

20 FAKTEN zur Ozeanversauerung

Hier werden die wichtigsten der häufig gestellten Fragen zur Ozeanversauerung (2010, 2012; www.who.edu/OCB-OA/FAQs) vorgestellt, eine detaillierte Zusammenfassung über die Forschung und das Wissen zur Ozeanversauerung. Die Fragen und Antworten und diese Übersicht sollen Wissenschaftlern, Mitarbeitern der Wissenschaftskommunikation und wissenschafts-politischen Ratgebern helfen, eine Stellungnahme zur Ozeanversauerung abzugeben. 63 Wissenschaftler von 47 Instituten aus 12 verschiedenen Ländern halfen bei der Erstellung – auf Initiative des Ocean Carbon and Biogeochemistry Project (www.us-ocb.org), des United Kingdom Ocean Acidification Programme (www.oceanacidification.org.uk) und des European Project on Ocean Acidification (EPOCA). Weitere Informationen und Kontaktdaten gibt es auf diesen Webseiten oder beim Ocean Acidification International Coordination Centre (www.iaea.org/ocean-acidification). Die Erkenntnisse zur Ozeanversauerung aus dem Fünften Report des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sind hier zu finden: www.ipcc.ch.

1 Ozeanversauerung ist eine fortschreitende Verringerung des pH-Werts der Meere über einen längeren Zeitraum, üblicherweise von Jahrzehnten oder länger. Sie wird vor allem durch die Aufnahme von Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre ausgelöst. Auch Reaktionen mit anderen chemischen Stoffen, die dem Ozean zugefügt oder von ihm abgegeben werden, können zur Versauerung führen. In Regionen mit ausgeprägter menschlicher Aktivität können beispielsweise saurer Regen oder Nährstoffeintrag die Versauerung zusätzlich verstärken.

2 Ozeanversauerung ist gut dokumentiert durch weltweite Beobachtungen, die hunderte Wissenschaftler über mehrere Jahrzehnte durchgeführt haben. Die Versauerung wird eindeutig dem von Menschen erzeugten CO₂ in der Atmosphäre zugeschrieben, das vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger und Änderungen in der Landnutzung entsteht.

3 Der Säuregrad ist die Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H⁺) in einer Flüssigkeit. Der pH-Wert gibt diese Konzentration auf einer logarithmischen Skala an. Dabei *steigt* der Säuregrad, wenn der pH-Wert *sinkt*.

4 Der durchschnittliche pH-Wert der Meeresoberfläche ist vom vorindustriellen Wert von 8,2 bereits auf 8,1 gesunken, was einem Anstieg des Säuregrads um 30 Prozent entspricht. Für das Jahr 2100 wird ein Wert zwischen 7,8 und 7,9 erwartet, was eine Verdopplung des Säuregrads bedeutet.

5 Wirklich „sauer“ wird das Meereswasser vermutlich nie werden (dazu müsste der pH-Wert unter 7,0 sinken), weil es durch gelöste Salze gepuffert ist. Der Begriff „Versauerung“ bezieht sich darauf, dass der Säuregrad zunimmt, so wie wir auch bei einer Temperaturerhöhung von -20°C auf 0°C von „Erwärmung“ sprechen, obwohl es trotzdem kalt ist.

6 Durch die Ozeanversauerung wird auch die Kohlenstoff-Chemie des Meerwassers verändert. Die Konzentrationen des gelösten CO₂, der Wasserstoff-Ionen, und der Hydrogenkarbonat-Ionen *steigen*, während die Konzentration der Karbonat-Ionen *sinkt*. Karbonat-Ionen sind chemische Bausteine für die Kalkschalen und -skelette von Meereslebewesen.

7 Durch die veränderte Chemie des Meerwassers müssen Organismen mehr Energie aufbringen, um die Chemie in ihren Körperzellen zu regulieren. Dadurch bleibt bei einigen Lebewesen weniger Energie für andere biologische Prozesse übrig, zum Beispiel für Wachstum, Fortpflanzung oder die Reaktion auf Stress.



8 Viele kalkbildende Organismen im Ozean reagieren sehr empfindlich auf Änderungen des pH-Werts und der Karbonat-Chemie. Dies betrifft unter anderem Korallen, Muscheln (wie Austern, Sandmuscheln und Miesmuscheln), Flügelschnecken und einige Arten im Phytoplankton. Aber auch andere marine Organismen geraten durch die höheren CO₂-Konzentrationen und die niedrigeren pH-Werte unter Stress.

9 Die biologischen Folgen der Ozeanversauerung variieren, weil verschiedene Gruppen von Meeresorganismen sehr unterschiedlich auf eine Veränderung der Meerwasserchemie reagieren.

10 Die Auswirkungen der Ozeanversauerung können in jedem Entwicklungsstadium Populationen daran hindern, zu wachsen oder sich von stressbedingten Verlusten zu erholen – auch, wenn sich Berichte oft auf Jungstadien beziehen, die in Bezug auf Versauerung besonders empfindlich sind.

11 Ozeanversauerung wird das Leben im Meer nicht komplett auslöschen. Aber viele Wissenschaftler sind der Meinung, dass die Artenvielfalt im Meer sinken wird. Viele marine Ökosysteme werden sich in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Wechselbeziehungen der Arten verändern. Bislang ist unklar, ob diese Folgen reversibel sind.

12 Zu den Regionen, die wahrscheinlich besonders empfindlich auf die Versauerung reagieren werden, gehören Auftriebsgebiete, in denen kälteres, CO₂-reiches Tiefseewasser aufsteigt, die Polarmeere, wo das Meerwasser aufgrund niedriger Temperaturen mehr CO₂ aufnimmt, und Küstenregionen mit Süßwasserzufluss.

13 Ein langfristiges Absinken des pH-Werts könnte die Toleranzschwelle vieler Arten in Küstenregionen überschreiten, obwohl viele von ihnen Strategien entwickelt haben, mit kurzfristigen Schwankungen des pH-Werts umzugehen. In Küstengewässern kommen diese tages- und jahreszeitlich bedingten Veränderungen häufiger vor als im offenen Ozean.

14 Bei großen und stabilen Populationen wurde eine zügige evolutionäre Anpassung beobachtet. Marine Populationen, die bereits durch andere für Küstenregionen typische Stressfaktoren dezimiert sind, haben geringere Chancen, mit evolutionären Veränderungen auf Versauerung zu reagieren.

15 Die derzeitige beispiellose Versauerung verläuft laut Schätzungen zehn- bis 100-fach schneller als jemals zuvor in den vergangenen 50 Millionen Jahren. Während einer sehr viel langsamer verlaufenden Versauerung vor etwa 55 Millionen Jahren (dem Paläozän-Eozän-Temperaturmaximum) gab es ein massenhaftes Aussterben mariner Arten. Besonders betroffen waren wirbellose Schalentiere in der Tiefsee.

16 Die vollständige Erholung der Meerwasserchemie von der aktuellen Versauerung wird mehrere zehn- bis einhunderttausend Jahre benötigen. Die daran beteiligten Prozesse, wie die Verwitterung kontinentaler Gesteine, die Lösung von Kalziumkarbonat in marinen Sedimenten und die Durchmischung des Ozeans verlaufen zu langsam, um der Versauerung der nächsten zwei Jahrhunderte entgegen zu wirken.

17 Geoengineering-Ansätze, die den Planeten kühlen sollen, greifen nicht gegen die Ozeanversauerung, da sie nicht am Ursprung des Problems ansetzen: dem Übermaß an atmosphärischem CO₂. Ansätze zur Kohlendioxid-Speicherung werden die Effekte der Versauerung zwar abschwächen, sind aber zumeist nur im kleinen Maßstab kostengünstig und energieeffizient.

18 „Blue carbon“ wird derzeit als Möglichkeit geprüft, CO₂-Werte lokal zu senken. „Blue Carbon“ („blauer Kohlenstoff“) bindet CO₂ aus der Atmosphäre oder dem Meerwasser in Mangroven, Salz- oder Seegrasswiesen. So kann es als organisches Material über Jahrzehnte gespeichert werden.

19 Ein verringerter Nährstoffeintrag könnte die Folgen der Versauerung lokal reduzieren und dazu beitragen, dass sich der generelle gesundheitliche Zustand der marinen Ökosysteme verbessert. Der Nutzen wäre allerdings nur vorübergehend, solange der Ursprung der Versauerung, die CO₂-Emissionen, nicht angegangen wird.

20 Ozeanversauerung stellt einen weiteren Stressfaktor für die marine Umwelt dar und könnte die Dienstleistungen gefährden, die uns der Ozean erweist. Weltweit sind Menschen abhängig vom Meer - ob es um Nahrung, Wasserqualität, den Schutz vor Stürmen oder andere wichtige Funktionen geht. Störungen der marinen Ökosysteme können diese Leistungen negativ verändern.

Anmerkungen und Vorschläge für Verbesserungen sind an die Ko-Vorsitzenden des U.S. Ocean Carbon and Biogeochemistry Subcommittee on Ocean Acidification: J. Mathis (jeremy.mathis@noaa.gov), K. Yates (kyates@usgs.gov), und S. Cooley (scooley@whoi.edu) zu richten.



Ocean Carbon and Biogeochemistry Project – Ocean Acidification
whoi.edu/OCB-OA



Ocean Acidification International Coordination Centre
iaea.org/ocean-acidification

Ocean Acidification International Coordination Centre
OA-ICC



Biological Impacts of Ocean Acidification
www.bioacid.de



UK Ocean Acidification Research Programme
oceanacidification.org.uk

UK Ocean Acidification Research Programme



NOAA, Ocean Acidification Program
oceanacidification.noaa.gov



Washington Sea Grant
wsg.washington.edu
WSG AS-04 Revised, 2/14