

Nora Morgenroth
Kim-Laura Kern
Robert Kastern

21.5.2010



ANNE-
FRANK-
SCHULE

DIE KORALLE



Inwiefern wirkt sich der Klimawandel auf die Korallen aus und welche Folgen bringt dies mit sich?

Inhaltsverzeichnis

<u>1</u>	<u>Einleitung</u>	3
<u>2</u>	<u>Allgemeines</u>	3
<u>2.1</u>	<u>Was ist eine Koralle?</u>	3
<u>2.2</u>	<u>Aufbau</u>	4
<u>2.3</u>	<u>Fortpflanzung</u>	6
<u>2.4</u>	<u>Ernährung</u>	6
<u>2.5</u>	<u>Lebensraum/Ökosystem</u>	7
<u>2.6</u>	<u>Die Sonderstellung der Stinkkoralle und der Riffbildenden Korallen</u>	7
<u>2.7</u>	<u>Great Barrier Reef</u>	8
<u>2.8</u>	<u>Abhängigkeit vom Wasser</u>	8
<u>3</u>	<u>Folgen des Klimawandels</u>	9
<u>3.1</u>	<u>PH-Wert</u>	9
<u>3.2</u>	<u>Wassertemperatur</u>	10
<u>3.3</u>	<u>Weitere Folgen</u>	11
<u>3.4</u>	<u>Coral Bleaching</u>	12
<u>3.5</u>	<u>Vergleich</u>	12
<u>3.6</u>	<u>Zukunft</u>	13
<u>4</u>	<u>Folgen des Korallensterbens</u>	13
<u>4.1</u>	<u>Nahrungskette/-netz</u>	13
<u>4.1.1</u>	<u>Auf den Lebensraum Wasser</u>	13
<u>4.1.2</u>	<u>Auf Wassertiere</u>	14
<u>4.2</u>	<u>Auf die Erde</u>	14
<u>5</u>	<u>Schutz der Korallen</u>	14
<u>6</u>	<u>Fazit</u>	15
<u>7</u>	<u>Quellen</u>	16

1. Einleitung

Diese Projektarbeit befasst sich mit dem Thema „Inwiefern wirkt sich der Klimawandel auf die Korallen aus und welche Folgen bringt dies mit sich?“. Unser Interesse wurde durch einen aktuellen Bericht in den Medien geweckt, und durch Lauras Erfahrungen beim Tauchen und ihre Erzählungen gestärkt.

Zur Informationsbeschaffung haben wir Hilfe vom Max-Planck-Institut in Anspruch genommen und interessante Bücher (z.B. „Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ und „Meerestiere Bestimmungsbuch für Taucher und Schnorchler“) zum Thema gelesen. Ebenfalls nutzten wir seriöse Internetseiten, die uns teilweise empfohlen wurden, zur weiteren Recherche.

Im Laufe der Arbeit erläutern wir allgemeine Informationen zur Koralle und zu Korallenriffen. Dabei richten wir unser Augenmerk speziell auf das Great Barrier Reef. Desweiteren verfolgen wir unsere Leitfrage, indem wir die Veränderungen der Faktoren des Klimawandels, die für die Korallen relevant sind, herausstellen. Hierbei betrachten wir die Veränderungen beim pH-Wert, der Wassertemperatur und weitere Indikatoren. Zusätzlich veranschaulichen wir zwei Zukunftsszenarien und werfen einen Blick auf die möglichen Folgen des Korallensterbens.

2. Allgemeines

2.1 Was sind Korallen?

Wenn man an Korallen denkt, stellt man sich gewaltige Bauten von pflanzenähnlichen Organismen vor, die einen Lebensraum für zahlreiche andere Tiere oder Pflanzen bilden.

Aber Korallen sind noch viel mehr. Man nennt sie sogar den Regenwald des Ozeans. Korallen sind Nesseltiere. Das Ökosystem der Korallenriffe zählt zu den größten der Welt, mit rund 617.000 km² Gesamtfläche (0,2% des gesamten Meeresboden) bewohnen ca. 0,5-2 Mio. verschiedene Arten die Riffe, wovon zurzeit nur ca. 60.000 bekannt sind.

2.2 Aufbau

Korallenriffe bestehen alle aus winzigen Korallenpolypen. Oben ist ein Loch (1), durch das sie ihre Nahrung sowohl aufnehmen als auch ausscheiden. Im Inneren des Polypen liegt der Magen (2). Mit ihren Tentakeln (3) befördern sie ihre Nahrung zum Mund. Auf diesen Tentakeln sitzen die Nesselzellen (4), die bei Berührung kleine Giftpfeile abschießen, die ihre Beute betäuben und bewegungsunfähig machen. Darunter leben die Zooxanthellen¹ (5), mit der die

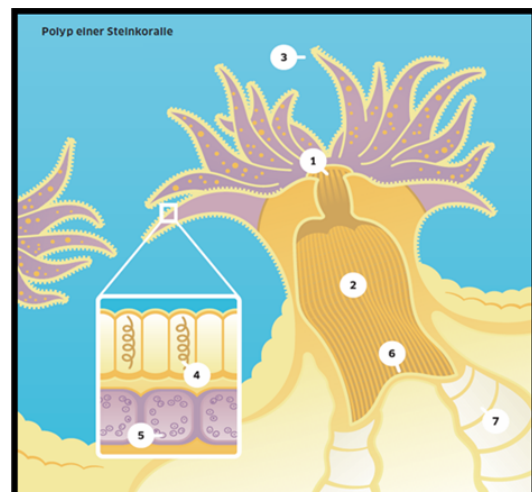


Abbildung 1: Die Koralle; gezeigt wird der Querschnitt eines Korallenpolypen, (Quelle: Raffel, Carsten (05.08):13 Wieso, Weshalb, Warum? Korallenriffe, http://www.greenpeace-magazin.de/fileadmin/user_upload/WiesoWeshalbWarum/13_korallenriffe.pdf, (3.2.10))

¹ **Zooxanthelle:** einzellige Algenart

Koralle in Symbiose² lebt. Diese Alge gibt den Korallen ihre bunten Farben. Korallenpolypen besitzen kein Gehirn. Sie verfügen über ein Nervennetzwerk, das Nachrichten im Körper der Koralle von einer Stelle zur anderen schicken kann. Der Steinkorallenpolyp hat unten eine Fußplatte (6) von der aus er den Kalk (7) abgibt, der das Kalkskelet bildet. Den Kalk gewinnt er aus dem Meerwasser aus gelöstem Kalziumkarbonat. Da die Polypen fest mit ihrem Kalkskelett und angrenzenden Polypen verbunden sind, können sie sich nicht bewegen. Das Kalkskelett bildet, wenn es groß genug ist, das Riff. Die Riffe haben sich durch ihre Lage unterschiedlich entwickelt und sind deswegen typisiert worden.

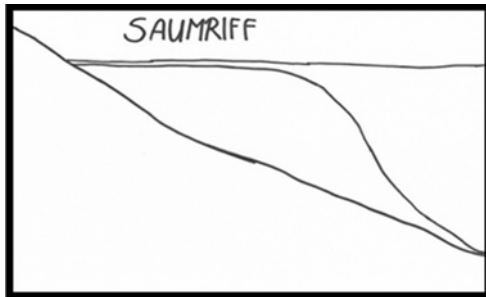


Abbildung 2: Das Saumriff, gezeigt wird der Querschnitt eines Saumriffs (Quelle: eigenes Bild)

Saumriff: Das Saumriff ist die am häufigsten vorkommende Riffart. Es bildet, wie der Name schon sagt, einen Saum an der Küste. Wie breit dieser ist, hängt von der Wassertiefe und dem Untergrund ab. Saumriffe wachsen vom Land aus. Sie kommen am häufigsten im Roten Meer vor und sind bis heute der wirksamste Schutz vor landabtragender Brandung.

Barriereriff: Das Barriereriff wächst im Gegensatz zum Saumriff vom Grund zur Oberfläche. Es zieht sich meist an der Küste entlang und ist von dieser mehrere Kilometer entfernt. Das bekannteste Barriereriff ist ein Teil des Great Barrier Reef.

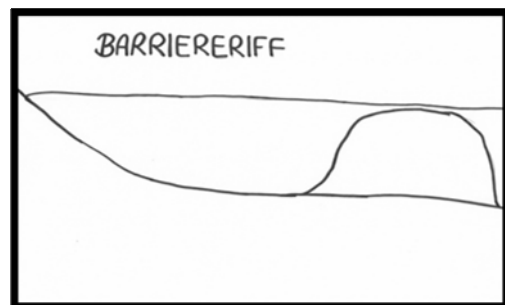


Abbildung 3: Das Barriereriff, gezeigt wird ein Querschnitt eines Barriereriffs, (Quelle: eigenes Bild)

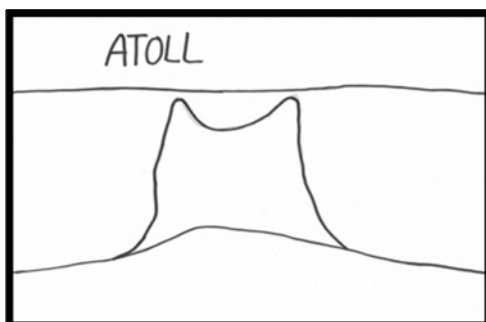


Abbildung 4: Das Atoll, gezeigt wird der Querschnitt eines Atolls, (Quelle: eigenes Bild)

Atoll:

Das Atoll ist ein ringförmiges Riff mit einer Wasserstelle in der Mitte, die man Lagune nennt. Es kann im Gegensatz zum Miniatoll aber hunderte bis tausende Meter tief sein. Dies entsteht wahrscheinlich dadurch, dass sich ein Saumriff um eine Insel bildet und diese dann absinkt. Wenn dies nicht zu schnell und kontinuierlich passiert, wachsen die Korallen immer nach oben.

² **Symbiose:** Zusammenleben zweier verschiedener Organismen, bei denen beide vom jeweils anderen profitieren

Plattformriff: Das Plattformriff wächst anfangs als Hügelriff. Sobald es kurz vor der Wasseroberfläche ist, wächst es nur noch zur Seite. Dadurch entsteht eine große Plattform auf dem Riff, die einen Durchmesser von bis zu 10km haben kann. Plattformriffe wachsen nur auf festem Untergrund, und das Wasser darf nicht tiefer als 50m sein. Wenn das Riff im fortgeschrittenen Alter ist, kann sich das Riffdach durch Erosionen absenken und eine kleine Lagune entsteht. Dann bezeichnet man es als Kranzriff.

Wenn das Riff groß ist, kann man es leicht mit einem Atoll verwechseln. Deswegen wird das Kranzriff auch

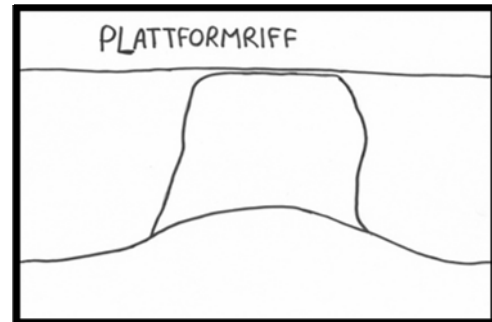


Abbildung 5: Das Plattformriff, gezeigt wird der Querschnitt eines Plattformriffs, (Quelle: eigenes Bild)

Miniatoll genannt. Miniatolle gibt es häufig bei den Malediven.

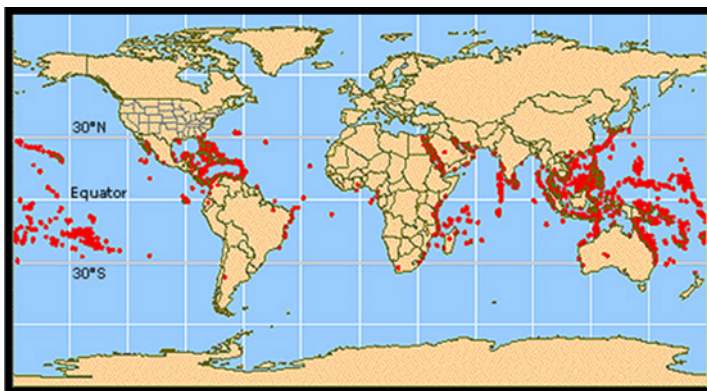


Abbildung 6: Weltweite Verbreitung von Korallenriffen: gezeigt wird wo sich Korallen ansiedeln, (Quelle: Kasang, Dieter (2008): <http://klimawiki.org/>, 12.052010)

Korallenriffe wachsen aber nur an Stellen, wo das Wasser warm, klar und flach ist. Diese Voraussetzungen bieten meist nur Küstengebiete zwischen 30° südlicher und 30° nördlicher Breite. In diesen Regionen befinden sich die ökologisch wertvollsten Riffe.

2.3 Fortpflanzung

Die Fortpflanzung der Korallen findet auf zwei Wegen statt: Zum einen durch geschlechtliche Fortpflanzung, zum andern durch Verknospung (ungeschlechtlich). Die geschlechtliche Fortpflanzung ist von der Wassertemperatur und der Mondphase abhängig. Ist der richtige Zeitpunkt gekommen, setzen alle Korallen im Korallenriff ihre Eier und Spermien in das Wasser frei. Das gleichzeitige Verhalten dient einerseits dem Schutz vor Feinden, damit nicht alle Eier und Spermien gefressen werden. Zum anderen dient es auch der Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, dass sich die Eier und Spermien treffen und zusammen eine Larve (Planula) bilden. Die Larven treiben dann mehrere Stunden bis Wochen durch die Meere, bis sie sich am Meeresboden festsetzen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung dient sowohl zur Aufrechterhaltung und Vervielfältigung der genetischen Vielfalt, als auch zur Ergründung neuer Lebensräume.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung findet durch Verknospung (oder auch Teilung genannt) statt. Hier bildet der Polyp eine Knospe, an deren Ende ein neuer Polyp wächst.

Bei beiden Fortpflanzungswegen wächst der Polyp nur bis zu einer gewissen Größe und bildet dann nur noch einen Kalksockel, um zu „wachsen“.

2.4 Ernährung

Korallen haben eine Vielzahl von Ernährungsmöglichkeiten, was sie in diesem Punkte zu wahren Überlebenskünstlern macht. Sie erlangen Nährstoffe aus dem Wasser und durch die Symbiose mit den Zooxanthellen, die Fotosynthese betreiben. Außerdem ernähren sie sich von Kleinsttieren, wie z. B. Plankton. Die Nahrungsaufnahme durch Fotosynthese ist ein komplizierter und faszinierender Prozess. Dabei wandeln die Zooxanthellen mit Hilfe des Chlorophylls Lichtenergie in chemisch gebundene Energie.

Die Symbiose bietet beiden Arten Vorteile. So gibt die Zooxanthelle Glycerin, Glucose und Aminosäuren an den Polypen, und andersherum bekommt die Zooxanthelle Kohlenstoffdioxid, Phosphate, Nitrate, Sulfate und Ammoniak. Beide geben den Großteil ihrer Abfallprodukte an den Partner weiter, welche dieser zum Überleben braucht.

Der Polyp gewinnt noch Energie durch die Verdauung von Plankton. Diesen fängt er mit seinen Tentakeln, an denen Nesselzellen zur Lähmung oder Klebefäden befestigt sind. Die meisten Korallen fressen nur nachts, da so die Gefahr von Feinden verringert wird. Am Tage sind die Tentakeln in das Innere des Kalkskeletts zurückgezogen.

Als dritte Nahrungsquelle nimmt die Koralle über die Körperwand gelöste organische Stoffe aus dem Meer auf.

2.5 Lebensraum/Ökosystem

Der Lebensraum, den Korallen bieten, wird von ihnen selbst und von anderen Meereslebewesen genutzt. Durch die verwinkelte Struktur bietet das Riff viele Versteckmöglichkeiten für die Schlafphasen und ermöglicht es vielen Tieren ortsgewunden zu leben. Aber nicht nur deshalb ist das Korallenriff so stark „bevölkert“. Durch die Strömung, die bei Korallenriffen herrscht, wird Plankton und andere Nahrung heran gespült.

Obwohl Korallenriffe nur 0,015% der Meeresoberfläche bedecken, beherbergen sie ca. 25% der Fische. In allen Korallenriffen der Erde gibt es zusammengerechnet ungefähr 1 Million Tier- und Pflanzenarten. Damit sind Korallenriffe, nach den tropischen Regenwäldern, die artenreichsten Lebensräume der Welt.

Dies kennzeichnet das Ökosystem Korallenriff, welches sehr wichtig ist. Nicht nur für Fische und andere Meerlebewesen, auch für den Menschen kann es sehr gefährlich werden, wenn dieses Ökosystem aus dem Gleichgewicht gerät.

2.6 Die Sonderstellung der Steinkoralle und der Riffbildenden Korallenarten

Die Steinkoralle gehört wie die meisten Korallen zu den Blumentieren. Sie zählt zu der Unterklasse der sechsstrahligen Korallenarten (Hexacorallia). Die Artenvielfalt allein bei den riffbildenden Steinkorallen liegt bei etwa 2500 Arten. Die Größe ihrer Polypen variiert von ca. 1mm bis zu 40cm. Ihre Stöcke können eine Größe von mehreren Metern erreichen.



Abbildung 7: Steinkorallen, gezeigt werden Steinkorallen im Riff, (Quelle: de Giusti, Bruno (27 Juli 2005): http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Healthy_corals.jpg&filetimestamp=20070126200455, 14.05.2010)

Zu erkennen sind die Steinkorallen daran, dass sie fest am Meeresgrund angewachsen sind und an ihren harten unbeweglich Gebilden. Die Form der Steinkoralle ist je nach Art variabel. Ihre Farbe ist vorwiegend bräunlich bis grünlich. Eine Kolonie besteht aus vielen sehr kleinen Polypen. Steinkorallen sind nachtaktive Tiere, sie fahren ihre sechs Tentakeln zum Fangen von Nahrung nachts aus.

Beheimatet sind die Steinkorallen in tropischen Meeren (wobei sie in ihrer Artenvielfalt auch in anderen Gebieten nachgewiesen werden konnten). Weil sie mit Zooxanthellen in Symbiose leben (vgl. Aufbau S.4), sind sie in einer Meerestiefe von bis zu 50m (sonnendurchflutetes Wasser) überlebensfähig. Außerdem sind sie auf eine Wassertemperatur von mindestens 18°C (ganzjährig) angewiesen.

Andere Korallenarten, wie Weichkorallen, spielen für die Erhaltung und Entwicklung der Ökosysteme von Korallenriffen eine weniger wichtige Rolle. Sie nutzen nur den Lebensraum, der von den riffbildenden Steinkorallen geboten wird, und steigern die Artenvielfalt. Nur die riffbildenden Korallenarten sind kalkbildende Organismen.

Zurzeit sind rund ein Drittel aller riffbildenden Korallenarten (von denen viele weitere Korallen und andere Meereslebewesen abhängig sind) in ihrem Bestand gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Damit hat sich die bedrohliche Lage der Korallen deutlich verschärft. Eine Hauptursache für diese Entwicklung sehen die Wissenschaftler in den von Menschen produzierten Treibhausgasen und den daraus resultierenden Klimaveränderungen. Lokal leiden die Korallen zudem durch Wasserverschmutzung, Überfischung und die starke wirtschaftliche Nutzung der Küstenregionen.

Rechnet man alle Korallenarten zusammen, sind insgesamt ca. 231 Arten gefährdet, stark gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Weitere 176 sind potenziell gefährdet.

2.7 Great Barrier Reef

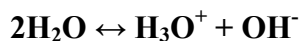


Abbildung 8: A Blue Starfish, gezeigt wird ein Teil des Great Barrierreef, (Quelle: Ling, Richard (2004): http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Blue_Linckia_Starfish.JPG&filetimestamp=20070306081715,19.05.2010)

Das Great Barrier Reef oder das große Barriereriff ist das größte, bekannteste und artenreichste Riff auf der Erde. Es erstreckt sich über eine Länge von 2000 km ca. 300km vor der östlichen Küste Australiens. Mit 230.000 km² ist es „die einzige lebende Struktur“³, die man aus dem Weltraum sehen kann. Der Name „großes Barriereriff“ lässt darauf schließen, dass es sich um ein riesiges Barriereriff handelt. Allerdings besteht es in Wirklichkeit aus ca. 2600 einzelnen Riffs.

In diesem Ökosystem leben rund 400 verschiedene Korallenarten und etwa 1500 verschiedene Fischarten. Desweiteren leben dort ca. 4000 Mollusken-Typen (Weichtiere), 350 Echinodermen und Zehntausende Schwämme, Würmer und Krustentiere, außerdem Seekühe und Buckelwale. Neben den Tieren im Wasser halten sich auch unzählige Wasservögel an den Küsten auf, und 6 von 7 existierenden Wasserschildkrötenarten haben dort ihr Zuhause gefunden.

³ Henning, Axel: Großes Barriereriff, <http://www.australienbilder.de/serien/reef.htm>, (22.04.2010)



Daraus ergibt sich eine Gleichgewichtskonstante K_w .

$$K_w = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}_2\text{O})^2}$$

Die Gleichgewichtskonstante ist $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$.

In neutralem Wasser, also bei einem pH-Wert bei 7, ist die Konzentrationen von OH^- - und H_3O^+ -Ionen gleich: $C(\text{H}_3\text{O}^+) = C(\text{OH}^-)$. Die Konzentration von H_3O^+ -Ionen bestimmt den pH-Wert.

Bei erhöhter Kohlenstoffkonzentration in der Atmosphäre (z.B. durch die anthropogenen Treibhausgase) wird verstärkt Kohlenstoff vom Wasser aufgenommen. Es entsteht Kohlensäure.



Dies bleibt für die Korallen nicht ohne Folge, da sie kalkbildende Organismen sind. Kalk kommt bei Meeresorganismen vor allem in den Formen Aragonit und Kalzit vor. (CaCO_3) Meeresorganismen, die Aragonit produzieren, sind stärker gefährdet als jene, die Kalzit produzieren, denn Kalzit ist schwerer löslich. Korallen gehören zu den Aragonitproduzenten und tragen zu 10% zur globalen, marinen Kalkproduktion (jährlich 0,64-2Gt) bei. Der Kalk wird von der Kohlensäure zu Calciumhydrogencarbonat umgewandelt, und dieses ist im Wasser löslich.



Die Kalkproduktion der Korallen wird also in Meeren mit niedrigem pH-Wert (also saure Meere) geringer, das heißt die Korallen wachsen langsamer. Außerdem sind ihre Skelette instabiler und somit vor Erosionen schlechter geschützt.

Der pH-Wert der Meere ist im Vergleich zu vorindustriellen Werten schon um 0,1 Einheiten gesunken und bei steigender CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre ist auch eine weitere Absenkung des pH-Wertes zu erwarten.

3.2 Wassertemperatur

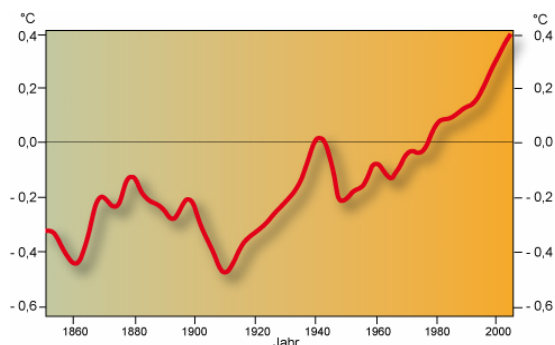


Abbildung 9: Meeresoberflächentemperatur, gezeigt wird die Veränderung der Meeresoberflächentemperatur 1850 bis 2005 im Verhältnis der Jahre 1961-1990, (Quelle: Kasang, Dieter (2007): <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimawandel/ozean/erwaermung.html>, 10.05.2010)

Zur Zeit werden die Korallen durch zwei Temperaturphänomene bedroht, zum einen durch den Anstieg der Meeresoberflächentemperatur, zum anderen durch den sogenannten El-Niño Effekt. Seit 1850 wird die Meeresoberflächentemperatur aufgezeichnet und man erkennt aus der Kurve (vgl. Abbildung 9) eine Erhöhung der Temperatur um $0,6^\circ\text{C}$.

Vergleichen wir jetzt die Meeresoberflächentemperatur im Mai 2008 (vgl. Abbildung 10) mit den Standorten der Riffe (vgl. Aufbau S. 5 Abbildung 6), so zeigt sich, dass sich ein Großteil der Korallen im roten Bereich befindet. Das bedeutet, dass sich viele Korallen schon an der Temperaturgrenze von ca. 29°C bewegen.

El-Niño ist eine Klimaanomalie, die im Pazifik auftritt und für eine Umkehrung der aktuellen Wetterlage sorgt. So transportieren die Passatwinde keine kalten Wassermassen von der Küste Südamerikas mehr und die Meeresoberflächentemperatur steigt. Wenn die Wassertemperatur dann 4 Wochen lang 1-2 °C über dem mittleren Sommerwert

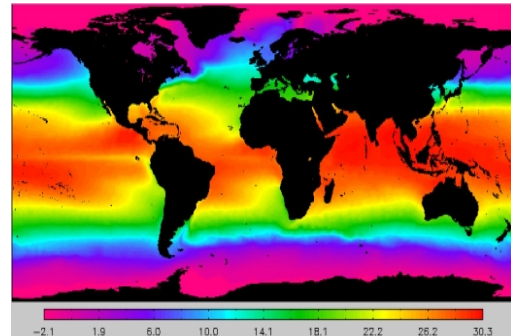


Abbildung 10: Meeresoberflächentemperatur, gezeigt wird die Meeresoberflächentemperatur im Mai 2008, (Quelle: Kasang, Dieter (2007): <http://www.hamburgerbildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimawandel/ozean/erwaermung.html>, 10.05.2010)

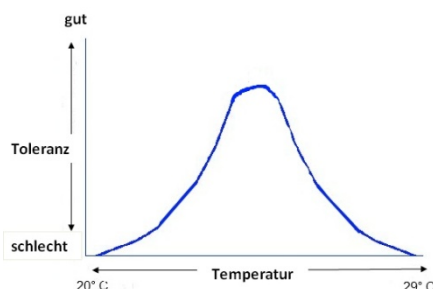


Abbildung 11: Temperaturtoleranzkurve, gezeigt wird die Temperaturtoleranz der Korallen, (Quelle: eigenes Bild)

liegt, kommt es zur Korallenbleiche. Der schlimmste Fall der Korallenbleiche war 1997/98, als die Temperatur 1,5°C über dem mittleren Sommerwert von 29°C lagen. In Folge dessen starben auch 16% der gesamten Korallen im Pazifik.

3.3 Weitere Folgen

Neben dem Sinken des pH-Wertes und dem Steigen der Wassertemperatur gibt es eine weitere Folge des Klimawandels, die sich negativ auf die Korallen auswirken könnte: der Meeresspiegelanstieg.

Die Korallen sind stark von der Fotosynthese der Zooxanthellen abhängig. Wenn die Korallen in tieferem Gewässer leben, gelangt nicht mehr genug Sonnenlicht an die Algen, um diese zu betreiben. Die Korallen verhungern. Wenn der Wasserspiegel zu schnell ansteigt, können die Korallen nicht mehr nach oben nachwachsen und das ganze Riff stirbt. Je nach Art wachsen Korallen 1mm – 100mm im Jahr. Wenn der Wasserspiegel nicht schneller ansteigt, hätten die Korallen eine Chance.

Auch Stürme, die durch den Klimawandel immer stärker werden, haben durch die dadurch höhere Kraft der Wellen Auswirkungen auf Korallen. Einzelne Kalkstücke können dadurch abbrechen. Indirekt verringern die Stürme aber auch die Lichteinstrahlung durch aufgewühlte Sedimente⁵. Diese reiben dann auch an der empfindlichen Oberfläche der Korallen. Die Häufigkeit der Stürme spielt dabei aber wahrscheinlich keine Rolle, sondern die Stärke der Stürme.

⁵ **Sediment:** Sand und Steine am Meeresboden

3.4 Coral Bleaching



Abbildung 12: Coral Bleaching, gezeigt werden Ausgelichene Korallen, (Quelle: Elapiet (2006): <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:EL18p-R%C3%A9union.jpg&filetimestamp=20070412123814>, 17.05.2010)

manchen Korallenarten ist es möglich, dass die Algen wieder zurückkehren. Das ist jedoch sehr zeitaufwändig und schwierig. Wenn die Algen mehrere Wochen die Korallen nicht mit Nährstoffen versorgen, sterben die Polypen. Zurück bleibt nur das Kalkskelett.

Die Neubesiedelung des alten Lebensraumes kann auch nicht ohne weiteres erfolgen. Die leeren Kalkskelette werden fast sofort von Schleimalgen, Krusten- und Bohrschwämmen besiedelt. Außerdem verschlechtert die steigende Wassertemperatur und der sinkende pH-Wert das Wachstum und die Fortpflanzung.

3.5 Vergleich

Der Zeitpunkt vor der Industrialisierung kann nicht ohne Vorbehalt als Referenzpunkt für den Klimawandel gelten, da das Klima auch schon vor der Industrialisierung durch den Menschen beeinflusst wurde (z.B. durch die Bewirtschaftung ehemaliger Waldflächen für den Ackerbau). Dennoch gibt der Vergleich von jetzigen Daten mit Daten vor der Industrialisierung einen Überblick über die Entwicklung des Klimas.

Seit Beginn der Industrialisierung ist der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre stark angestiegen, mit der Folge, dass auch die Meere mehr CO_2 absorbieren. Der pH-Wert ist gegenüber vorindustriellen Daten schon um 0.1 Einheiten gesunken.

Ebenso hat die hohe Konzentration von Treibhausgasen eine Erhöhung der Temperaturen in Atmosphäre und Ozeanen zur Konsequenz. Im Temperaturvergleich ist der Anstieg der Meeresoberflächentemperatur seit 1860 um $0,6^\circ\text{C}$ gestiegen.

Der Vergleich des Meeresspiegelanstiegs ist gegenüber den anderen Daten schon etwas komplizierter zu bestimmen, da als Daten vor 1990 nur Daten aus Pegelmessungen zur Verfügung stehen. Die Entwicklung geht dennoch deutlich zu einer Meeresspiegelerhöhung.

Bereits 1993 wurde durch den Satelliten JASON ein Anstieg von 3,1cm pro Jahrzehnt gemessen.

3.6 Zukunft

3.6.1 Szenario 1

Im besten Fall gelingt es den Korallen sich an die steigenden Wassertemperaturen, den sinkenden pH-Wert und die anderen Veränderungen anzupassen, oder sie stoßen die Zooxanthellen, mit niedriger Temperaturtoleranz ab. Anschließend müsste es ihnen gelingen in Symbiose mit einer anderen Algenart zu leben, welche eine geeignetere Temperaturtoleranz haben müsste.

Szenario 2

Im schlimmsten Fall kommt es in der Zukunft zu einem Massensterben der Korallen, denn der Klimawandel wird die Umweltbedingungen der Korallen weiter verschlechtern. So soll z.B. die Oberflächentemperatur des Meeres bis zum Jahre 2100 um weitere 1-2° C steigen, die El-Niño-Phänomene vermehrt auftreten und der pH-Wert der Ozeane weiter sinken. Dadurch hätten die Korallen mit immensen Problemen zu kämpfen. Die dazugehörigen Zukunftsprognosen von Wissenschaftlern sehen wie folgt aus:

- 20 % aller Korallenriffe sind zerstört und zeigen keine unmittelbare Aussicht auf Erholung
- 24 % aller Korallenriffe stehen durch menschlichen Druck vor dem Kollaps
- Weitere 26 % sind langfristig gefährdet“

4. Folgen des Korallensterbens

4.1 Nahrungskette/-netz

4.1.1 Auf den Lebensraum Wasser

Allein in tropischen Regionen sind etwa 15 Prozent des Meeresbodens mit Korallenriffen bedeckt. Die Korallenriffe sind direkt oder indirekt die Lebensgrundlage für sehr viele Meereslebewesen. Weiterhin bilden lebende Korallenriffe einen natürlichen Schutzwall und verhindern so Erosionen in der Unterwasserlandschaft und großer Küstengebiete.

In wie weit sich der Lebensraum Wasser verändern wird, wenn die Korallen aussterben, kann zum jetzigen Zeitpunkt keiner genau sagen. Dass es eine Entwicklung geben wird, steht allerdings fest.

4.1.2 Auf Wassertiere

Fische und andere Meereslebewesen nutzen die Korallen oft als Schutz und als „Zuhause“. Da sie dazu nur das Korallenskelett brauchen und nicht die Polypen, hat es zuerst keine offensichtlichen Auswirkungen, wenn die Korallen ausbleichen. Doch die Lebewesen sind indirekt von den Korallen abhängig. Einige spezialisierte Fischarten fressen Korallenpolypen und können daher nicht mehr lange überleben, wenn ihre Nahrung ausgestorben ist. Allerdings heißt das nicht, dass die ganze Unterwasserwelt ausstirbt, sobald es keine Korallen mehr gibt. Es scheint eher so, dass einige Fischarten weniger werden oder gar aussterben, wie zum Beispiel der Clownfisch, der in Symbiose mit Anemonen lebt, die zur selben Unterklasse (Hexacorallia) gehören. Andere Fischarten hingegen werden sich vermehren. Das sind aber bisher nur Vermutungen von Wissenschaftlern. Genaue Studien existieren noch nicht.

4.2 Auf die Erde

Die Korallen haben einen großen Einfluss auf das Land; so bilden sie einen wirkungsvollen Schutz vor Küstenerosion und Tsunamis, indem sie wie künstliche Wellenbrecher funktionieren. Sie nehmen den Wellen einen Großteil an Energie. Die Wellen haben dann nicht mehr so viel Energie und können nicht so viel Sand mit sich reißen.

Der Wirtschaftsfaktor der Korallen ist immens: So leben 100 Mio. Menschen von den Korallenriffen, sei es durch den Tourismus, der die prachtvollen Riffe besuchen möchte und so sämtliche Wirtschaftszweige ankurbelt (Hotels, Restaurants,...).

Oder seien es Millionen von kleinen Fischern aus Entwicklungsländern, die von dem Fischen der Korallenriffe leben.

All diese Vorteile schwinden langsam mit dem Absterben der Korallen und es müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um den Verlust auszugleichen.

5. Schutz der Korallen

Die Korallen sind in vieler Hinsicht auf ein enges Spektrum von pH-Wert, Lichteinstrahlung und Wassertemperatur eingestellt. Die zunehmenden Korallenbleichen sind eine Folge der bereits entstandenen Veränderungen und verdeutlichen die Dringlichkeit, global klimapolitische Maßnahmen zu ergreifen, um die Korallen vor weiteren klimabedingten Bedrohungen zu bewahren. Zudem wurde festgestellt, dass gesunde Riffe sich bei kurzfristigen Extremen besser erholen, als bereits beschädigte. Es ist also sinnvoll Meeresschutzgebiete zu errichten, da diese als höchst wirkungsvoll angesehen werden. Die Fischerei ist in diesen Gebieten verboten, was Beschädigungen durch Fischernetze oder Sprengstofffischen vermeidet. Global betrachtet ist die Klimaveränderung künftig die größere Bedrohung und in diesem Bereich müsste sich eine Menge tun, um die Korallen zu schützen.

6. Fazit

Das Klima auf der Erde hat sich seit der Industrialisierung bis heute schon drastisch gewandelt. Die Temperatur in der Atmosphäre sowie im Wasser ist deutlich erhöht. Der pH-Wert der Meere ist gesunken und der Meeresspiegelanstieg ist messbar. Auch die Anzahl der Stürme hat zugenommen. Der Klimawandel spiegelt sich auch deutlich im Zustand der Korallen und Korallenriffe wieder, da diese direkt von ihrer Umgebung abhängig sind. Als Folgen sind Erosionen durch Instabilität in den Riffen und Coral Bleaching zu erkennen. Das hat enorme Folgen unter, aber auch über Wasser. In der Unterwasserwelt sind einige Fischarten sehr von den Korallen abhängig. Diese werden wahrscheinlich aussterben, wenn die Korallen ausbleichen. Andere hingegen werden übermäßig viel zunehmen. Das wiederum würde ein totales Durcheinander im marinen Ökosystem hervorrufen. Dieses Durcheinander würde sich dann früher oder später auch bei uns Menschen ausbreiten. Einerseits wegen der Tourismusbranche an Korallenriffen, von der viele Menschen abhängig sind, und andererseits, weil sie immer noch der wirksamste Schutzwall vor den Küsten sind.

Um den Schutz der Korallen in Zukunft zu gewährleisten, müssen primär die CO₂-Emissionen verringert werden. Hierzu ist globalpolitisches Engagement erforderlich. Sollten keine Maßnahmen gegen den Klimawandel ergriffen werden, ist ein Aussterben der Korallen wahrscheinlich.

7. Quellen

- Berwind, Katja (2005): Korallen Steckbrief, <http://www.zdf.de/ZDFxt/module/korallen/content.html> , (7.10.09)
- Raffel, Carsten (05.08):13 Wieso, Weshalb, Warum? Korallenriffe, http://www.greenpeace-magazin.de/fileadmin/user_upload/WiesoWeshalbWarum/13_korallenriffe.pdf ,(3.2.10)
- ?(5.4.10): Great Barrier Reef: Größtes Korallenriff der Welt, [http://www.greenpeace-magazin.de/index.php?id=55&tx_ttnews\[tt_news\]=76847&tx_ttnews\[backPid\]=54&tx_ttnews\[calendarYear\]=2010&tx_ttnews\[calendarMonth\]=4&tx_ttnews\[startingPoint\]=24&cHash=b0c0c40bf0](http://www.greenpeace-magazin.de/index.php?id=55&tx_ttnews[tt_news]=76847&tx_ttnews[backPid]=54&tx_ttnews[calendarYear]=2010&tx_ttnews[calendarMonth]=4&tx_ttnews[startingPoint]=24&cHash=b0c0c40bf0),(19.4.10)
- Ammann, Christoph(10.1998), el nino Die Infoseite zur Kilmaanomalie im Pazifik, <http://www.elnino.info/aktuell.php> ,(7.10.09)
- Eichler, Dieter (2007);Tropische Meerestiere Bestimmungsbuch für Taucher und Schnorchler; 7te Auflage; BLV Buchverlag GmbH & Co. KG; S. 52-58, S.16-24,
- R. Schubert, H.-J. Schnellhuber, N. Buchmann, A. Epiney, R. Gießhammer, M Kulesa, D. Messner, S. Rahmstorf, J. Schmid; (2006 Die Zukunft der Meere- zu warm, zu hoch, zu sauer;);1. Auflage; S.20-24, 69-83, 2,8
- Reinhold Leinfelder, Ulrich Kull & Franz Brümmer (Hrsg.)(2002): Profil Band 13, Riffe – ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht, PROFIL is published by the Institute of Geology and Palaeontology, University of Stuttgart, <http://141.20.244.90/mehr/riffe/schulbuch/buchdownload.shtml>, 15.04.2010.
- Thomas F. Goreau, Nora I. Goreau und Thomas J. Goreau (Juli 1999): Biologie der Meere, Auflage 1., Spektrum Akad. Vlg., Hdg., S. 80 - S. 91
- (18.04.2010): Marine Ökosysteme, http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Marine_%C3%96kosysteme, 19.04.2010
- Dieter Kasang (25.09.2009): Die Erwärmung des Ozeans, <http://www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=themen.klima> (15.05.2010)
- Sigrid Totz (24.01.2006): Korallen und Mangroven: Bewahren heißt profitieren, http://www.greenpeace.de/themen/meere/nachrichten/artikel/korallen_und_mangroven_bewahren_heisst_profitieren/, (14.05.2010)
- Umweltbundesamt (Juni 2009): KLIMAWANDEL UND MARINE ÖKOSYSTEME Meeresschutz ist Klimaschutz, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3805.pdf> , (22.03.2010)