

# Übersäuerung der Ozeane

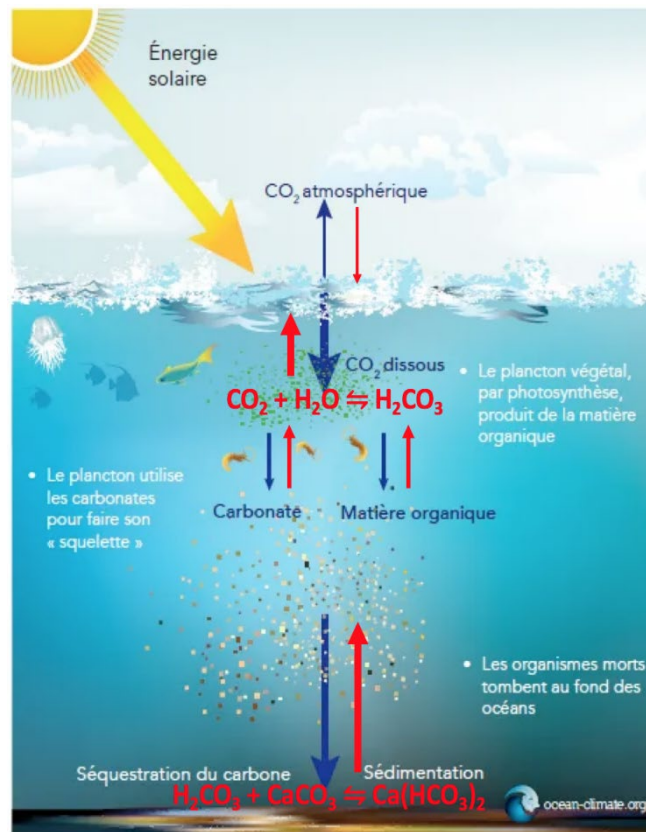
## Wird das Wasser in den Ozeanen wirklich saurer?

Der Säuregehalt der Ozeane ändert sich im Laufe der Zeit. Derzeit wird das Wasser in den Ozeanen immer saurer; Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bezeichnen dies als *Versauerung der Ozeane*. Der Säuregrad eines Mediums ist für das Überleben von Lebewesen entscheidend. Der pH-Wert muss zwischen 6 und 8 liegen, damit die Lebewesen im Wasser überleben können.

*Chemikerinnen und Chemiker* messen den Säuregrad mit dem pH-Wert, da dieser eine Eigenschaft des Wassers ist. Zwischen einem pH-Wert von 1 bis 6 spricht man von saurem Wasser, zwischen 8 und 14 von *alkalischem* oder *basischem* Wasser. Ein pH-Wert von 7 gilt als *neutral*. Dieser Wert ändert sich auf logarithmische Weise. Anders ausgedrückt: Wenn sich ein Medium von einem pH-Wert von 7 auf 6 verändert, sagt man, dass es zehnmal saurer ist.

Saures Wasser enthält Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), das im Wasser (H<sub>2</sub>O) zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) gebunden wird. Im Gegensatz dazu enthält alkalisches Wasser viele Mineralsalze, darunter Karbonate, die die Säure des Wassers binden. Im *chemischen* Sinne ist Meerwasser alkalisch, weil sein pH-Wert je nachdem, wo auf der Erde man sich befindet und in welcher Tiefe gemessen wird, zwischen 7,5 und 8,4 schwankt. Der durchschnittliche pH-Wert der Ozeane wird auf 8,2 angesetzt.

## Was verändert den pH-Wert der Ozeane?



Reaktionsschleifen an verschiedenen Grenzflächen der Ozeane

Pompe à carbone biologique

<https://ocean-climate.org/en/awareness/the-ocean-a-carbon-sink/>

Der Säuregehalt der Ozeane beruht auf einem komplexen Gleichgewicht, das sowohl durch physikalisch-chemische als auch durch biologische Mechanismen reguliert wird. Er hängt zum einen von der Menge des im Meerwasser gelösten Kohlenstoffdioxids (CO<sub>2</sub>) ab, die ihrerseits von der Menge des in der Atmosphäre vorhandenen CO<sub>2</sub> abhängig ist. In der Biochemie spricht man von einer «Löslichkeitspumpe», um hervorzuheben, dass dieses Phänomen umkehrbar ist.

Der Säuregehalt der Ozeane wird aber auch durch eine «biologische Pumpe» gesteuert – ein Phänomen, das ebenfalls umkehrbar ist. Dieses Gleichgewicht hängt von der Photosynthese (Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch Wasserpflanzen) und der Atmung (Freisetzung von CO<sub>2</sub> durch lebende Organismen) ab. Diese zweite Pumpe bindet das Kohlendioxid in den Tiefen des Ozeans und speichert es in der Form von Kalziumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>), vor allem zur Bildung von Schalen von Meerestieren wie etwa Muscheln.

### **Was sind die Ursachen für die Versauerung der Ozeane?**

Es besteht ein Gleichgewicht zwischen der Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre und der Menge an CO<sub>2</sub>, die im Wasser gelöst ist. Gegenwärtig erhöht sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre aufgrund menschlicher Aktivitäten und verursacht somit einen Anstieg des Säuregrades der Ozeane.

Die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> ist unter anderem von der Temperatur abhängig. Die **Klimaerwärmung** könnte somit die Fähigkeit der Ozeane zur Absorption von Kohlenstoffdioxid beeinflussen, weil sie ihre Fähigkeit, Kohlenstoff in Form von Kalziumkarbonat zu speichern, einschränkt, was mehr oder weniger weitreichende Folgen hat.

### **Was sind die Folgen für die Lebewesen?**

Heute sind über eine Milliarde Menschen auf der Welt für ihre Proteinversorgung auf Meeresressourcen angewiesen. Es gibt Hinweise darauf, dass die derzeitige atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration die höchste ist, die unser Planet in den letzten 800'000 Jahren je erlebt hat. Innerhalb von 250 Jahren ist der durchschnittliche pH-Wert an der Meeresoberfläche um etwa 0,1 Einheiten gesunken, wobei es grosse lokale Unterschiede gibt. Diese Veränderungen destabilisieren das empfindliche Gleichgewicht, wobei die Folgen für die Meeresorganismen derzeit nicht immer ganz klar sind. Simulationen deuten aber darauf hin, dass der pH-Wert im Oberflächenwasser in diesem Jahrhundert noch um 0,45 sinken könnte, wodurch dieses Oberflächenwasser für die Kalkstrukturen der Organismen (Korallen, Kalziumkarbonatschalen usw.) korrosiv würde. Das Verschwinden dieser Glieder der trophischen Netze wird auch zu einem **Verlust der Biodiversität** führen, der allen marinen Ökosystemen schadet.

### **Welche Lösungen werden vorgeschlagen?**

Alle kollektiv oder individuell getroffenen Massnahmen, die zu einer Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses führen, sind sinnvoll.

Aber auch andere Wege könnten zielführend sein, so etwa verschiedene Verfahren, um atmosphärisches Kohlenstoffdioxid durch Umwandlung zu binden, die Förderung der Photosynthese in den Städten oder die Unterstützung anderer innovativer Technologien. Keiner dieser Vorschläge hat aber direkt die Versauerung der Ozeane im Visier.

Ab dem Moment, in dem es gelingt, den Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre zu senken, müssen wir noch mit einer Latenzzeit von etwa zehntausend Jahren rechnen, bis alles wieder im Lot ist. Schliesslich setzt die Wiederherstellung des oben beschriebenen empfindlichen Gleichgewichts auch voraus, dass die Artenvielfalt, die heute bereits stark reduziert ist, wiederhergestellt wird.

## Die Versauerung der Ozeane im Modell der planetaren Grenzen

Modell der neun planetaren Grenzen		
Kontrollvariable	Planetare Grenze	Wert 2022
<p><b>Die Aragonit-Sättigung im Oberflächenwasser der Meere:</b> Aragonit ist eine der beiden Hauptarten von Kalziumkarbonaten, die von Meeresorganismen produziert werden. Wenn der Sättigungsgrad unter 1 liegt, bedeutet dies, dass das Meerwasser untersättigt ist: Aragonit löst sich auf und die Meeresorganismen können keine Schalen mehr bilden (Kalzifizierung).</p>	<p><b>80% des Aragonit-Sättigungsgrads des vorindustriellen Zeitalters</b></p> <p>Seit dem vorindustriellen Zeitalter ist der Aragonit-Sättigungsgrad aufgrund der Versauerung des Wassers gesunken, was bedeutet, dass die Kalzifizierungsfähigkeit der Meeresorganismen geringer ist.</p>	<p>Der aktuell ermittelte Wert entspricht <b>88 %</b> des Wertes der vorindustriellen Zeit. Das ist etwas mehr als die vorgeschlagene globale planetare Grenze.</p>

### Welche Verbindung besteht zu anderen planetaren Grenzen?

**Klimawandel:** Die Versauerung ist aufgrund ihres Ursprungs (Störung des Kohlenstoffkreislaufs) besonders eng mit dem Klimawandel verknüpft: Die Ozeane binden einen Teil des überschüssigen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre, was den Klimawandel begrenzt, gleichzeitig aber zu einer Versauerung des Meerwassers führt. Es gibt gewisse Anzeichen dafür, dass die Kapazität der Ozeane, atmosphärischen Kohlenstoff physisch zu binden, abnimmt. Grund dafür ist insbesondere die Erwärmung der Gewässer, die die CO<sub>2</sub>-Lösungsfähigkeit einschränkt: Dies könnte den Klimawandel verstärken (Risiko einer positiven Rückkopplung).

**Verlust der Biodiversität:** Die Versauerung hat auch potenziell verheerende Auswirkungen auf die Artenvielfalt, da nicht nur einige Organismen an der Basis der Nahrungskette, sondern auch andere Lebewesen (z. B. Korallen), die einen besonders artenreichen Lebensraum bilden, direkt bedroht sind.

**Biogeochemische Kreisläufe:** Etwas weniger stark ist die Versauerung teilweise auch mit Störungen des Stickstoff- und Phosphorkreislaufs verbunden. Beispielsweise gelangt Stickstoff aus der Landwirtschaft über die Flüsse in die Ozeane, wo er die Vermehrung von Grünalgen und Phytoplankton verursacht, die den Sauerstoffgehalt verringern und den CO<sub>2</sub>-Gehalt erhöhen, was wiederum die Versauerung der Ozeane verstärkt.

### Quellen

Klimaänderung 2014. Synthesebericht. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (IPCC, 2014)

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/IPCC-AR5\\_SYR\\_SPM\\_deutsch.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/IPCC-AR5_SYR_SPM_deutsch.pdf)

Wissenschaftliche Synthese der Auswirkungen der Versauerung der Ozeane auf die marine Biodiversität des Sekretariats des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD):

<https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-46-fr.pdf>

Dokumentarfilm zum Verschwinden der Korallen (Französisch): <https://www.netflix.com/ch-fr/title/80168188>