

Der Klimawandel und die Meere

# Wenn der Ozean sauer wird ...

*Korallen brauchen Kalk für ihre Schalen, doch zu viel Säure löst diese wieder auf.  
Foto: wikipedia*



Die Ozeane absorbieren rund ein Drittel des anthropogenen Kohlendioxids. Doch führt die rasch steigende  $\text{CO}_2$ -Konzentration zu einer Versauerung des Meeres, die massive Folgen für das Plankton, aber auch für auf Kalkskelette angewiesene Organismen hat.

**D**er Ozean ist die größte Kohlendioxid-senke, fast die Hälfte der menschlichen Emissionen des Klimagases ( $\text{CO}_2$ ) nahm in den letzten 200 Jahren das Meer auf. Doch die hierdurch erreichte Verzögerung des Klimawandels hat ihren Preis. Nicht nur, weil sich das erwärmende und mit  $\text{CO}_2$  anreichernde Meer nicht mehr so viel aufnehmen kann, sondern auch weil das im Wasser – im Gegensatz zur Luft – chemisch aktive Gas die Ökosysteme der See massiv beeinflusst.

Rund 38 Billionen Tonnen  $\text{CO}_2$  sind derzeit in den Ozeanen gelöst. Von den etwa 6 Mrd. t, die jährlich durch menschliche Aktivität in die Atmosphäre gelangen, nimmt das Meerwasser derzeit noch 2 Mrd. t auf. Es reichert sich vor allem in den oberen Wasserschichten an, denn es dauert Jahrhunderte, bis das Gas durch die Durchmi-

schung in die Tiefsee gelangt, wo es dann im Meeresboden abgelagert werden kann. Derzeit lassen sich durch menschliche Aktivität verursachte  $\text{CO}_2$ -Einträge bis etwa 1.000 Meter Wassertiefe nachweisen.

## **Kohlensäure im Meer**

Ist  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre chemisch weitgehend neutral und nur als Infrarotabsorber negativ auffällig, sieht es im Wasser anders aus. Kohlensäure ist allen ein Begriff, es ist allerdings das gasförmige  $\text{CO}_2$ , das Mineralwasser sprudeln und Bier schäumen lässt, es sorgt auch für eine gewisse Säure im Getränk bzw. im Meerwasser. So lässt sich derzeit ein leicht sinkender pH-Wert des Meerwassers nachweisen. Noch ist es schwach basisch, doch das verschiebt sich in Richtung Säure: Der Ozean versauert.

Würde der  $\text{CO}_2$ -Gehalt langsamer steigen, als derzeit der Fall, spielte es nur eine geringe Rolle. Es hat in der Erdgeschichte oft starke Schwankungen im  $\text{CO}_2$ -Gehalt gegeben, doch in geologischen Zeitskalen gleicht die Sedimentierung von Kohlenstoff am Meeresboden die zunehmende  $\text{CO}_2$ -Konzentration durch Eintrag aus der Luft wieder aus. Das Problem ist also nicht bloß der steigende  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre, sondern vor allem die Geschwindigkeit des Anstiegs. Die echte Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) ist dabei kaum von Belang, wohl aber gelöstes  $\text{CO}_2$  sowie bestimmte Zerfallsprodukte aus der Kohlensäurereaktion, besonders Carbonat- ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) und Bicarbonat- ( $\text{HCO}_3^-$ ) Ionen. Biologen und Klimaforscher befürchten massive Veränderungen in ozeanischen Ökosystemen im Laufe dieses Jahrhunderts, die auch viele Millionen Menschen betreffen werden, zum Beispiel durch das Verschwinden von Muscheln, Krebsen oder auch Speisefischen.

## **Wenn Kalk zur Mangelware wird**

Besonders das Carbonat ist für viele Meeresorganismen lebenswichtig, doch je mehr  $\text{CO}_2$  im Wasser gelöst wird, desto niedriger wird der Carbonatgehalt. Muscheln, Krebse, Korallen aber auch viele Mollusken brauchen Carbonat, um ihre Kalkskelette beziehungsweise Schalen zu bauen. Sinkt also das zur Verfügung stehende Carbonat (im Ozean

meistens in Form so genannten Aragonits), fehlt den Lebewesen ein wesentlicher Baustein ihrer Existenz. Korallenriffe werden nicht mehr wachsen, Muschelbänke veröden und auch Seegurken bekommen Probleme ...

Doch schon lange vorher setzt die negative Wirkung erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Ozean ein. Gerade weil das Gas zuerst oberflächennah abgelagert wird, kann es zur gefährlichen Algenblüte kommen; diese nimmt dann anderen Phytoplanktonarten schlicht das Licht und kann auch das Wasser vergiften, wodurch auch Zooplankton als erster Fressfeind leidet und damit wird der gesamte Nahrungskreislauf des Ozeans aus dem Gleichgewicht gebracht. Diese Effekte treten regional sehr unterschiedlich auf, im Nordatlantik zum Beispiel wird gelöstes CO<sub>2</sub> schneller in tiefere Schichten transportiert als in den südlichen Meeren.

### Die Ostsee als „totes Meer“

Die Folgen des Klimawandels für das große System der Ozeane sind kurzfristig also viel umfangreicher als bisher oft angegeben:

Sinkender Sauerstoffgehalt des Meerwassers: Bis 2100 könnte der Sauerstoffgehalt der Ozeane um 1 bis 7 Prozent

abnehmen. Ein erheblicher, lebensbedrohlicher Stressfaktor für das marine Leben. Als Hauptursachen gelten zum einen die Erwärmung der Ozeane (warmes Wasser bindet weniger Sauerstoff), zum anderen die Einleitung von Nährstoffen und Phosphaten aus Abwässern und Landwirtschaft. Beide Faktoren führten bereits jetzt zur zunehmenden Verbreitung faktisch lebloser Meeresgebiete. Das größte von allen liegt in der Ostsee: 75.000 km<sup>2</sup> galten dort Anfang 2013 als sauerstoffarme oder -freie „tote Zone“.

Erwärmung: Der größte Teil der auch im Weltklimabericht dokumentierten Erwärmung betrifft die Weltmeere. Dabei bestehen sich gegenseitig verstärkende Faktoren, die der IPCC-Bericht zum Teil gar nicht erfasst: Dazu zählt die wachsende Verbreitung sauerstoffarmer oder -freier Meeresschichten und -gebiete und die zunehmende Freisetzung von Methan vom Meeresboden sowie aus dem schmelzenden Permafrostboden.

Diese und weitere das Meeresleben bedrohende Faktoren wie Überfischung und die rapide Verteilung von Schadstoffen drohen, kaskadische Effekte zu erzeugen, die negative Entwicklungen weiter beschleunigen könnten.

Es geht nicht nur um bloße Erwärmung und den Anstieg des Meeresspiegels, sondern auch um Versauerung und zunehmende Sauerstoffarmut. Die Auswirkungen, deren Erforschung derzeit noch am Anfang steht, können Folgen haben, die auch kommende Generationen beeinflussen – nicht nur, wenn den Tauchtouristen die bunte Welt der großen Riffe fehlt ...

Stefan Vockrodt

### Webtipps



Einen kurzen Überblick und weiterführende Links zum Thema bietet:

[www.klima-media.de/glossar/meeresversauerung-ozeanversauerung/](http://www.klima-media.de/glossar/meeresversauerung-ozeanversauerung/)

Die Organisation Sea-Shepherd nennt „Fakten zur Meeresversauerung“:

[www.sea-shepherd.info/commentary-and-editorials/2013/08/05/fakten-zur-meeresversauerung-602](http://www.sea-shepherd.info/commentary-and-editorials/2013/08/05/fakten-zur-meeresversauerung-602)

Auf Youtube unter [www.youtube.com/watch?v=nwlb8Tgglo](http://www.youtube.com/watch?v=nwlb8Tgglo) äußert sich Jason Hall-Spencer von der University of Plymouth zu den Konsequenzen der Meerwasser-Übersäuerung.

Unter [www.stateoftheocean.org/research.cfm](http://www.stateoftheocean.org/research.cfm) finden sich aktuelle Fakten zur Veränderung der Ozeane in Folge des Klimawandels und die Homepage des IUCN mit der Roten Liste der gefährdeten Meeresbiotope findet sich unter: [www.iucn.org](http://www.iucn.org)