

Meeresversauerung

Eine latente Bedrohung mit weitreichenden Folgen

Die steigende Kohlendioxidkonzentration in unserer Atmosphäre lässt nicht nur das Klima verrücktspielen, sie greift auch in die Chemie unserer Ozeane ein und beeinflusst so direkt das Leben und Überleben im Meer.

■ Text und Bilder von
Nanina Blank

Der Hauptverursacher von Kohlendioxidemissionen ist das Verbrennen von fossilen Energieträgern wie

Erdöl, Erdgas oder Kohle. Dabei fallen grosse Teile auf die Stromproduktion, den Flug- und Automobilverkehr, auf Heizungen und die Industrie. Aber auch die Rodung von Wäldern und die Zementproduktion sind für den stark erhöhten Kohlendioxidgehalt in der Luft mitverantwortlich. Vor der Industrialisierung betrug er etwa 280 ppm, also 280 Teilchen CO₂ pro Million Teilchen Luft (ppm = parts per million). Heute



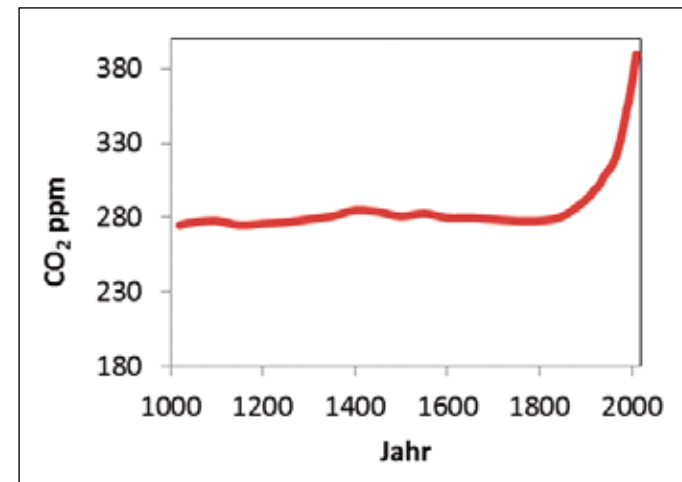
beträgt der Kohlendioxidgehalt in der Luft 390 ppm. Das klingt zwar nicht nach viel, aber Kohlendioxid ist sowohl sehr klimaaktiv als auch ein wichtiger Faktor im chemischen Gleichgewicht im Wasser. Die Zunahme um 40 Prozent hat weitreichende Auswirkungen und die Konzentrationen steigen immer weiter.

det Kohlensäure, die dann aber gleich in Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ionen zerfällt (siehe Grafik a). Bei diesem Zerfall setzt die Kohlensäure Oxonium-Ionen im Wasser frei (H₃O⁺, ein Wassermolekül mit einem zusätzlichen Proton). Diese geben den Säuregrad des Wassers an, den pH. Je mehr Oxonium-Ionen, desto

Stromproduktion mit Kohle ist äusserst emissionsintensiv. Hier das Kohlekraftwerk Stöcken in Deutschland.

Ein weiterer grosser Emissionsverursacher ist der Verkehr.

Bild: NOMAD



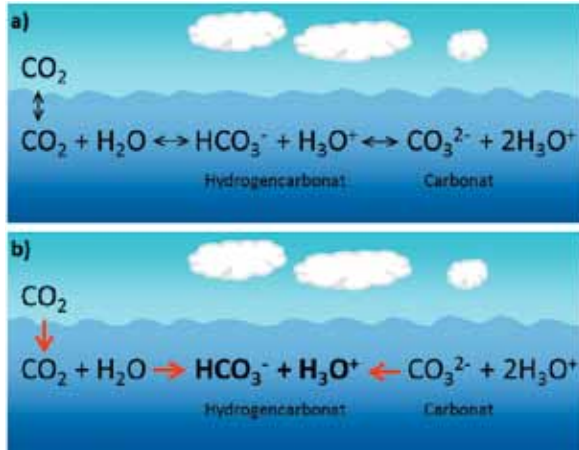
Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre über die letzten 1000 Jahre verdeutlicht den enormen Anstieg seit der Industrialisierung.

Grafik: NOAA

Das Carbonat-Gleichgewicht Was genau aber hat das Kohlendioxid mit dem Meer zu tun? Kohlendioxid löst sich gut in Wasser und bil-

saurer ist das Wasser. Das Kohlendioxid, Hydrogencarbonat und Carbonat stehen in einem Gleichgewicht zueinander. Wenn nun die





Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre erhöht wird, verschiebt sich dieses Gleichgewicht (siehe Grafik b), so dass es mehr Hydrogencarbonat, mehr Oxonium-Ionen und weniger Carbonat im Wasser hat. Das Meer wird also saurer (tieferer pH-Wert) und ärmer an Carbonat.

Calcifizierende Meeresbewohner

Viele Meeresorganismen produzieren Kalk, um daraus ihre Skelette oder Schalen aufzubauen; sie sind Calcifizierer. Kalk ist Calciumcarbonat (CaCO₃). Um es produzieren zu können, muss das Wasser übersättigt sein an den Baustoffen Calcium- und Carbonat-Ionen (siehe Grafik c). Es gibt

zwei biogene Formen von Kalk: Aragonit und Calcit. Aufgrund seiner kristallinen Struktur ist Aragonit besser löslich; das heisst, dass das Wasser noch stärker übersättigt sein muss mit Carbonat und Calcium, damit ein Organismus Aragonit ausscheiden kann. Die meisten Calcifizierer produzieren Aragonit. Am augenscheinlichsten sind die Steinkorallen, die ganze Riffe aus ihren Aragonitskeletten aufbauen. Auch Weichkorallen lagern Aragonit ein – in Form von kleinen Nadeln – um ihrem Gewebe Stabilität zu geben, ohne die Flexibilität einzuschränken. Auch alle Schalen aus Perlmutter, also die der Muscheln, der Meeresschnecken oder des Nautilus, sind aus Aragonit. Ebenso die Gehäuse von Seeigeln. Aber auch unter den unscheinbareren, aber nicht minder wichtigen Lebensformen wie Plankton und Algen hat es Aragonit-Produzierer.

Wenn nun also die Carbonatkonzentration im Wasser durch das ansteigende Kohlendioxid sinkt, wird es für all diese Lebewesen zunehmend schwieriger, ihr Skelett oder ihre Schutzschale aufzubauen. Calcium wird vom Kohlendioxid nicht be-



Abertausende Tonnen von Aragonit: Steinkorallen bauen so mächtige Riffe, dass man einige sogar aus dem All erkennt.



Auch Stachelhäuter, wie dieser Seeigel, produzieren ihre Schale und Stacheln aus Aragonit.

einflusst, es ist das Carbonat, welches knapp wird. Viele der betroffenen Organismen stehen am Anfang der Nahrungskette; was ihnen schadet, bekommt letztlich das ganze Ökosystem zu spüren.

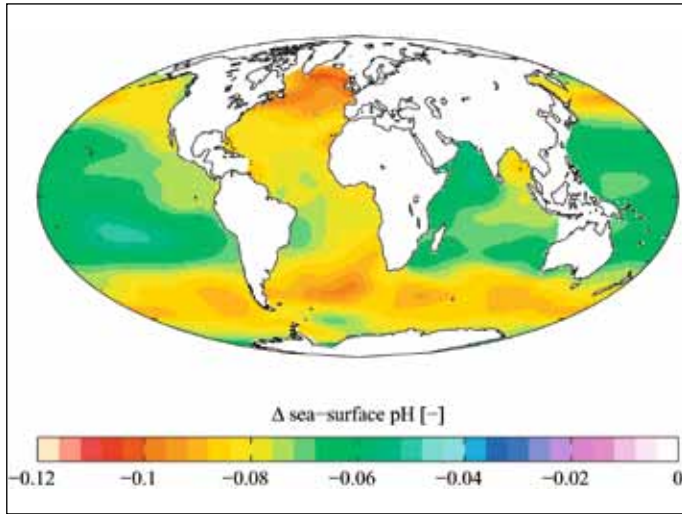
Globale Unterschiede

Die Carbonatkonzentration wird neben dem Kohlendioxid zusätzlich von vielen

Parametern beeinflusst, wie etwa der Temperatur oder von Meeresströmungen, welche höhere oder niedrigere Konzentrationen von Carbonat mit sich bringen. Deshalb sind die Veränderungen nicht in allen Meeren gleich. Im Nordatlantik ist die Carbonat-Abnahme besonders stark, weil hier das Oberflächenwasser viel CO₂ aufnimmt und die Strömung dieses in die Tiefe transportiert. Im Südlichen Ozean ist die Abnahme nicht ganz so gross, aber er ist am stärksten betroffen, weil dort die Carbonatkonzentration bereits durch natürliche Prozesse niedrig ist. Modellberechnungen besagen, dass bis ins Jahr 2100 das gesamte Südpolarmeer gänzlich unersättigt ist an Carbonat bezüglich Aragonits – von der Oberfläche bis zum Meeresgrund.

Die geschätzte pH-Abnahme im Oberflächenwasser, verursacht durch CO₂-Emissionen von 1700 bis 1990: Es ist deutlich zu sehen, dass der pH in allen Ozeanen abgenommen hat, also das Meer global saurer geworden ist. In den grünen Bereichen sank der pH um 0,06 und in den roten Bereichen sogar um 0,1 Einheiten, was eine Verzehnfachung der Oxoniumionen bedeutet.

Grafik: Plumbago, Global Ocean Data Analysis Project



Seeschmetterlinge sind winzige Schnecken und ein wichtiges Glied des marinen Ökosystems. Wenn die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre weiter so stark ansteigt, werden sie bis 2050 aus dem Südpolarmeer verschwinden.

Bild: Russ Hopcroft, NOAA

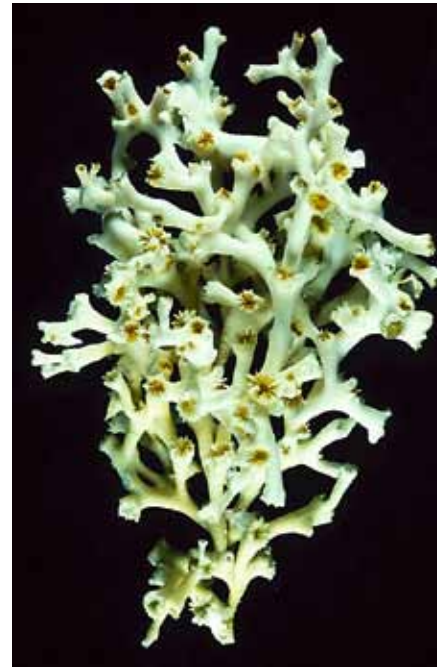
Hartes Los für Tiefenbewohner

Aragonit ist mit zunehmender Meerestiefe besser löslich. Das heisst, dass es in der Tiefe schwieriger ist, Aragonit zu produzieren. Es sind auch die tiefer gelegenen marinen Ökosysteme, für welche die Carbonatkonzentration als erste kritisch

wird. Obwohl wir Taucher sie kaum zu sehen bekommen, sind die tieferen Lebensgemeinschaften enorm wichtig. Es gibt auch in der kalten, dunklen Tiefe Korallenriffe, die die Basis eines ganzen Ökosystems bilden und vielen Fischen als Kinderstube dienen.

Düstere Aussichten

Etwa ein Drittel des durch Menschen produzierten Kohlendioxids, rund 440 Milliarden Tonnen, ist bereits durch die Ozeane aufgenommen worden. Das Meer ist also eine Senke, ohne diese wäre die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre bereits viel höher. Aber dies zieht gravierende Konsequenzen nach sich, deren volles Ausmass wir noch nicht abschätzen können. Calcifizierender Plankton oder Korallen bilden die Basis der marinen



Ökosysteme und sind überlebenswichtig für einen Grossteil der Erdbevölkerung.

Selber etwas tun

Grund genug, sich einmal über seine eigenen Emissionen Gedanken zu machen. Niemand verzichtet gerne auf den Wohlstand, den wir uns erarbeitet haben. Aber es gibt genügend Aspekte unseres Alltags, bei denen sich ohne grossen Aufwand viel Kohlendioxid einsparen lässt (siehe Info-Kasten). Jeder Beitrag zählt, und speziell wir Taucher wissen es: Unsere Meere sind es wert!

Die Kaltwasserkoralle *Lophelia pertusa* kommt in Tiefen von 60 bis 2100 Metern vor. Sie bildet Korallenriffe aus Aragonit und ist auf carbonat-übersättigtes Wasser angewiesen.

Tipps, um Kohlendioxid einzusparen

Seine Emissionen zu verringern, muss weder teuer noch aufwendig oder zeitraubend sein. Häufig ist es sogar ein Gewinn fürs Portemonnaie oder die Gesundheit. Tipps gibt es beispielsweise auf www.wwf.ch/de/tun/tipps_fur_den_alltag. Unter anderem kann man seinen ökologischen Fussabdruck berechnen und den Klimacheck absolvieren.

Wenn es doch nach Übersee zum Tauchen gehen soll

Warm- und Salzwassertaucher kommen in der Schweiz nun mal nicht auf ihre Kosten. Wenn es doch ein Flug in die Ferne zu tropischen Korallenriffen sein muss, so kann man die Kohlendioxidemissionen kompensieren, zum Beispiel bei myclimate. myclimate ist eine gemeinnützige Stiftung, die 2002 aus einem Projekt von Studenten und Professoren der ETH Zürich entstand. Neben Klimabildung führt myclimate Klimaschutzprojekte durch, welche Kohlendioxid einsparen. Mit einer Spende kann man diese Projekte unterstützen und so seine Emissionen zum Beispiel für einen Flug, fürs Autofahren oder das Heizen kompensieren. Emissionen können einfach online berechnet und auch gleich kompensiert werden unter www.myclimate.org

Beispiel Ägypten: Flug Basel – Sharm El Sheikh retour, Economy: Der Flug von 6384 Kilometern verursacht pro Person 1,315 Tonnen CO₂. Die Kompensation kostet 39 Franken.

Beispiel Malediven: Flug Zürich – Male retour, Economy: Diese 15 617 Kilometer lange Reise stösst 3,245 Tonnen CO₂ aus pro Passagier, welche für 97 Franken andernorts eingespart werden können.