

Die Ansäuerung der Meere

Skelettbau der Steinkorallen

Wir alle kennen die vielfältige Schönheit von Korallenriffe, aber wissen wir auch um ihre unmittelbare Gefährdung? Bekannte Wegbereiter der modernen Korallenrifforschung haben noch 1979 geschrieben: "Die Fähigkeit des Menschen das Angesicht der Erde zu verändern, hat in der belebten Welt nur einen Konkurrenten, winzige Korallenpolypen, die über Äonen geologischer Zeitrechnung massive Riffe aus Kalkstein gebildet haben."

Heutzutage sieht es nun leider so aus, als wären wir dabei die Korallen übertrumpfen, weil wir sie selbst oder ihren Lebensraum zerstören, sei es nun direkt oder mehr noch indirekt durch den globalen Klimawandel. Und dabei gehören Korallenriffe gemeinsam mit den tropischen Regenwäldern zu den Lebensräumen mit den meisten unterschiedlichen Tier- und Pflanzenarten auf unserem Planeten (Abb. 1). Sie sind die Kinderstube vieler Lebewesen und bieten einem Viertel aller Fischarten weltweit Unterschlupf. Aber auch wir Menschen nutzen Korallenriffe in ganz vielfältiger Hinsicht. Besonders in tropischen Entwicklungsländern lebt ein Großteil der Küstenbevölkerung in direkter Abhängigkeit von Korallenriffen. Neben ihrer oft lebensnotwendigen Funktion als Nahrungsquelle, wirken sie zudem als Küstenschutz und sind Magnete für zahlungskräftige Touristen. In den letzten Jahrzehnten haben Korallenriffe zudem eine große Bedeutung als Quelle von neuen Rohextrakten für die Pharmaindustrie erlangt, was an der enormen Vielfalt von hier lebenden Organismen liegt. Insofern haben diese Ökosysteme neben der enormen ökologischen Bedeutung auch eine wichtige ökonomische Bedeutung für die Anrainerstaaten.

Korallenriffe stellen Frühwarnsysteme für den Klimawandel dar. Eine Beeinträchtigung dieser sehr sensitiven Ökosysteme kann auf



Insel mit Riff aus der Luft

negative Umwelteinflüsse hinweisen, noch bevor diese an anderen, stabileren Ökosystemen sichtbar werden. Das liegt daran, dass tropische Korallenriffe gleich von beiden marinen Hauptkonsequenzen der globalen Klimaveränderung, der Ansäuerung und der Erwärmung der Ozeane, stark betroffen sind. Die Meeresansäuerung beeinträchtigt die Kalkfällung mit der Korallen ihr Skelett aufbauen, während die Meerese-

wärmung dazu führt, dass der engumgrenzte Temperaturbereich in dem Korallen leben können immer öfter überschritten wird. Daher hat der beginnende Klimawandel aller Voraussicht nach insbesondere für Korallenriffe negative Konsequenzen. Der Weltklimarat IPCC sagt in seinem aktuellen Sachstandsbericht verschiedene denkbare Szenarien voraus, unter anderem auch die Häufung der durch erhöhte Temperatur

Abb. 1: Riff mit vielfältiger Fauna und Flora

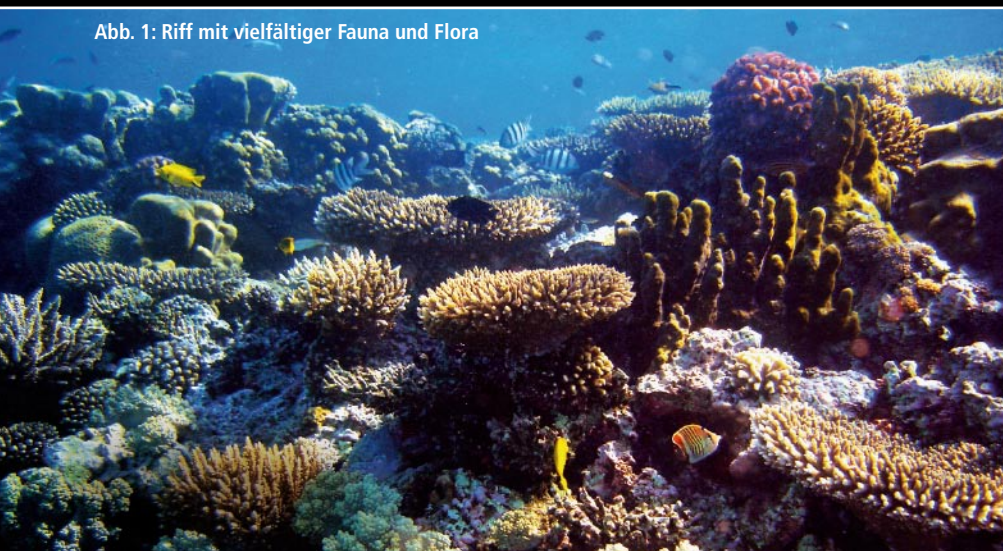


Abb. 2: Durch „Korallenbleiche“ abgestorbene Korallen





Great Barrier Reef-
vom Satelliten ©
NASA

ausgelösten Korallenbleiche (Abb. 2). Dies wird von einer ganzen Reihe von Korallenriffexperten bestätigt. Eine Vielzahl von Beobachtungen weltweit belegen, dass der Klimawandel, auch in Verbindung mit weiteren Faktoren, schon heute angefangen hat Korallenriffe stark zu verändern und zu einer dramatischen Abnahme der Bedeckung durch riffbildende Steinkorallen geführt hat. Im Folgenden wollen wir diese Aspekte näher beleuchten, denn eine Zerstörung der Korallenriffe würde nicht nur einen Verlust an kommerziellen und lebenswichtigen Ressourcen für uns Menschen bedeuten, auch unsere Welt würde um ein Vielfaches ärmer werden an Schönheit und Vielfalt.

Die Kalzifizierung der Steinkorallen ist ein komplizierter und sensibler Prozess, der langsam aber kontinuierlich zu den größten baulichen Strukturen auf unserem Planeten geführt hat (Aufmacher). Das Große Barriereriff vor der



Abb. 4: Die Kalkfällung geschieht durch spezielle Zellen zwischen Polyp und Skelett.

Nordostküste Australiens kann man sogar aus dem Weltraum sehen (Aufmacher).

Für die Kalzifizierung sind nicht nur die inneren Vorgänge im Gewebe der Koralle von Bedeutung, sondern auch die Chemie des umgebenden Meerwassers. Besonders wichtig sind speziell der CO_2 -Gehalt des Meerwassers und der daraus resultierende pH-Wert, sowie das Aragonit-Lösungsgleichgewicht. Die Kalzifizierung der Korallen erfolgt zwischen dem eigentlichen Polypen (Abb. 3) und dem Skelett durch spezialisierte Zellen, die eine Matrix ausbilden, an der sich Kalziumkarbonat (CaCO_3), also Kalk, in Form von Aragonitkristallen bilden kann (Abb. 4). An diesen Stellen der Kalzifizierung herrscht ein Kalziumüberschuss, um die Kalkfällung zu erleichtern. Dabei sorgt enzymatische Aktivität für einen ausreichenden Transport von Kalziumionen in und Wasserstoffionen aus der Koralle (s. Schema in Abb. 5).

Gelöster Kohlenstoff im Meerwasser kommt in drei verschiedenen Formen vor (siehe auch Schema, gelöstes CO_2 , Bikarbonat und Karbonationen), die ein sogenanntes Puffersystem bilden. Dieses Gleichgewicht wird auch durch die Temperatur, den Salzgehalt, den herrschenden Druck (welcher mit zunehmender Wassertiefe ansteigt). Daher hat auch ein zunehmender CO_2 -Gehalt der Atmosphäre, der durch Diffusion (Konzentrationsausgleich) dann wiederum ins Meerwasser gelangt, Auswirkungen auf dieses Gleichgewichtssystem. Mehr CO_2 bewirkt einen niedrigeren pH-Wert und eine abnehmende Konzentration von Karbonationen, da sich das

Gleichgewicht verschiebt, zu Gunsten der Kohlensäure, also Bikarbonat und H^+ Ionen, was zu einem abnehmenden Sättigungswert für Aragonit führt.

Bei einer Aragonitsättigung von 100 % befindet sich Aragonit im Gleichgewicht zwischen gelöster und fester Form. Je niedriger dieser Wert ist, desto schwieriger wird es für die kalzifizierenden Organismen Aragonit zu bilden, also Kalkstrukturen aufzubauen. Fällt der Sättigungswert unter ein bestimmtes Niveau wird nicht nur Kalzifizierung unmöglich, sondern Kalk geht in Lösung, d.h. es kommt zu einem Abbau der Kalkstrukturen, und dies würde sich verheerend auf die Korallenriffe auswirken.

Kalzifizierung im Klimawandel

Bei Ökosystemen spricht man von einem sog. Umkipppunkt (Englisch: „tipping point“), ab dem die Umweltbedingungen sich so verändert haben, dass ein System kollabiert. Dieser Wert könnte für den Kohlendioxidgehalt in naher Zukunft eintreten; verschiedene Modelle sagen eine entsprechend niedrige Aragonitsättigung in 100–200 Jahren voraus, ab der Kalzifizierung unmöglich oder zumindest sehr schwierig wird.

Ein zunehmender CO_2 -Gehalt resultiert aber zunächst einmal in einer Abnahme der Kalzifizierung durch marine Organismen und somit ihrer Wachstumsraten. Dabei reagieren verschiedene Organismen unterschiedlich sensibel, sogar innerhalb der Korallen ist die Reaktion variabel.



Abb. 3: Kalkbildende Korallenpolypen an Ihrem Skelett



Abb. 6: Krustenbildende Kalk-Rotalgen

Karbonatpuffersystem:

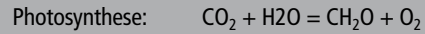
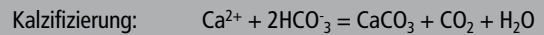
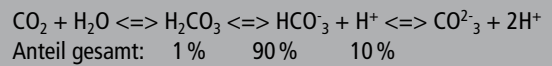


Abb. 5: Übersicht über das Karbonatpuffersystem im Wasser

Wissenschaftler haben herausgefunden, dass bei einer Erhöhung der Wassertemperatur um 3 °C und des CO₂-Gehalts im Meerwasser um ca. 40 %, eine Reduzierung der Kalzifizierungsraten von Korallen um 50 % erfolgt. Dies ist nur eine von mittlerweile zahlreichen Studien, welche eine Abnahme der Kalzifizierungsraten mit zunehmendem CO₂-Gehalt beweist. Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung zeigt, dass, zumindest bei der untersuchte Art, ein hoher Kohlendioxidgehalt ertragen wird, derweil die Korallen kein Kalkskelett mehr ausbilden, sondern eine art blasiges Hydroskelett. Nach einer Abnahme des Kohlendioxidgehalts auf heutiges Niveau wurde wieder kalzifiziert. Dies zeichnet einen möglichen Überlebensweg für Korallen, was jedoch nichts am Auflösen der Riffe selbst ändern würde.

Aber nicht nur Korallen, auch pflanzliches Plankton mit Kalkskeletten, wie den Kalkflagellaten (Coccolithophoriden) und den krustenbildenden Kalk-Rotalgen, dem „Zement“ der Korallenriffe und wichtige Ansiedlungsfläche für Korallenlarven, werden betroffen sein (Abb. 6). Dies wird dann wiederum Einfluss auf das Nahrungsangebot für viele Rifforganismen und die Stabilität der Riffe haben. Zusätzlich sind Korallenriffe auch einer zunehmenden Überdüngung (Eutrophierung), also dem Eintrag zusätzlicher Nährstoffe wie Nitrat und Phosphat ausgesetzt (durch Landwirtschaft, Aquakulturen und Abwässer). Wissenschaftler haben entdeckt, dass sich eine solche Düngung zunächst positiv auf die Photosynthese der symbiotischen Algen in der Koralle (den Zooxanthellen) auswirken kann, aber gleichzeitig zu

einer Reduzierung der Kalzifizierung führt. Dieser Effekt wurde auch von anderen Forschern bestätigt und könnte die Auswirkung eines zunehmenden CO₂-Gehaltes im Wasser auf kalzifizierenden Organismen noch verstärken.

► KONTAKT

Prof. Dr. Christian Wild
Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie-ZMT
Bremen
Tel.: 0421/23800-114
christian.wild@zmt-bremen.de

Carin Jantzen
Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung-AWI
Bremerhaven