Aufgaben

1. **Stellen** Sie unter Verwendung von Reaktionsgleichungen **dar**, warum eine erhöhte CO_2-Konzentration im Wasser zu einer zunehmenden Versauerung der Meere führt. *(10 Pkt.)*
2. **Erläutern** Sie mit Hilfe geeigneter Reaktionsgleichungen und des Prinzips von Le Chatelier, warum es die Korallen durch den Eintrag von Kohlenstoffdioxid zunehmend schwerer haben, ein Kalkskelett zu produzieren. **Erklären** Sie in diesem Zusammenhang die Zeitungsüberschrift „Korallen stößt das CO_2 sauer auf“. *(16 Pkt.)*
3. **Diskutieren** Sie die Aussage von Hans-Otto Pörtner. *(6 Pkt.)*

Fachspezifische Vorgaben

Vor über 50 Jahren wurde zum ersten Mal mit genauen Messungen gezeigt, dass die Konzentration des Kohlenstoffdioxids (CO_2) in der Atmosphäre zunimmt. Diese Beobachtungen, die auf dem Vulkan Mauna Loa auf Hawaii und am Südpol begannen, wurden bisher kontinuierlich fortgesetzt. Aus Analysen von Eisbohrkernen der Antarktis und Grönlands lässt sich die Zusammensetzung der Atmosphäre für noch weiter zurückliegende Zeiträume rekonstruieren. Vor Beginn des 19. Jahrhunderts finden sich nur geringfügige Schwankungen der atmosphärischen CO_2-Konzentration um einen Mittelwert von etwa 280 ppm. Erst mit Beginn der industriellen Revolution erhöhte sich das CO_2 bis heute (2017) auf über 400 ppm (siehe Abbildung 1). Grund für diesen Anstieg sind die von Menschen verursachten CO_2-Emissionen, zum Beispiel durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe.

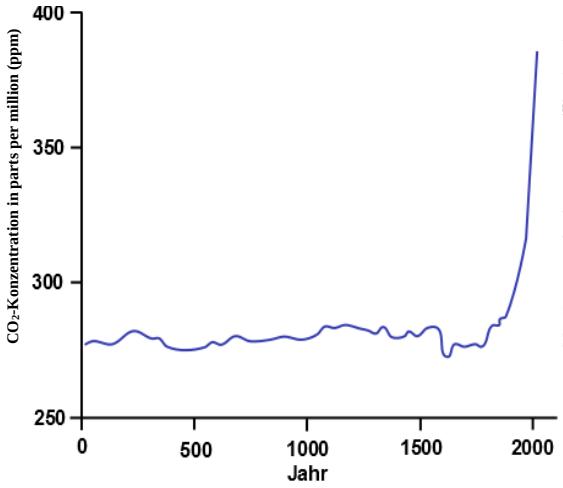


Abbildung 1: Zeitliche Änderung der CO_2-Konzentration in der Erdatmosphäre von 0 bis 2012. Quelle: IPCC Synthesis Report 2013.

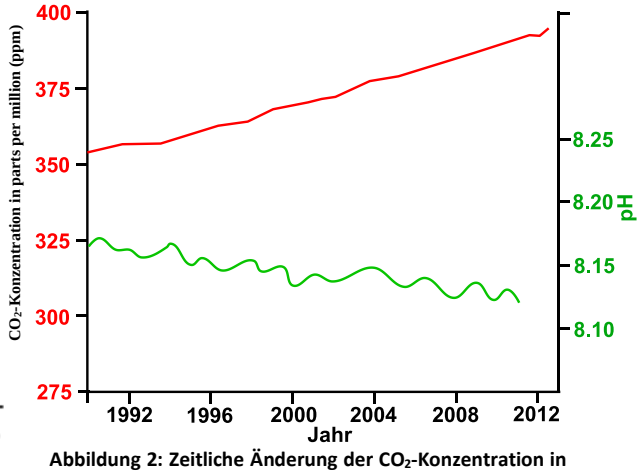


Abbildung 2: Zeitliche Änderung der CO_2-Konzentration in der Erdatmosphäre von 1990 bis 2011 sowie die durchschnittliche pH-Änderung der Ozeane im selben Zeitraum. Quelle: IPCC Synthesis Report 2013.

Die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre wäre noch größer, wenn die Erdatmosphäre nicht in einem ständigen Gasaustausch mit den Ozeanen stünde. Ein Gas strömt dabei immer vom Bereich des höheren Partialdrucks (Atmosphäre) in den Bereich des niedrigeren Drucks (Ozean). Kohlenstoffdioxid wird folglich solange im Meer gelöst, bis der Partialdruck in der Atmosphäre und im Meer gleich ist. Beim Lösungsvorgang von Kohlenstoffdioxid in Wasser entsteht Kohlensäure, die zu einer Absenkung des sogenannten pH-Wertes beiträgt. Auf diese Weise werden die Ozeane saurer. Dieser Effekt ist heute messbar: Einer Studie der Stanford University zufolge, die einen vorindustriellen pH-Wert des oberflächennahen Meerwassers von durchschnittlich 8,25 annimmt, soll sich der pH-Wert durch die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid auf den heutigen Wert von durchschnittlich 8,14 verringert haben (siehe Abbildung 2). Dieser als Versauerung bezeichnete Prozess hat jedoch gravierende Folgen für zahlreiche Meeresbewohner, wie zum Beispiel Korallen.

Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Als Korallen werden koloniebildende Nesseltiere bezeichnet. Am bekanntesten sind die Steinkorallen, die den Hauptanteil an der Entstehung der Korallenriffe haben, die artenreichsten marinen Lebensräume auf der Erde. Die meist winzigen Tiere scheiden an ihrem Fuß ein Kalkskelett ab, das chemisch gesehen zu 99,7 % aus Calciumcarbonat ($CaCO_3$) besteht. Hierfür nehmen die Korallen zu jeweils einem Calcium-Ionen (Ca^{2+}) zwei Hydrogencarbonat-Ionen (HCO_3^-) auf und bilden daraus Calciumcarbonat. Bei dieser Reaktion entstehen zudem ein Wasser- und ein Kohlenstoffdioxid-Molekül. Die zunehmende Versauerung der Ozeane durch den Eintrag von Kohlenstoffdioxid aus der Erdatmosphäre hat jedoch zur Folge, dass die Steinkorallen schwieriger Kalkstrukturen aufbauen können. Auch andere kalkbildende Meeresbewohner wie Muscheln oder Flügelschnecken sind von dieser Problematik betroffen. Im Bericht des Weltklimarats IPCC (2013) wurde prognostiziert, dass sich im Jahr 2100 der durchschnittliche pH-Wert der Ozeane von aktuell 8,14 auf 7,9 – 7,6 erniedrigen wird, falls sich die Konzentration an Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre verfünffachen wird.

Die Versauerung der Meere ist nur eines von vielen bereits heute zu beobachtenden und problematischen Teilphänomen des sogenannten Klimawandels, mit der sich die Menschheit konfrontiert sieht. Zur Lösung der Probleme gibt es viele Ansätze. In der weltweiten Klimapolitik besteht ein weitreichender Konsens darüber, dass bei einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2° C über dem vorindustriellen Wert eine gefährliche Störung des Klimasystems durch den Menschen gerade noch vermieden werden kann. Bei einer Überschreitung der 2° C-Marke würden die Folgen des Klimawandels nicht mehr kontrolliert werden können. Dieses sogenannte 2-Grad-Ziel wurde 2009 im Abschlussdokument der UN-Klimakonferenz in Kopenhagen aufgegriffen, blieb aber unverbindlich. Erst auf der Weltklimakonferenz der Vereinten Nationen 2015 in Paris wurde es endlich als Ziel festgeschrieben, die globale Erwärmung auf unter 2 Grad über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen und eine 1,5 °C globale Mitteltemperatur anzustreben.

Seit dem Paris-Beschluss steht das hehre Ziel, die Klimaerwärmung beherrschbar zu halten und gefährliche Kipp-Punkte wie das Austrocknen des Amazonas-Regenwaldes oder das Auftauen der Permafrostböden, was zur Freisetzung weiterer klimarelevanter Gase führen würde, zu vermeiden. Dennoch wurden im Jahr 2016 weltweit rund 35 Milliarden Tonnen Kohlendioxid ausgestoßen, so viel wie nie zuvor in der Menschheitsgeschichte. Das große Manko bleibt also: Wie soll der ab 2020 geltende Paris-Vertrag konkret umgesetzt werden? Dies ist noch nicht verbindlich geklärt.

Dazu äußerte sich Hans-Otto Pörtner vom Alfred-Wegener-Institut, anlässlich der Veröffentlichung des zweiten Teils des fünften Weltklimaberichts des Weltklimarats IPCC im April 2014 folgendermaßen:

"Wir müssen uns klar darüber werden, dass wir heute noch Entscheidungsoptionen haben, dass wir ein Zeitfenster haben vielleicht von zwanzig Jahren, in dem wir darüber befinden, wie nachfolgende Generationen das Klima auf dieser Erde erleben werden."

Quelle: http://www.br.de/klimawandel/un-klimakonferenz-klimagipfel-klimapolitik-klimawandel-100.html, letzter Zugriff 30.11.2017

Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Zusatzinformationen

Calciumcarbonat (Kalk, $CaCO_3$) ist sehr schwer wasserlöslich, Calciumhydrogencarbonat gibt es nur in wässriger Lösung, es ist also extrem gut wasserlöslich.

Operator (AFB)	Beschreibung der erwarteten Leistung
darstellen (I-II)	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Bezüge in angemessenen Kommunikationsformen strukturiert wiedergeben
diskutieren (II-III)	Im Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
erklären (I-III)	Einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen
erläutern (I-III)	Einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen (chemische Formeln und Gleichungen) veranschaulichen und verständlich machen

Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

Name		

Aufgabe 1

Teil	Der Prüfling …	err/max
1	***Stellt dar, warum eine erhöhte CO_2-Konzentration im Wasser zu einer zunehmenden Versauerung der Meere führt:*** Der vom Menschen verursachte vermehrte Ausstoß von Kohlenstoffdioxid führt zu einer größeren Konzentration an CO_2 in der Atmosphäre und damit zu einer größeren Menge an gelöstem Kohlenstoffdioxid. Dies führt nach dem Prinzip von Le Chatelier zu einer vermehrten Bildung von Kohlensäure und letztlich zu einer Vergrößerung der Konzentration an Protonen (H^+) und Hydrogencarbonat-Ionen (HCO_3^- (aq)) im Wasser. *Hinweis: Das gekoppelte Gleichgewicht wurde in Zusammenhang mit Mineralwasser erarbeitet.* $$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CO_{2(aq)}$$ $$CO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$ $$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$$	/10 (AFB I/II)
2.1	***Erläutert mit Hilfe geeigneter Reaktionsgleichungen und des Prinzips von Le Chatelier, warum es die Korallen durch den Eintrag von Kohlenstoffdioxid zunehmend schwerer haben, ein Kalkskelett zu produzieren.*** Korallen produzieren Kalk nach folgendem Gleichgewicht: $$Ca^{2+}_{(aq)} + 2HCO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons CO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CaCO_{3(s)}$$ Durch den vermehrten Eintrag von Kohlenstoffdioxid (einem Produkt) wird das Gleichgewicht zunehmend auf die Seite der Edukte verschoben und eine Produktion von Kalk damit zunehmend schwieriger.	/8 (AFB II)
2.2	***Erklärt in diesem Zusammenhang die Zeitungsüberschrift „Korallen stößt das CO_2 sauer auf“*** Die Zunahme an Kohlenstoffdioxid lässt zum einen die Meere versauern. Mit sinkendem pH-Wert lösen sich auf der einen Seite vermehrt bestehende Kalkstrukturen (→ Kalklöser), auf der anderen Seite wird eine Neuproduktion zunehmend erschwert. Die Überschrift ist also dahingehend zu interpretieren, dass die vermehrte Kohlenstoffdioxidfreisetzung den Korallen das Überleben schwer macht.	8 (AFB II/III)
3	***Diskutiert die Aussage von …, z. B.:*** • Der anthropogene Anteil am Klimawandel ist heute unstrittig. • Die Dringlichkeit ist gegeben und wird z. B. an der Korallenproblematik deutlich. • Wenn wir das 2°C-Ziel nicht erreichen, wird es voraussichtlich weitreichende Konsequenzen in absehbarer Zeit (nachfolgende Generation) geben. • Diese Dringlichkeit wird nicht immer offenbar, z. B. aufgrund von zunächst langsamen, dann aber plötzlich auftretenden Veränderungen bedingt durch gekoppelte Systeme. • Dennoch sind eine internationale Einigung und daraus erwachsende Handlungen schwierig, was man alleine anhand des weltweiten Kohlenstoffdioxids 2016 erkennen kann. • Gemeinsames Handeln wäre erforderlich - aber dem stehen oft nationale, regionale oder einzelne Interessen entgegen. (Hinweis: Eine differenzierte Betrachtung aller Aspekte ist nicht zu erwarten, Sachgerechte Alternativen sind möglich. Es wird erwartet, dass der Prüfling zwei Aspekte beschreibt.)	6 (AFB II/III)
	Weitere aufgabenbezogene Kriterien	/3

Punkteverteilung: AFB I/II/II 10/16/6

Andreas Böhm, Gregor von Borstel und David Weninger im Team LNCU für Sinus/QUA-LiS NRW, 2019. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.