt zur Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (CO_2) in die Atmosphäre. Meere und Ozeane nehmen einen Teil dieses freigesetzten CO_2 auf, wodurch sich die CO_2-Konzentration im Meerwasser erhöht. Diese Zunahme des CO_2-Gehalts bewirkt eine fortschreitende Versauerung des Meerwassers, die in den Polarregionen besonders schnell voranschreitet (Pörtner, 2017, S. 348).

Die Ozeanversauerung hat gravierende Auswirkungen auf viele marine Lebewesen: So wurde in wissenschaftlichen Untersuchungen festgestellt, dass das versauerte Meerwasser zur Verformung und Auflösung der Schalen und Außenskelette vieler kalkhaltiger Organismen wie Muscheln, Meeresschnecken, Krebsen und Korallen führt (Dixson, 2019, S. 247; Pörtner, 2017, S. 348).

Der steigende CO_2-Gehalt in den Ozeanen betrifft somit zahlreiche Meerestiere und stellt einen weiteren Risikofaktor für das Aussterben vieler Tierarten dar (Dixson, 2019, S. 254).

Material 2 Versuchsprotokoll

Name: _____ Datum: _____

Versuchsprotokoll

Versuchstitel: _____

Arbeitsmaterial:

- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____

Überlegungen zur Arbeitssicherheit:

_____

_____

Versuchsskizze:

Versuchsdurchführung:

_____

_____

_____

_____

Versuchsbeobachtung:

_____

_____

Versuchsergebnis:

_____

_____

_____

3 Weiterführendes Material

https://www.awi.de/im-fokus/ozeanversauerung.html

Alfred-Wegener-Institut (2023). Ozeanversauerung.

4 Hinweise zur Durchführung

Zielsetzung

Ziel der Aufgabe ist es, dass die Schülerinnen und Schüler anhand des Modellexperiments den chemischen Prozess der Ozeanversauerung nachvollziehen können. Auf diese Weise eröffnet die Lernaufgabe vielfältige Möglichkeiten, im Kontext der Vermittlung chemischer Kompetenzen mit den Lernenden über den Klimawandel sowie über seine Ursachen und Folgen ins Gespräch zu kommen. Bei der anschließenden Reflexion über die Grenzen des Experiments steht die Erkenntnis im Vordergrund, dass Modelle zur Erklärung komplexer Vorgänge zwar nützlich, jedoch nicht deckungsgleich mit der Realität sind.

Didaktische Hinweise

Für die vorliegende Lernaufgabe sollten die Schülerinnen und Schüler bereits erste Grundkenntnisse zum Thema saure Lösungen besitzen.

Die Lernenden sollten wissen, dass der pH-Wert angibt, wie sauer oder basisch eine Lösung ist und dass eine Lösung umso saurer ist, je kleiner ihr pH-Wert ist. Sie sollten zudem grundlegende Kenntnisse zu Indikatoren besitzen, einschließlich der Kenntnis, dass Indikatoren Stoffe sind, die (häufig durch Farbumschläge) Änderungen bei chemischen Reaktionen anzeigen und dass mit ihrer Hilfe der pH-Wert einer Lösung bestimmt werden kann. Idealerweise haben die Schülerinnen und Schüler bereits erste Experimente zur pH-Wert-Bestimmung mit verschiedenen Indikatoren durchgeführt, Farbumschläge beobachtet und protokolliert sowie die untersuchten Lösungen anhand ihrer Beobachtungen dem sauren, neutralen oder basischen Milieu zugeordnet.

Im Hinblick auf Fähigkeiten zum naturwissenschaftlichen Arbeiten sollten die Schülerinnen und Schüler insgesamt in der Lage sein, einfache Experimente zu planen und durchzuführen, Messwerte korrekt abzulesen und zu dokumentieren sowie Beobachtungen zu protokollieren und daraus Schlüsse zu ziehen.

Hinweise zur Gesamtaufgabe

Im Folgenden sollen die theoretischen Grundlagen des Experiments kurz dargelegt werden.

Kohlenstoffdioxid weist eine hohe Löslichkeit in Wasser auf. Wird das Gas bei normalem Druck und 0 °C eingeleitet, können bis zu 3,4 g CO_2 pro Liter Wasser gelöst werden. Bei einer Temperatur von 25 °C sinkt die Löslichkeit auf 1,5 g, was einem Volumen von 0,85 L Kohlenstoffdioxidgas pro Liter Wasser entspricht. Ein Teil des physikalisch gelösten Kohlenstoffdioxids reagiert mit dem Wasser und bildet Kohlensäure.

Die gebildete Kohlensäure kann in zwei Schritten Protonen an das Wasser abgeben:

1. $\mathrm{CO_2\,(aq)} + H_2O\,(\mathrm{l}) \rightleftharpoons \mathrm{H^+\,(aq)} + \mathrm{HCO_3^-\,(aq)}$
2. $\mathrm{HCO_3^-\,(aq)} \rightleftharpoons \mathrm{H^+\,(aq)} + \mathrm{CO_3^{2-}\,(aq)}$

Die wässrige Kohlenstoffdioxidlösung verhält sich somit wie eine schwache Säure (Binnewies et al., 2016, S. 497).

Differenzierungsmöglichkeiten

In Teilaufgabe 1.1 ist es möglich, leistungsstarke Schülerinnen und Schüler in einer Internetrecherche eigenständig Informationen zum Thema „Versauerung der Ozeane“ zusammentragen zu lassen. Unterstützend kann dabei auf die Seite des Alfred-Wegener-Instituts zum Thema „Ozeanversauerung“ verwiesen werden, welche in den weiterführenden Materialien verlinkt ist. Zusätzlich können die Lernenden Quellen der weltweiten CO_2-Emissionen recherchieren. Schließlich kann hier oder im Kontext der nächsten Teilaufgabe der theoretische Hintergrund in einer den jeweiligen Schülerinnen und Schülern angemessenen Tiefe aufgearbeitet werden.

In Teilaufgabe 1.2 können die Schülerinnen und Schüler entweder ein eignes Versuchsprotokoll erstellen, welches die Kriterien der Aufgabenstellung berücksichtigt oder sie können alternativ den Vordruck (M 2) nutzen.

Bei der Planung und Durchführung des Experiments bietet es sich als Möglichkeit zur Differenzierung zudem an, eine Veränderung der Versuchsbedingung vorzunehmen. Dies kann beispielsweise durch die Variation folgender Parameter erfolgen:

- Veränderung der Kohlenstoffdioxidmenge, indem mehr oder weniger Kohlenstoffdioxid in die Flasche gefüllt wird.
- Es wird Salzwasser (NaCl) in die 0,5 L PET-Einwegflasche gefüllt. Wobei beachtet werden sollte, dass der durchschnittliche Salzgehalt der Ozeane ca. 3,5 % beträgt, was in etwa 35 g Salz pro L Wasser entspricht.
- Die Wassertemperatur wird variiert. Dabei ist auf die Gefahr beim Umgang mit heißen Flüssigkeiten hinzuweisen.

Den Lernenden muss bei Variationen erklärt werden, dass nur eine Bedingung am Experiment geändert werden darf, um die Auswirkung dieser Variation auf das Ergebnis beurteilen zu können.

5 Lösungshinweise und Bezug zu den Standards

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

- S – Standards der Sachkompetenz,
- E – Standards der Erkenntnisgewinnungskompetenz,
- K – Standards der Kommunikationskompetenz,
- B – Standards der Bewertungskompetenz.

1.1	Lest euch den Textauszug M 1 „Ozeanversauerung: Meerestiere in Gefahr“ durch und fasst die Aussagen zur Ursache der Versauerung der Ozeane zusammen.	S	E 2.6	K 1.1 1.3	B

Die Lernenden entnehmen aus dem Text, dass sich Kohlenstoffdioxid in Wasser (Meerwasser) löst und dabei eine saure Lösung entsteht. Die Lehrkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler in der Phase der schriftlichen Formulierung ihrer Aussagen, warum die Ozeane versauern.

1.2	Plant im Anschluss ein Experiment, mit dem die Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser im Meer modellhaft nachgestellt und die pH-Wert-Veränderung veranschaulicht werden kann. Zur Verfügung steht euch folgendes Arbeitsmaterial: 0,5 L PET-Einwegflasche, Kohlenstoffdioxid in einer 60 mL Spritze, Wasser und Universalindikator.	S 1.7	E 2.5 2.6	K 1.3	B

Die Lernenden planen in dieser Phase das Experiment, und erkennen, dass sie sich in ihren Arbeitsgruppen ein Modell überlegen müssen, mit dem die Realität auf den Ozeanen im Chemieraum nachgestellt werden kann. Dabei können die Lernenden ihre Versuche mit den vorgegebenen Arbeitsmaterialien frei planen.

Eine mögliche Versuchsplanung ist: In eine 0,5 L PET-Einwegflasche werden ca. 200 mL Leitungswasser sowie einige Tropfen Universalindikator gefüllt. Anschließend werden mit einer Spritze 60 mL Kohlenstoffdioxid in den Gasraum der 0,5 L PET-Einwegflasche geleitet. Im Anschluss wird die Flasche geschüttelt und der pH-Wert bestimmt.

2	Führt nach Absprache mit eurer Lehrkraft euer selbst geplantes Modellexperiment durch und erstellt dazu ein Versuchsprotokoll, in welchem mindestens folgende Punkte enthalten sind; Arbeitssicherheit, Arbeitsmaterial, eine beschriftete Versuchsskizze, eine Versuchsdurchführung, die Versuchsbeobachtungen und die Versuchsergebnisse.	S 1.5	E 2.2 2.5 2.6	K 3.2	B

Eine mögliche Versuchsdurchführung ist: In eine 0,5 L PET-Einwegflasche werden ca. 200 mL Leitungswasser sowie einige Tropfen Universalindikator gefüllt. Anschließend werden mit einer Spritze 60 mL Kohlenstoffdioxid in den Gasraum der 0,5 L PET-Einwegflasche geleitet. Im Anschluss wird die Flasche geschüttelt und der pH-Wert bestimmt.

Mögliche Versuchsbeobachtungen sind: Die 0,5 L PET-Einwegflasche zieht sich beim Schütteln der Flasche zusammen und der Universalindikator färbt sich orange (pH-Wert 4–5).

Mögliche Versuchsergebnisse sind: Das Kohlenstoffdioxid löst sich im Wasser. Dadurch verringert sich das Gasvolumen in der 0,5 L PET-Einwegflasche, wodurch sich diese zusammenzieht. Zusätzlich ändert sich der pH-Wert des Wassers, angezeigt durch die orangene Färbung des Universalindikators (pH-Wert 4–5).

Im Folgenden sind Lösungen möglicher Varianten dargestellt.

- Variation der Kohlenstoffdioxidmenge:
  - Die Menge an Kohlenstoffdioxid wird auf 120 mL verdoppelt, wodurch sich ein pH-Wert von 3 in der Lösung einstellt.
  - Die Menge an Kohlenstoffdioxid wird auf 30 mL halbiert, wodurch sich ein pH-Wert von 5 in der Lösung einstellt.
- Es wird Salzwasser für das Experiment verwendet und mit 60 mL Kohlenstoffdioxid versetzt. Dabei stellt sich ein pH-Wert von 4 ein. Somit lässt sich mit Universalindikator kein Unterschied in Bezug auf mit Kohlenstoffdioxid versetztes Leitungswasser feststellen.
- Die Wassertemperatur wird variiert:
  - Die Wassertemperatur wird auf 50 °C erhöht und das Wasser wird mit 60 mL Kohlenstoffdioxid versetzt. Dabei stellt sich ein pH-Wert von 5 in der Lösung ein.
  - Die Wassertemperatur wird auf ca. 1 °C abgekühlt und das Wasser mit 60 mL Kohlenstoffdioxid versetzt. Dabei stellt sich ein pH-Wert von 4 in der Lösung ein.

3	Nachdem ihr die Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet habt, reflektiert, welche Unterschiede zwischen Modellexperiment und Wirklichkeit existieren.	S	E	K 1.3 3.2	B

Die Schülerinnen und Schüler sollten im Zuge der Reflexion folgende Unterschiede zwischen Modellexperiment und Wirklichkeit herausarbeiten:

- Der Gehalt an Kohlenstoffdioxid ist in der Modellumgebung höher als in der Realität, da reines Kohlenstoffdioxid in die 0,5 L PET-Einwegflasche eingefüllt wird.
- Das Mischen von Kohlenstoffdioxid und Wasser in der 0,5 L PET-Einwegflasche erfolgt durch Schütteln der Flasche. Dadurch findet eine stärkere Durchmischung statt als auf den Meeren.

6 Quellenangaben

- Binnewies, M., Finze, M., Jäckel, M., Schmidt, P., Willner, H., & Rayner-Canham, G. (2016). *Allgemeine und Anorganische Chemie.* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Springer Spektrum.
- Material 1:
  - Dixson, D. L. (2019). Meereswelt im Würgegriff. In F. Neukirchen (Hrsg.), *Die Folgen des Klimawandels* (1. Auflage, 243–255). Springer.
  - Pörtner, H.-O. (2017). Wie wirkt der Klimawandel auf das Leben im Meer? In G. Hempel, K. Bischof & W. Hagen (Hrsg.), *Faszination Meeresforschung. Ein ökologisches Lesebuch* (2. Auflage, 345–356). Springer.
- Weiterführendes Material:
  - Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung. (2023, 16. Oktober). *Ozeanversauerung.* https://www.awi.de/im-fokus/ozeanversauerung.html

Sofern nicht anders gekennzeichnet, liegt das Copyright beim IQB e. V., Lizenz: Creative Commons (CC BY).
Volltext unter: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de