

# scriptum

# GEOLOGIE MACHT SCHULE 14



## Das Thema „Riffe“ im Schulunterricht

### Informationen, Anregungen, Erfahrungen

VON REINHOLD R. LEINFELDER, CHRISTA MAASSEN (†), HARTWIG PÜSCHEL



#### Zusammenfassung:

Moderner, fächerübergreifender Unterricht benötigt geeignete Themen. Das Thema „Riffe“ eignet sich ausgezeichnet dazu. Es verbindet Aktualität, Ästhetik und Komplexität mit Geschichte und Naturwissenschaften, insbesondere Geografie, Geologie, Paläontologie und Biologie. Der Artikel gibt eine Einführung in Ökosystem, Evolution, Bedeutung und Gefährdung der Riffe, beinhaltet eine kleine, weiterführende Ressourcenliste und berichtet über Erfahrungen mit dem Thema Korallenriffe im Schulunterricht. Eine erfolgreiche „ganzheitliche“ Schulkonzeption an einer bayerischen Schule präsentiert das erste Beispiel, bei dem die verschiedensten Disziplinen (Biologie, Chemie, Geografie, Kunsterziehung, Wirtschaftswissenschaften, Englisch und Deutsch) gemeinsam sowie mit Unterstützung einer staatlichen Forschungssammlung das Projekt gestalten. Das zweite Beispiel zeigt anhand des Lehrplans von Nordrhein-Westfalen auf, wie das Thema Riffe auch erfolgreich und ohne großen Aufwand in ein einziges Schulfach (hier Geografie) integriert werden kann. Beiden Beispielen sind Arbeitsblätter beigelegt, die direkt beziehungsweise in adaptierter Form verwendet werden können.

#### 1 Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer, fragen Sie doch mal Ihre Schüler, was ihnen zum Thema Korallenriffe spontan einfällt? Kinoheld Nemo? Gefährliche Haie? Tauchabenteuer? Tropenurlaub? Bestimmt hören Sie Derartiges. Aber wie werden die Reaktionen sein, wenn Sie erzählen, dass Riffe auch mit Klima, Welternährung, Pharmazie, Weltwirtschaft, Erdöl, Überschwemmungen, Tsunamis, aber auch der Eifel, den Alpen zu tun haben und die höchste Vielfalt an Meerestieren beherbergen, die wir überhaupt kennen. Oder dass wir indirekt unsere Existenz überhaupt den allerersten Riffen vor 3 bis 1 Milliarden Jahren zu verdanken haben, weil diese – aufgebaut von Urmikroben – die Weltmeere entgiftet und die Sauerstoffatmosphäre aufgebaut haben. Wir könnten uns vorstellen, dass manche Augen groß werden und einige sagen, gibt's doch gar nicht, dazu wollen wir mehr wissen. Wir würden uns freuen, wenn es so wäre und wenn Sie das Thema aufgreifen würden.

Aber ist das Thema „Riffe“ für den Schulunterricht nicht viel zu komplex? Schließlich stellt es das komplexeste marine Ökosystem dar und wird durch eine Fülle physikochemischer, geolo-

#### Inhaltsverzeichnis:

- 1 Vorwort
- 2 Das Ökosystem Riff.  
Aufbau, Bedeutung und Gefährdung –  
eine kurze Einführung
- 3 Ressourcen
- 4. Erfahrungsberichte und Anregungen
  - 4.1 Die Schulausstellung: Riffe –  
Oasen der Weltmeere seit 3 Milliarden Jahren.
  - 4.2 Naturgeografische Themen im Gymnasium NRW
- Arbeitsblatt Tuvalu-Information, mit Internet-Links
- Diverse Kurzinformationen und Arbeitsblätter für den Unterricht zum Rahmenthema Tuvalu

#### Anschriften der Autoren:

PROF. DR. REINHOLD R. LEINFELDER  
Museum für Naturkunde der  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Invalidenstr. 43, 10115 Berlin  
E-Mail: [leinfelder@museum.hu-berlin.de](mailto:leinfelder@museum.hu-berlin.de)

HARTWIG PÜSCHEL  
Willibald-Gluck-Gymnasium  
Dr.-Grundler-Str. 7, 92318 Neumarkt i. d. Opf.

gischer, geografischer und biologischer Prozesse gesteuert. Außerdem: Wie soll man das Thema visualisieren, gibt es doch in Deutschlands Meeren keine Riffe? Aber es ist gerade diese Komplexität, die in Riffen derart faszinierend ist, die sich eben auch ausgezeichnet über Analogien wie „Oasen in den Meeressümpfen“ oder „Städte unter Wasser“ veranschaulichen und erklären lässt. So kann das Thema eben auch besonders gut von verschiedenen Seiten (Erdkunde, Biologie, aber auch geisteswissenschaftliche Fächer) sowie fächerübergreifend aufgegriffen werden und zeigt sehr viele – wegen des schlechten Zustands heutiger Riffe leider fast zu viele – aktuelle, angewandte Bezüge.

Wir wollen Ihnen dazu im Nachfolgenden einige Anregungen und Hilfestellungen geben. Unsere einführende Übersicht zum Ökosystem Riff, zum gesellschaftlichen Nutzen, aber auch zu den Gefährdungen der Riffe halten wir sehr kurz, da viele von den Autoren und anderen erstellte Ressourcen hierzu auch im Internet verfügbar sind, auf die wir Sie im entsprechenden Abschnitt aufmerksam machen. In diesem Beitrag möchten wir Ihnen insbesondere anhand mehrerer Beispiele Anregungen geben, wie Sie das Thema im Erdkundeunterricht, im Biologieunterricht, aber gerade auch als fächerübergreifenden Projektunterricht einbauen könnten. Wir berichten von den Erfahrungen mit einer in Kooperation mit Universität und Museum erstellten und in den Unterricht eingebauten Riffausstellung an bayerischen Schulen sowie von Schulprojekten aus Nordrhein-Westfalen. Zu allem werden Ihnen auch Arbeitsblätter zur Verfügung gestellt, die Sie bei Interesse gerne direkt verwenden können.

## 2 Das Ökosystem Riff. Aufbau, Bedeutung und Gefährdung – eine kurze Einführung

(VON R. LEINFELDER)

### Vorkommen heutiger Riffe

Heutige Riffe finden sich in Form von Korallenriffen in etwa zwischen den Rossbreiten, jedoch nur dort, wo das Wasser warm genug, flach genug sowie sauber und nährstoffarm ist. Korallenriffe kommen damit in tropischen und subtropischen Regionen vor, aber nur auf submarinen Erhebungen oder entlang von Festlands- und Inselküsten, eben im Flachwasser (Abb. 1). Vor großen, viel Sediment liefernden Flussmündungen sowie in den nährstoffreichen Auftriebsgebieten vor den Westküsten der Kontinente fehlen sie.

### Riffkorallen als lichtabhängige „Blumentiere“

Grund für diese eindeutige Verteilung der Riffe ist insbesondere die Symbiosebeziehung zwischen den zu den Hohltieren gehörenden riffbildenden Steinkorallen (Abb. 2) und einzelligen Algen aus der Gruppe der Dinoflagellaten, den sogenannten Zooxanthellen. Diese synthetisieren aus Kohlendioxid und Wasser mithilfe von Sonnenlicht Fotosynthese-Produkte, von denen sie weit über 60 %, manchmal bis zu 90 % an die Koralle abgeben, wovon sich die Koralle hervorragend ernähren kann. Nur Stickstoff- und Phosphorverbindungen müssen von der Koralle durch Fangen von Zooplankton hinzugeführt werden. Weitere Vorteile für die Koralle sind die Verwendung von ausgeatmetem Kohlendioxid sowie Abfallstoffe wie Orthophosphate durch die Zooxanthellen.

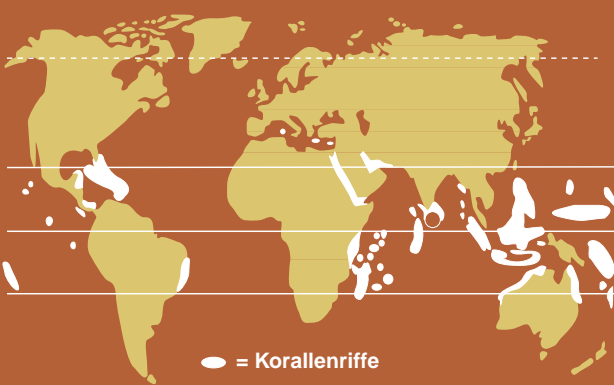


Abb. 1: Vorkommen heutiger Warmwasser-Korallenriffe



Abb. 2: Schematisierter Aufbau einer Steinkoralle (solitäre Form). Steinkorallen haben ein durch Septen differenziertes Außenskelett aus Kalk. Die Zooxanthellen sitzen im Gewebe der Tentakel und der Oralscheibe.

Beide Stoffe behindern die Ausscheidung des Kalkskeletts durch die Korallen und sind Stoffe, die die endosymbiontischen, das heißt, die im Gewebe der Korallen lebenden Algen für ihren Stoffwechsel benötigen. Außerdem müssen die Dinoflagellaten im Unterschied zu im freien Meer lebenden Formen keine Zellulosepanzer als Schutzmechanismus entwickeln und können ihre Reproduktionsrate reduzieren. Die Endosymbiosebeziehung lässt sich sehr gut als Vermieter/Untermieterverhältnis veranschaulichen. Die Koralle als Vermieter stellt Schutz und Grundressourcen zur Verfügung, die Mieter müssen Mietzins in Form von Fotosynthaten zahlen. Werden die Mieter aufdringlich, etwa durch zu starke Vermehrung während Temperaturspitzen, werden sie vom Vermieter aus der Wohnung geworfen – mit dem Effekt des Korallenbleichens, wobei der Vermieter allerdings auf die lebensnotwendigen Einnahmen verzichtet, was er nur kurz durchhalten kann. Das Korallentier kann übrigens für den Unterricht gut mit aus einem Heuaufguss gewonnenen Süßwasserpolyphen Hydra veranschaulicht werden, auch wenn dieser streng genommen nicht zu den Anthozoa, also den Blumentieren, sondern den Hydrozoa gehört und keine Fotosymbionten beinhaltet.

### Städte unter Wasser – Das Riffökosystem

Auch sehr viele andere Aspekte der Korallenriffökologie können mit dem Bild der „Städte unter Wasser“ veranschaulicht werden (LEINFELDER & GINSBURG 1998). Die Riffkorallen sind die Hauptbaumeister und bilden Unterwasserstädte aus Stein. Da die Platzverfügbarkeit eingeschränkt ist, wird vor allem in die Höhe gebaut. Marktplätze mit „Frischgemüse“ in Form von Makroalgenüberwuchs sind zahlreich vorhanden und ziehen Pflanzenfressende Fische aus Lagune und Hochsee an, die wiederum räuberische Tiere anziehen, sodass das Nahrungsnetz immer komplexer wird. Makro- und Blaualgen wachsen aber gerne wie Unkraut, auch über die Korallen. Ein Gartenbauamt in Form von besonders effizienten „Rasenmäherbrigaden“ wie Papageifischen und Diademseeigeln muss immer wieder freie Flächen schaffen, auf denen auch wieder neu gebaut werden kann, auf dem sich also Korallenlarven ansiedeln können. Die Energieversorgung der Stadt ist hochmodern, da dezentral durch Milliarden kleiner Solarzellen, eben den Fotosymbionten im Gewebe der Steinkorallen. Es gibt Filter- und Kläranlagen im Riff, die das Wasser sauber und damit lichtdurchlässig halten, indem feinste organische Bestandteile bis hinunter zu Bakteriengröße herausgefiltert und gefressen werden. Alle filtrierenden Muscheln, Moostierchen und viele andere Organismengruppen gehören dazu; die besten Filterer sind jedoch die Schwämme, die imposante Filterleistungen haben können. Ein handtellergroßer Schwamm kann je nach Gruppe eine ganze Badewannenfüllung in wenigen Stunden aktiv durch sich hindurchpumpen und

dabei das Wasser effizient säubern. Am Boden angekommene tote organische Materie, wie etwa Fischschuppen, Leichen von Tieren werden durch die Müllabfuhr recycelt, zu der die meisten Krebstiere, darunter auch die Einsiedlerkrebse gehören. Das Kalkskelett kranker und toter Steinkorallen wird durch eine Brigade von bohrenden Organismen zu Sand und Geröll zerlegt. Zu diesen „Abbruchunternehmen“ gehören Bohrmuscheln, viele bohrende Würmer, Bohralgen, manche Seeigel und wieder einmal Schwämme, nämlich die Bohrschwämme, die sich zum Schutz in die Kalkskelette bohren. Der durch Bohrorganismen und Stürme gebildete Sand wird teilweise aus dem Riff herausgewaschen, verfüllt die Lagunen und bildet wunderschöne weiße Sandstrände, zum Teil wird er aber auch durch „Mörtelmeister“ im Riff fixiert und so wieder zu guten Baugründen für neue Korallengebäude umgewandelt. Besonders wichtige Mörtelmeister sind inkrustierende Kalkrotalgen, die auch im stark wellenbewegten Wasser über Lockermaterial wachsen können und dieses durch Ausscheidung eines Kalkskeletts festzementieren können. Viele weitere Dienstleister finden sich im Riff, wie zum Beispiel Putzerfische und Putzergarnelen, die richtige Putzstationen unterhalten, was übrigens im Erfolgstrickfilm „Große Haie, kleine Fische“ entsprechend thematisiert wurde. Erwähnt sei, dass neben den tropisch-subtropischen Korallenriffen auch sogenannte Kaltwasserriffe existieren. Hier wachsen Korallen ohne Fotosymbionten in nährstoffreichen Wässern, die oft viele hunderte von Metern tief sind. Wir haben es hier mit einem völlig anderen Ökosystem zu tun, welches sich, da von anderen Korallen dominiert, bevorzugt an besonders nährstoffreichen Stellen ansiedelt, was also ganz im Gegensatz zu den tropischen Riffen steht (FREIWALD 2002 a, 2002 b). Die Ernährung dieser auf recht wenige Arten beschränkten Tiefwasserkorallen erfolgt ausschließlich über das Einfangen von Plankton. Derartige Ökosysteme, die man vielleicht eher als Korallenrasen bezeichnen könnte, wachsen zum Beispiel auf dem tiefen Schelf vor Norwegen, vor Portugal und an vielen anderen Stellen im Atlantik und Pazifik. Vergleichbar mit tropischen Korallenriffen ist aber die enorme Bedeutung dieser Ökosysteme als Kinderstube und Ernährungspool für Fische und damit auch für den globalen Fischfang. Leider stellt in beiden Systemen der Fischfang (Schleppnetzfischerei bei Tiefwasserriffen, generelle Überfischung, Dynamit- und Zyankalifischerei in tropischen Flachwasserriffen) auch eine starke Bedrohung dar.

### Riffe als Gesteinsproduzenten

Das Kalkproduktionspotenzial der tropischen Flachwasserriffe ist faszinierend. Korallenriffe sind nur mit etwa 2 % Fläche in den tropischen Meeren vertreten, ihre Kalkproduktivität ist jedoch so gigantisch, dass sie – sofern gesund – mit jedem Meeresspiegelanstieg mithalten können und damit einen hervorragenden natürlichen Küstenschutz für die häufig in Hurrikangebieten lie-

genden Festlands- und Inselküsten darstellen. Ohne sie wären Sturmschäden viel gravierender, selbst die schrecklichen Auswirkungen des Tsunamis vom Dezember 2004 waren dort deutlich geringer, wo noch annähernd intakte Korallenriffe vorhanden waren, wie zum Beispiel auf den Malediven (RADEMACHER 2005: 83, VINCE 2005, REUTERS 2005, TÖPFER & UNEP 2005). Vor Sri Lanka wurden bis in die Achtzigerjahre des vorigen Jahrhunderts moderne Riffe für die Zementindustrie abgebaut, sodass die entsprechenden Küstenabschnitte völlig ungeschützt waren. Die Regierung der Malediven hat erfreulicherweise inzwischen längst erkannt, dass die Riffe nicht nur die Touristen anlocken, sondern bei generell steigendem Meeresspiegel mitwachsende Schutzwälle darstellen. Nicht nur die Korallen produzieren Kalk, sondern auch viele Kalkalgen, einzellige Kammerlinge und sonstige riffbewohnende Organismen. Korallenriffe schaffen auch neue Lebensräume. Hinter bis zum Meeresspiegel hochgewachsenen Korallenriffen bilden sich Lagunen, in denen vor allem durch die dort weitverbreiteten Kalkalgen die Kalziumkarbonat-Produktivität wiederum sehr hoch ist. Dieses System optimiert sich selbst, da an den nunmehr niederenergetischen Festlandsküsten Mangrovesümpfe entstehen können, die Sedimentfracht und Nährstoffe, die von Hinterlandsflüssen in die Meere gelangen, abfangen und damit das Kalkproduktionssystem Korallenriff-Lagune weiter stabilisieren. Schon DARWIN wusste, dass die Absenkung ozeanischer Vulkane vom Riff- und Lagunenwachstum kompensiert werden kann – die Absenkung hat mit der Abkühlung der ozeanischen Lithosphärenplatten bei zunehmender Entfernung von den mittelozeanischen Rücken



**Abb. 3:** Blick auf das Schlernplateau (links) und die Seiseralm (rechts), Dolomiten, Italien. Der Schlern stellt ein mitteltriasisches Riffsystem dar. Das Riff lag an der Kante, die Lagune links, den Hang zur Seiseralm repräsentieren Riffschuttsedimente des Vorriffs. Die Hauptrifforganismen waren damals jedoch keine Korallen, sondern Kalkschwämme. Die Rifforganismen bauten viele hunderte Meter von Kalkstein auf, der später überwiegend zu Dolomit umgewandelt wurde.

zu tun. Durch die hohe Karbonatproduktivität können bei tektonischer Absenkung Kalkablagerungen gebildet werden, die viele hunderte, ja tausende von Metern dick werden können. So entstanden zum Beispiel die Kalkabfolgen aus der Trias-Zeit in den Dolomiten (Abb. 3) oder Nördlichen Kalkalpen, aus dem Oberjura in der Schwäbischen und Fränkischen Alb oder aus dem Mitteldevon im Rheinischen Schiefergebirge und im Harz. Die Gesteine wurden später angehoben und bilden heute beliebte Ausflugsgebiete. Damit ist Deutschland eben doch ein Riffland, nur stammen die Riffe eben aus 370 Millionen (Mitteldevon), 230 Millionen (Trias) oder 150 Millionen (Oberjura) Jahre zurückliegenden Zeiten. Selbst der höchste Berg Deutschlands repräsentiert mit dem mitteltriassischen Wettersteinkalk Relikte eines Riffgebietes aus längst vergangener Zeit.

### Die Evolution der Riffe

Riffe gibt es bereits seit den Frühzeiten der Erde. Sie stellen jedoch kein archaisches System dar, sondern haben sich ständig weiterentwickelt und dabei auch die Erde laufend verändert. Am augenfälligsten gilt dies für die Riffe aus der frühen Erdgeschichte. Definieren wir Riffe als Ökosysteme, die durch die Lebensaktivität von am Boden festgewachsenen Organismen geschaffen wurden und dabei überlieferungsfähige mineralisierte, meist aus Kalk bestehende Strukturen bedingen, gehören die bereits seit drei Milliarden Jahren existierenden Stromatolithen zu den Riffen. Solche Riffe bestehen vor allem aus verkalkten mikrobiellen Schleimen, wobei aufwachsende Kalklaminae entstehen, die mehrere Meter hohe Strukturen bilden können. Die beteiligten Mikroben waren ursprünglich anaerob, bald kamen jedoch Zyanobakterien dazu, die bereits das Fotosynthesystem entwickelt hatten und dafür verantwortlich waren, dass die Urozeane oxisch wurden und sich die Sauerstoffatmosphäre entwickelte. Durch die damit verbundene enorme Kalkfällung wurde Überschusskalzium aus den Ozeanen entfernt. Damit wurden die Voraussetzungen für höheres Leben weiter verbessert. Zu hohe Kalziumkonzentrationen sind ein Zellgift – die Bildung von Kalkschalen, aber auch von Knochen kann in gewisser Weise auch als kontrollierte enzymatische Entgiftung des Körpers vor Überschusskalzium gesehen werden. Die Entwicklung dieses Entgiftungssystems und der damit verbundenen adaptiven Möglichkeiten als Schutz- beziehungsweise Stützskelett war jedoch erst möglich, als die Konzentration von Kalzium durch die frühen Riffe auf „verträgliche“ Werte reduziert wurden. Ganz nebenbei fällten vor etwa 2,5 Milliarden Jahren spezielle Eisenbakterien, die sich als Anpassung an das zunehmend auftretende Oxidationsgift Sauerstoff entwickelten, massenhaft das in den Urmeeren gelöste Eisen aus und bildeten vorübergehend Eisenstromatolithen, die sogenannten Gebänderten Eisenerze (auch als Itabirite bekannt). Dieser spezielle Riffotyp stellt die wichtigsten Eisenerzvorkommen

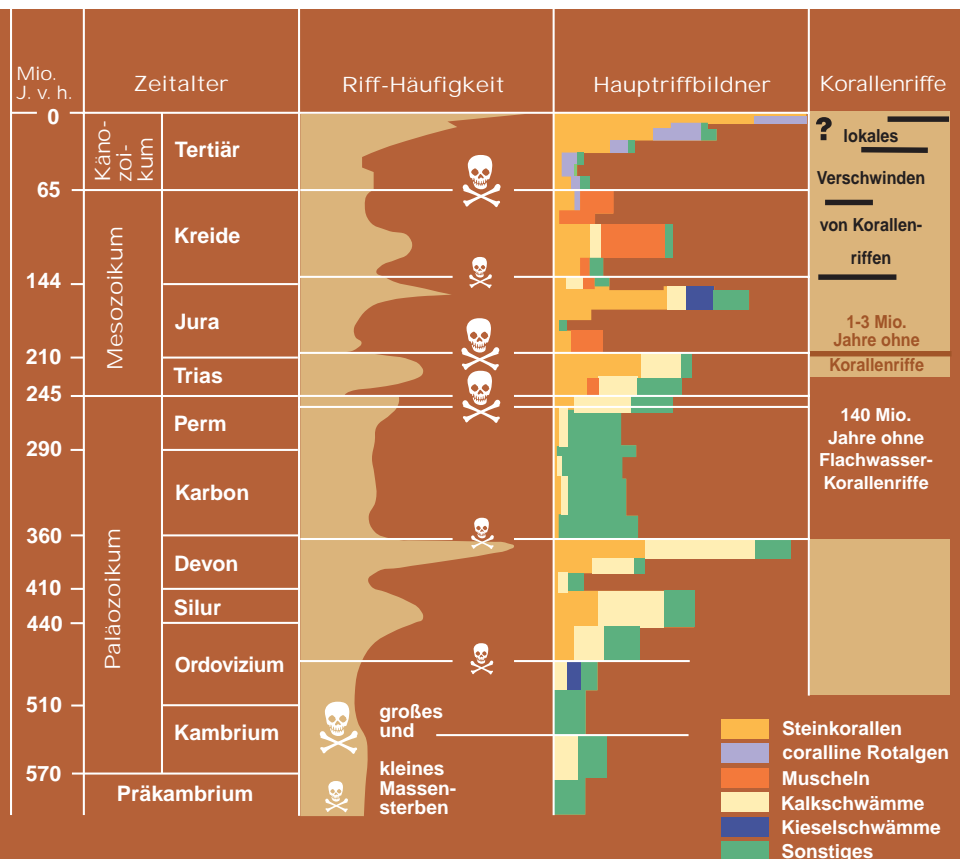
unserer Erde dar. Seit dem Kambrium entwickelten sich eine Fülle unterschiedlicher Riffotypen, wie zum Beispiel Schwammriffe, Algenriffe, Moostierchenriffe und, seit etwa 500 Millionen Jahren, auch Korallenriffe. Allerdings haben sich auch die Korallenriffe seit dieser Zeit evolutiv stark verändert und insbesondere zunehmend spezialisiert. Vor vielleicht 150 Millionen Jahren erfolgte die Aufspaltung der Korallenriffe in tropische, an extrem nährstoffarme Milieus angepasste Hochsee-Riffe und Korallenriffe, die weiterhin stark vom Vorhandensein von Plankton abhängig waren und bis heute zunehmend in das Tiefwasser der Ozeane abwandern. Weitere allgemeinverständliche Details zur Entwicklung der Riffe siehe FLÜGEL (1998) und LEINFELDER (2003). Die in Süddeutschland weit verbreiteten Jura-Riffe werden in LEINFELDER (1998) sowie im „Jurassic Reef Park“ ([www.palaeo.de/edu/jrp](http://www.palaeo.de/edu/jrp)) behandelt. (Abb. 4)

**Gesellschaftlicher Nutzen und Gefährdung der Riffe**

Besonders stark ändern sich die Korallenriffe allerdings heute. Während Kolumbus wohl noch sehr natürliche Riffe und Lagunen antraf und beim Landen in Mittelamerika noch über die Panzer lebender Meeresschildkröten in der Lagune an Land gehen konnte (JACKSON 1997), wurden die Riffe seitdem zunehmend durch den Menschen genutzt, was in den letzten Jahrzehnten dramatisch angestiegen ist und die Riffe extrem geschädigt hat. Mindestens 70 % aller Korallenriffe sind wohl ernsthaft bedroht. Listen wir Einiges der gesellschaftlichen Relevanz heutiger tropischer Korallenriffe auf, wobei Nutzen und damit verursachte Übernutzung meist sehr eng zusammenliegen.

- Korallenriffe sind für die lokale, regionale und globale Ernährung wesentlich, wie bereits geschildert wurde. Auch die Gefährdung durch Überfischung, Schleppnetzfischerei, Dynamit- und Zyankalifischerei wurde bereits erwähnt.
- Organismen aus Korallenriffen und Lagunen stellen eine wesentliche pharmazeutische Ressource dar. Hochwirksame Schmerzmittel aus den Giften von Konusschnecken, Prostaglandinengewinnung gegen Herz-Kreislauf-Erkrankung aus Hornkorallen, ARA-C-Produktion aus Schwämmen und Korallen im Kampf gegen Aids, neue antibakterielle Wirkstoffe, Korallenskelettmehl als Grundstoff zur Modellierung abwehrreaktionsarmer zertrümmerter Kieferknochen, ja sogar „Glasaugen“ aus Korallensubstanz – die Liste ist schier unendlich. Auch hierbei wird jedoch mancherorts bereits Raubbau betrieben – der Autor REINHOLD LEINFELDER musste bereits beobachten, wie entsprechend interessierende Seesterne quantitativ in einem geschützten Gebiet mit hochtechnischen Methoden abgesammelt wurden. Neben einer nachhaltigen Nutzung lassen Erfolge in der Zucht sowie auch im gentechnischen Nachbau natürlicher Riffsubstanzen hoffen.
- Auf die Bedeutung von Riffen als natürlichen Küstenschutz gegen Stürme, Hochwässer, steigenden Meeresspiegel und Tsunami-Auswirkungen haben wir bereits hingewiesen, genauso wie auf den Abbau von Korallenriffen für die Zementindustrie, der an manchen Stellen der Welt leider immer noch stattfindet. Viele Regionen, wie etwa die Malediven, haben

Abb. 4: Riffrevolution und Riffsterben während der Erdgeschichte. Häufigkeit und Zusammensetzung der Riffbildner ändern sich laufend. Unter Sonstiges sind v. a. mikrobielle Krusten, verschiedene ausgestorbene Kalkalgengruppen und Moostierchen zusammengefasst. Globale Aussterbeereignisse sind durch Totenköpfe gekennzeichnet. Das Präkambrium begann vor 4,6 Milliarden, das Mikrobienriffwachstum vor etwa 3 Milliarden Jahren. Nach dem katastrophalen Aussterben der meisten paläozoischen Korallen im höheren Devon dauerte es etwa 140 Millionen Jahre, bis wieder subtropische Korallenriffe des Flachwassers auftraten. Nach FLÜGEL (1997) verändert und ergänzt



aus der entsprechenden Übernutzung gelernt und unterlassen inzwischen den Abbau. Aber auch die allgemeine Wasserverschmutzung durch Überdüngung aus Landwirtschaft und Abwässern sowie Schwebstoffeintrag aufgrund küstennaher Bautätigkeit, Mangrove- und Regenwaldabholzung schädigen die Riffe und beeinträchtigt auch die Funktion als natürlicher Küstenschutz. Ein erschreckendes Beispiel des Abbaus der Schutzfunktion durch Umweltschädigungen ist derzeit auf dem Inselarchipel von Tuvalu zu beobachten. Wir haben dies für Sie bereits direkt für den Unterricht aufgearbeitet (s. Kap 4. 2).

- Riffe sind ein touristischer Wirtschaftsfaktor. Dies bezieht sich nicht nur auf die Millionen von Schnorchlern und Tauchern in heutigen Riffen, sondern auf noch weitaus mehr Touristen, die vor allem an weißen Sandstränden und tropischen Lagunen interessiert sind. Ohne die Riffe und die damit zusammenhängenden Lagunensysteme wären die Sandstrände gar nicht erst generiert oder gleich wieder durch hohe Wellenenergie abgespült worden. Damit hängt die Wirtschaft ganzer Regionen wie etwa der Karibik, Ägyptens, der Malediven oder von Thailand komplett oder zu einem großen Teil direkt und indirekt von den Riffen ab. Aber auch zu Hause wird durch Reiseveranstalter, Fluggesellschaften oder Sportartikelhersteller kräftig am Rifftourismus verdient. Der Massentourismus ist aber auch eine immense Bedrohung der heutigen Riffe. Trampeln ungeübter Schnorchler auf Riffdächern, schädliches Berühren von Korallen, Ankerwerfen in Riffen sowie insbesondere der Abbau ganzer Riffe für Souvenirartikel sind wesentliche Bedrohungen.
- Aufgrund der chemischen Pufferkapazität des karbonatischen Systems sowie der dauerhaften Abfuhr von Kohlendioxid als Kalziumkarbonat aus der mit der Atmosphäre gekoppelten Hydrosphäre in die Lithosphäre stabilisieren Korallenriffe langfristig auch unser Klima. Umgekehrt stellen El-Niño-Temperaturschwankungen in Verbindung mit dem anthropogenen Anteil der Klimaerwärmung ein besonders hohes Gefährdungspotenzial für unsere heutigen Korallenriffe dar. Bei erhöhten Temperaturen geraten die Korallen unter Temperaturstress und stoßen ihre Symbionten ab – das gefürchtete Korallenbleichen setzt ein. Es führt zum Absterben ganzer Korallenriffe, sofern die Temperaturspitzen zu lange oder zu häufig auftreten. Das seit Menschengedenken größte Bleichen fand 1998 statt, Wassertemperaturen bis zu 40 °C etwa auf den Malediven führten teilweise zu Mortalitätsraten von über 90 %. Auch wenn die Riffe teilweise wieder bunt aussehen, bleibt abzuwarten, ob sich nur die nicht Karbonat produzierenden, bunten Weichschwämme, Hornkorallen und Algen regenerieren, oder ob auch die Karbonatproduktion wieder die ursprünglichen

Werte erreicht und damit die Riffe auch weiterhin mit Wellenabration und Bohrorganismen im Gleichgewicht stehen. Aussterbeereignisse von Riffen sind aus der Erdgeschichte vielfältig bekannt. Immer wieder erholten sich die Riffe, jedoch lagen die Regenerationszeiträume in Größenordnungen von mehreren 100 000 bis vielen Millionen Jahren. Sollten Riffe heute aussterben, wären sie für die menschliche Gesellschaft verloren.

- Erwähnt werden soll auch die gesellschaftlich-ökonomische Bedeutung fossiler Riffe. Neben der Bedeutung bei der Bildung faszinierender Landschaften sind Riff- und Lagunenkalke wertvolle Ressourcen für die pharmazeutische und chemische Industrie sowie für die Baustoff- und Bausteinindustrie. Darüber hinaus sind fossile Riffe und Lagunensande wegen ihrer Porosität ausgezeichnete Erdöl- und Erdgasspeichergesteine. Die weltgrößten Kohlenwasserstofflagerstätten befinden sich in paläozoischen, jurassischen und kretazischen Riff- und Lagunengesteinen.

Weitere Hintergrund-Informationsquellen zur Bedeutung und Gefährdung von Riffen sowie generell zum Thema Riffe finden Sie zum Beispiel bei LEINFELDER & BRÜMMER (1998), HODGSON & LIEBELER (2002) sowie im nachfolgenden Kapitel.

#### Direkt im Text zitierte Angaben

- FLÜGEL, E. (1997): Riffe heute und früher. Die Entwicklung eines Ökosystems in der geologischen Zeit. – In: STEININGER, F.; MARONDE, D. [Hrsg.]: Städte unter Wasser – 2 Milliarden Jahre. (Begleitheft zur gleichnamigen Riff-Ausstellung im Naturmuseum Senckenberg anlässlich IYOR). – Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 24; Frankfurt/M. (W. Kramer).
- FREIWALD, A. (2002 a): Reef-forming cold water corals. – In: WEFER, G.; BILLET, D.; HEBBELN, D.; JORGENSEN, B. B.; SCHLÜTER, M.; WEERING, T. VAN [Hrsg.]: Ocean Margin Systems: 365 – 385; Berlin Heidelberg (Springer).
- FREIWALD, A. (2002 b): Paläontologie im 5. Rahmenprogramm der Europäischen Union: Das ACES Projekt (Atlantic Coral Ecosystem Study): <http://www.palaeontologische-gesellschaft.de/palges/forschung/forschung.html?forschung/freiwald/index.html>
- HODGSON, G.; LIEBELER, J. (2002): The Global Coral Reef Crisis: Trends and Solutions, 1997 – 2001. – [http://www.reefcheck.org/news/news\\_detail.php?id=25](http://www.reefcheck.org/news/news_detail.php?id=25)
- JACKSON, J. (1997): Reefs since Columbus. – Coral Reefs, 16 (5): 23 – 32.
- LEINFELDER, R. (1996): Jurassic Reef Park – Eine populärwissenschaftliche online-Führung zu den Jura-Riffen. – <http://www.palaeo.de/edu/JRP>

- LEINFELDER, R. R. (1998): Riffe aus alten Zeiten: das Beispiel der Jurariffe. – In: LEINFELDER, R.; KULL, U.; BRÜMMER, F. [Hrsg.]: Riffe – ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. – Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie, Profil, 13: 37 – 48.
- LEINFELDER, R. (2003) Korallenriffe – Zentren der Artenvielfalt und Evolution. – In: HANSCH, W. [Hrsg.]: Katastrophen in der Erdgeschichte. Wendezeiten des Lebens. – Museo, 19: 180 – 199, Heilbronn. – [Auch kpl. als pdf-Datei verfügbar unter [http://www.palaeo.de/edu/ind\\_riffe.html#museo](http://www.palaeo.de/edu/ind_riffe.html#museo)]
- LEINFELDER, R. R.; BRÜMMER, F. (1998): Der Mensch und die Riffe: Bedeutung, Gefährdung, Schutzmaßnahmen. – In: LEINFELDER, R.; KULL, U.; BRÜMMER, F. [Hrsg.]: Riffe – ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. – Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie, Profil, 13: 21 – 36.
- LEINFELDER, R. R.; GINSBURG, R. (1998): „Städte unter Wasser – Gibt es so etwas?“ – In: LEINFELDER, R.; KULL, U.; BRÜMMER, F. [Hrsg.]: Riffe – ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. – Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie, Profil, 13: 105 – 114. – [s. auch <http://www.riffe.de/riffstadi>]
- RADEMACHER, C. (2005): Der Weg der Welle. – GeoEpoche, 16: 46 – 87; Hamburg (Grüner & Jahr).
- REUTERS (2005): Coastal 'Green Belts' Seen as Tsunami Life Savers. <http://www.climateark.org/articles/reader.asp?linkid=37895>
- TÖPFER, K.; UNEP (2005): After The Tsunami. Rapid Environmental Assessment. – United Nations Environment Programme, <http://mirror.unep.org/tsunami/reports/TsunamiReportComplete.pdf>
- VINCE, G. (2005): Natural barriers reduced tsunami devastation (UNEP). <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn7053>

### 3 Ressourcen

(zusammengestellt von R. LEINFELDER)

**Eine Auswahl allgemeinverständlicher Übersichtsartikel zum Ökosystem Korallenriffe (und weitere Riffe) (s. auch Literaturverzeichnis von Kap. 2):**

- BRÜMMER, F.; LEINFELDER, R.; REINIKÉ, G. (1997): Die Korallenriffe unserer Meere. Faszinierende Lebensvielfalt und imposante Steingebäude. – In: STEININGER, F.; MARONDE, D. [Hrsg.]: Städte unter Wasser – 2 Milliarden Jahre. (Begleitheft zur gleichnamigen Riff-Ausstellung im Naturmuseum Senckenberg anlässlich IYOR). – Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 24: 131 – 143; Frankfurt/M. (W. KRAMER).
- LEINFELDER, R. (2003) Korallenriffe – Zentren der Artenvielfalt und Evolution. – In: HANSCH, W. [Hrsg.]: Katastrophen in der Erdgeschichte. Wendezeiten des Lebens. – Museo, 19: 180 bis 199, Heilbronn. – [Auch kpl. als pdf-Datei verfügbar unter [http://www.palaeo.de/leinfelder/freepdfs/Leinfelder\\_in\\_Hansch\\_h03.pdf](http://www.palaeo.de/leinfelder/freepdfs/Leinfelder_in_Hansch_h03.pdf)]
- LEINFELDER, R.; KULL, U.; BRÜMMER, F. [Hrsg.] (2002): Riffe – ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. – Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie; 2., überarb. Aufl. – [kostenlose online pdf-Version. 150 S., <http://www.riffe.de/schulbuch>]

**Online verfügbare Versionen allgemeinverständlicher Vorträge:**  
<http://www.palaeo.tv/talks/reeftalks.html>

- Vortragsfolien zu „Riffe unter Stress“ (R. LEINFELDER)
- Edutainment zum Tuvalu-Thema: „Was hat www.erotik.tv mit Riffen und Klima zu tun?“ (R. LEINFELDER)
- Ausgearbeitetes und bebildertes pdf-Manuskript zum Vortrag „Die Evolution der Biodiversität – Das Beispiel der Riffe“ (R. LEINFELDER)

**Online verfügbare Filmclips und komplette Filme zum Thema Riffe:**

- <http://www.palaeo.tv/modern>
- <http://www.palaeo.tv/ancient>

**Beispiele zu Riffaquarien in Deutschland:**

- Lebendes Korallenriff in Deutschland? Na klar, und zwar wunderschön im Löbbecke-Museum von Düsseldorf: Als Vorbereitung vor dem Besuch erstmal ins Web? <http://www.aquaristik.de/world/loeb1.htm>
- Riffaquarien im Jura-Museum, Eichstätt: <http://www.altmuehlnet.de/~an01118/Seite4.html>

**Weitere Online-Ressourcen:**

- LEINFELDER, R. (1996 ff.): Jurassic Reef Park – Eine populärwissenschaftliche online-Führung zu den Jura-Riffen. – <http://www.palaeo.de/edu/JRP>
- LEINFELDER, R. (1997 ff.): Die Internet-Seiten zum Jahr des Rifffes (IYOR 1997), ab 1998 weitergeführt als „Der Deutsche Rifffressourcen-Server“; zusammen mit weiteren Riffangeboten und online-Artikeln zu erreichen unter <http://www.riffe.de>



- LEINFELDER, R.; BRÜMMER, F. (1997): Die Riffe und der Mensch: ein Dilemma. – [www.riffe.de/dilemma](http://www.riffe.de/dilemma)
- LEINFELDER, R.; GINSBURG, R. (1997): Städte unter Wasser. – [www.riffe.de/riffstadt](http://www.riffe.de/riffstadt)
- MAASSEN, C.; LEINFELDER, R. [coord.] (2000): Online-Schulprojekt Riffe. – <http://uni-schule.san-ev.de> (2. Preis der Ausschreibung schule@uni)
- NOSE, M.; WERNER, W.; SCHWEIGERT, G.: Besuchenswerte fossile Riffe. – [http://www.riffe.de/infos/Foss\\_Riff.html](http://www.riffe.de/infos/Foss_Riff.html)
- REICHHOLF, J. (2004): Bedrohte Schönheit aus dem Riff. – [http://www.riffe.de/schutz/reichholf\\_artenschutz\\_ns\\_lr.pdf](http://www.riffe.de/schutz/reichholf_artenschutz_ns_lr.pdf)  
Schulriffausstellung: <http://www.palaeontologische-gesellschaft.de/palges/schule/ausstellung/riffausstellung.html>
- SCHWEIGERT, G.: Exkursionsführer zu den Jurariffen der Schwäbischen Alb. – <http://www.palaeo.de/edu/albriffe>
- Virtuelle Geouniversität – Teilbereich Riffe: [http://www.palaeo.de/edu/ind\\_riffe.html](http://www.palaeo.de/edu/ind_riffe.html) – Weltnaturerbe Korallenriff: eine Hörfunk-Diskussionssendung des SWR mit Riffexperten (45 Min.): <http://www.palaeo.de/tv/modern/coralextra/swr2.htm>

#### Wissenschaftliche Arbeitsgruppen (Auswahl):

- Riffgruppe München: <http://www.geobio-center.lmn.de/reefgroup>
- Institut für Meereswissenschaften Geomar: <http://www.ifm-geomar.de/>
- Zentrum für Marine Tropenökologie: <http://www.zmt-bremen.de>

#### Weitere Infos (Bücher, Filme, etc.):

- [http://www.riffe.de/IYOR\\_mehr.html](http://www.riffe.de/IYOR_mehr.html)
- Internationales Jahr des Riffes 2008: <http://www.iyor2008.de>

#### Einige internationale Internet-Links:

- Australian Institute of Marine Sciences. – Project Net for Schools (Arbeitsblätter, bebilderte Kurzinfos etc.): <http://www.aims.gov.au/pages/research/project-net/apnet.html>
- Coral Reef Alliance: <http://www.coralreefalliance.org/>
- Cyanide and Dynamite Fishing – Who's really responsible? By Michael AW, Carlingford, Australia. <http://www.riffe.de/infos/cyanide.html>
- HODGSON, G. (1999): A global assessment of human effects on coral reefs. – Marine Pollution Bulletin, 38: 345 – 355. – [Online unter <http://www.reefcheck.org/infocenter/publications/mpb.pdf>]
- HOEGH-GULDBERG, O. (1999): Climate Change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. – <http://www.reef.edu.au/OHG/res-pic/HG%20papers/Hoegh-Guldborg%201999.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA) Coral Reef Conservation Program. – <http://www.coralreef.noaa.gov/>
- Ocean N Environment: <http://www.oceannenvironment.org>
- Reef Base: <http://www.reefbase.org/>
- Reefcheck: <http://www.reefcheck.org/infocenter/publications.asp>
- UNEP World Conservation Monitoring Centre: <http://www.unep-wcmc.org/>

WWF – Global Marine Programme: [http://www.panda.org/about\\_wwf/what\\_we\\_do/marine/index.cfm](http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/marine/index.cfm)

International Year of the Reef 2008: <http://www.iyor.org>

#### Letzte Neuigkeiten zu Riffen:

Reefs: Google-News englisch: <http://news.google.com/news?hl=en&q=reefs>

Reefs: Google-News Deutschland: <http://news.google.com/news?hl=de&q=Riffe>

## 4 Erfahrungsberichte und Anregungen

### 4.1 Die Schulausstellung: Riffe – Oasen der Weltmeere seit 3 Milliarden Jahren.

Ein Bericht über eine erfolgreiche Kooperation zwischen Wissenschaftlern und Pädagogen, mit Beispielen und Arbeitsblättern (von H. PÜSCHEL)

#### Vorbemerkung (R. LEINFELDER)

Die Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, München, erstellte in Kooperation mit dem GeoBio-Center an der Ludwig-Maximilians-Universität, München, eine Ausstellung mit dem Thema „Riffe – Oasen der Weltmeere seit 3 Milliarden Jahren“. Diese Sonderschau konnte von Schulen über mehrere Jahre ausgeliehen werden, sofern das Thema „Riffe“ in geeigneter Weise in den Schulunterricht eingebaut wurde. Auch wenn diese Ausstellung aus Kosten- und Aufwandsgründen vor allem innerhalb Bayerns auf Wanderschaft ging und gegebenenfalls noch weiter geht, empfehlen wir das Beispiel sehr zur Nachahmung. Universitäten oder andere Einrichtungen, die das Thema Riffe behandeln, gibt es auch in Nordrhein-Westfalen (Universitäten, Aquazoo Düsseldorf, Museum Koenig usw.) und andernorts. Sie können vielleicht zur Kooperation gewonnen werden. Oder sammeln Sie auf Schulexkursionen Ihre eigenen Riff-Fossilien in der Eifel und ergänzen diese vielleicht durch Ausleihe beim Zoll mit modernen Rifforganismen (die Sie aber bitte nicht käuflich erwerben sollten). Aber das Konzept funktioniert auch, wenn Sie keine Riff-Objekte zur Verfügung haben. Mit Fotos von einem Aquariumsbesuch, Internet-Ressourcen und eigenen Zeichnungen ist eine abbildungs-basierte Riffausstellung auf Postern ebenfalls machbar! Lesen Sie den nachfolgenden Bericht, bei dem sich 12 Lehrkräfte aus den verschiedensten Fächern am Projekt beteiligten. Sie finden im Bericht auch nachahmenswerte Beispiele sowie direkt verwendbare Arbeitsblätter.

### Bericht zum Schulprojekt

(von H. PÜSCHEL)

Die „Riffausstellung“ selbst informiert den interessierten Betrachter über den Aufbau, verschiedene Formen und die einzigartigen Lebensgemeinschaften in Korallenriffen und zieht Vergleiche zu fossilen Riffen aus verschiedenen Erdzeitaltern. Das Besondere, vielleicht sogar das bisher Einmalige an dieser Sonderschau ist jedoch, dass Wissenschaftler und Pädagogen gemeinsam diese Ausstellung konzipierten, die in der Schule nicht nur einfach betrachtet werden sollte, sondern von Lehrkräften mit den unterschiedlichsten Materialien und Anregungen angereichert wurde und damit hervorragend im Unterricht einsetzbar ist: Geologie macht Schule.

Damit wurde ein neuer Weg beschritten: Museale Schätze werden direkt am Lernort – in der Schule – präsentiert und wissenschaftliche Erkenntnisse werden vor Ort verankert. So hat die Zusammenarbeit zwischen den Museumspädagogen aus München und den Lehrkräften für beide Seiten ganz neue Chancen eröffnet.

Im Folgenden geben die beteiligten Lehrkräfte einen Überblick über ihre Intentionen und Tätigkeiten. Das vorliegende Thema eignet(e) sich in besonderem Maße für die Behandlung im Unterricht, weil es eine breite Palette von Fächern anspricht. Schnell erkannten insgesamt 12 Lehrkräfte zweier benach-

barter Gymnasien, dass das Thema neben den sich förmlich aufdrängenden Disziplinen Biologie, Chemie und Geografie inklusive Geologie auch Bereiche wie Kunsterziehung, Wirtschaftswissenschaften, aber auch die Fremdsprachen und Deutsch anzusprechen vermag.

Die Lehrkräfte bildeten zwei Teams, die es sich zur Aufgabe machten, Arbeitsmaterialien für die genannten Fächer zu erstellen. Weiterhin sollte gewährleistet sein, dass dabei unterschiedliche Schwierigkeitsgrade realisiert werden, sodass jede Jahrgangsstufe am Gymnasium mit einem adäquaten Anforderungsprofil konfrontiert werden konnte. Und als weitere Besonderheit sollte sichergestellt werden, dass die Schüler die Ausstellung und ihre Inhalte unter fächerübergreifendem Blickwinkel erleben und der dazugehörige Unterricht methodische Vielfalt garantiert. Zur Verwirklichung dieser Zielsetzungen erstellten die beteiligten Lehrkräfte eine Fülle von Materialien. Die meisten sind unter der Internetadresse [www.wgg-neumarkt.de](http://www.wgg-neumarkt.de) zugänglich.

### Hier ein paar Beispiele aus der Vielzahl der Aktivitäten und Ergebnisse:

Durch einen Malwettbewerb, initiiert in einer 6. Jahrgangsstufe, wurde eine passende Vorlage für ein Plakat gefunden. Schüler einer 10. Klasse scannten die Vorlage ein und zauberten mithilfe eines Bildbearbeitungsprogramms ein Werbeplakat für die Sonderschau (Abb. 5).

Das sogenannte „Riff-Diplom“ – siehe Anhang – war in der Unterstufe die beliebteste Einführung in die Ausstellung. Nur wer bestimmte Plakate der Sonderschau aufmerksam durchlas, konnte mehr oder minder knifflige Aufgaben beantworten und so ein Lösungswort ermitteln.

Weitere Arbeitsblätter in den Fächern Biologie und Erdkunde – einzelne Kostproben siehe Anhang – konnten beim Rundgang durch die Sonderschau bearbeitet werden. Alle sind unter der zuvor angegebenen Internetadresse zu finden und können im Unterricht direkt eingesetzt werden, zum Teil auch ohne Ausstellung im Hintergrund.

Starke Impulse gab die Ausstellung auch für das Fach Deutsch, was die nachfolgenden Beispiele belegen mögen. So wurden Interviews durchgeführt, Berichte, Phantasieerzählungen oder wunderschöne Gedichte geschrieben, sogar eine Schulaufgabe bediente sich des Themas. Dreh- und Angelpunkt war jedes Mal die Ausstellung.

Abb. 5: Schülerplakat zur Riffausstellung



**Interview**

Riffreporter: Wer ist auf die Idee gekommen, die Riffeausstellung an das Willibald-Gluck-Gymnasium zu holen?

HARTWIG PÜSCHEL: Nun, das war meine Idee. Dir ist bekannt, dass Jugendliche oft nicht so gerne ins Museum gehen. Deshalb wollte ich eine Ausstellung eines Museums in die Schule holen.

R: Was sind Riffe eigentlich?

H. P.: Riffe sind Erhebungen in flacherem Meerwasser. Sie finden sich vor allem in warmen Gewässern, wo die Steinkorallen mithilfe von Algen riesige „Kalkgebäude“ errichten.

R: Wo gibt es die meisten und schönsten Riffe?

H. P.: Im Roten Meer und im Pazifik.

R: Wie groß ist das größte zusammenhängende Riff?

H. P.: Das Barriere-Riff nordöstlich von Australien ist etwa 2000 km lang.

R: Warum interessieren Sie sich so für Riffe?

H. P.: Ich sammle die versteinerten Überreste der Riffe, z. B. fossile Korallen.

**Bericht**

Ab dem 11.4.2002 war das WGG die erste Station einer Wanderausstellung über Korallen.

Die Ausstellung, die vom 11.4.2002 bis zum 17.5.2002 das WGG besuchte, zeigte Korallen und ähnliche Meeresbewohner wie Seesterne und Muscheln. Das größte Ausstellungsstück war die tellerförmige Steinkoralle Acropora. Die wohl interessantesten Stücke waren der Seestern *Oreaster reticulatus* aus dem Karibischen Meer und die Tritonshorn-Schnecke *Charonia tritonis*.

Einige Klassen arbeiteten sogar im Unterricht mit der Ausstellung. Man konnte dabei einiges über Riffbildner erfahren. Wer hätte z. B. gedacht, dass es Riffe schon seit 3 Milliarden Jahren gibt? Alles in allem eine sehr gelungene Ausstellung!

Aber auch andere Projekte rund um die Sonderschau weckten bei Schülern wie Lehrern Ideen, die vorher niemand so erwarten konnte.

## Ein paar Gedichte gefällig?

## Haikus

Blau  
ein

Fischschwarm  
sie schützen sich  
sie fliehen vor mir  
verwirrend

Feuerrot,  
wie Lava  
am Meeresboden, überwiegt  
Ich sehe nur rot  
Wunderschön

Das Meer (Geheimes Gedicht)  
von ANDREAS MÜLLER, Klasse 6 a

Die Sonne spiegelt sich im Meer,  
bricht das Licht, fährt hin und her.

Schwimmt wie ein Boot auf den Wellen,  
und man hört die Seehunde aus der Ferne bellen.

Tief im Wasser erblickt man Korallen,  
die auch mir sehr gut gefallen.

In der Ferne sieht man Wale schwimmen,  
und im Hintergrund die Sonne schimmern.

Und sieht man die Sterne am Firmament,  
hat die Nacht ein  
Happy End.

## Elfchen

Im tiefblauen Meer  
Ein Hai, sehr hungrig ist er  
Sucht seine Beute

Tief im Atlantik  
Da ein Schwarm blauer Fische  
Sie schwimmen davon

Eine 11. Jahrgangsstufe gestaltete ihren Studientag rund um das Thema „Riffe“: Klimaänderung, Tourismus, Ökologie der Riffe, aber auch ein Tauchlehrgang am Nachmittag bereicherte diesen Tag.

Und eine weitere 11. Klasse startete mit großem Erfolg ein Englisch-Projekt. Innerhalb der Englischstunden von drei Schulwochen erschlossen sich diese Schüler das Spezialvokabular zur Riffthematik, suchten sich selbst die verschiedensten Themen über die Malediven und recherchierten diese anschließend im Internet, um ihren jeweiligen Bereich bis hin zur Präsentation als PowerPoint-Datei, als Referat oder als Schaubild abzudecken, selbstverständlich alles in Englisch.

Phantasieerzählung (Ausschnitt)

#### Ein Schwarm Flugfische

... Auf ihrem Weg zum Meeresvater schwammen sie elegant wie Delfine in die unheimliche, dunkle Tiefe. Sie hörten die Wellen über sich hinwegrauschen und spürten einen unangenehmen salzigen Geschmack im Mund. Der Mond erhellte das Meer nur noch gering. Obwohl sie sich auf einem gefährlichen Auftrag befanden, der tausend Gefahren barg, fühlten sich die Geschwister sicher und geborgen. Auf einmal fingen die Gewänder der Geschwister stark zu leuchten an. Plötzlich bemerkten sie, dass es hell wie am Tage wurde. Unter ihnen lag ein riesiges Riff mit vielen Korallen, die in allen Farben schillerten. Sie entdeckten verschiedenfarbige Fische, die prachtvoll durch das Riff schwammen. In der Ferne entdeckten sie einen faszinierenden Schwarm Flugfische. Sie schwammen auf den Schwarm zu. Plötzlich hörten sie viele Stimmen. „Was sind das für Wesen?“ Das Mädchen fragte: „Können wir euren Anführer sprechen?“ Der Schwarm teilte sich in zwei Hälften und in der Mitte schwamm ein großer und Furcht einflößender Flugfisch auf sie zu. Mit ernster, tief klingender Stimme fragte er: „Was wollt ihr von mir? Und warum wollt ihr mich sprechen?“ Der Knabe antwortete: „Wir suchen den Meeresvater und wollten Dich fragen, ob Du weißt, wo er wohnt?“ „Ich weiß, wo er wohnt, aber ihr werdet alleine nie dorthin kommen, denn ...“

#### *Hier ein fertiges „Produkt“ dieses Projektunterrichts:*

Wie die Beispiele zeigen, gaben die Schüler ihr Bestes. Zugegeben, dazu bedurfte es, insbesondere bei den Lehrkräften, vieler Arbeitsstunden neben dem sogenannten Tagesgeschäft, aber dabei wurden die Teams beider Schulen zusammengeschweißt, Freundschaften entstanden, neue Wege und Blickwinkel wurden wahrgenommen und erweiterten gegenseitig die Perspektiven. Die Fülle der Ideen verblüffte jeden Teilnehmer.

Je ein Kollege jedes Gymnasiums übernahm die Koordination an der eigenen Schule sowie zwischen den beiden Teams. Dadurch wurde eine ständige Kommunikation erreicht, die eine Optimierung des entstandenen Unterrichtsangebots unter dem gegebenen zeitlichen Rahmen ermöglichte. Filme und Videosequenzen lockerten die zahlreichen Projektstage und Unterrichtsstunden auf.

Und heute noch, nach dem Ende der Ausstellung, kooperieren die beiden Kollegien der beteiligten Schulen, diesmal im Rahmen der Veranstaltungen zur schulinternen Fortbildung, indem Themen und Referenten dazu „ausgetauscht“ werden.

Auch die Schüler standen mehrheitlich auf der Gewinnerseite. Die Zusammenarbeit zwischen den Museumspädagogen und ihren Lehrkräften führte für sie zu einem sehr abwechslungsreichen Unterrichtsangebot und zu einem Mehr an neueren Unterrichtsformen, festigte ihre Arbeitstechniken und erhöhte vor allem die Handlungskompetenz vieler beteiligter Schüler.

So hat eine Ausstellung, die primär geologisch-paläontologische Inhalte zur Schau stellt(e), Impulse geschaffen, die weit über das eigentliche Fach(wissen) ausstrahlt(e), indem sie nicht nur eine große Bandbreite an Unterrichtsfächern mit ihren jeweiligen Fachkollegen animierte mitzumachen, sondern darüber hinaus an den Schulen Zeichen für mehr Teamarbeit – bei Schülern wie bei den Lehrkräften – und neuere Methoden und Formen für den Unterricht setzte: Geologie macht Schule – eine tolle Sache!

### Riff-Diplom

#### Aufgabe:

Unternimm einen Rundgang durch die Ausstellung und lies aufmerksam die Texte der Plakate 1 bis 5. In den folgenden 12 Aussagen sind 3 falsche versteckt. Kreuze in der Tabelle rechts (so wie bei der Aussage 12) die zutreffenden Aussagen an und schreibe rechts daneben die Nummer des Plakats, in dem du den Text gefunden hast.

Die Anfangsbuchstaben der zutreffenden Aussagen ergeben – bei richtiger Reihenfolge – das Lösungswort, nämlich den Namen einer Inselgruppe mit weltbekannten Tauchparadiesen.

Anmerkung:

Die Aussagen unten sind nicht immer wortwörtlich aus den Plakattexten übernommen!

Lösung			
M			
Aussage		zutreffend	Plakat Nummer
1	Es gibt Riffe seit etwa 3 Milliarden Jahren.		
2	Länger als 2 000 km ist das große Barriere-Riff von Australien.		
3	Vier verschiedene Rifftypen unterscheidet man in den Tropen: Saumriff, Barriere-Riff, Plattformriff und Atoll.		
4	Als Regenwälder der Meere werden Korallenriffe wegen ihrer riesigen Lebensvielfalt bezeichnet.		
5	Riffe sind typisch für die Tiefsee.		
6	Die größten Riffgürtel sind vom Weltraum aus zu sehen.		
7	Auch in der Arktis und Antarktis gibt es noch wachsende Riffe.		
8	In den Korallenpolypen leben mikroskopisch kleine Algen.		
9	Eine Hirnkoralle hat eine typische kugelige Form.		
10	Riffe bilden sich immer nur im Süßwasser.		
11	Neben verzweigten Korallenkolonien gibt es auch massive, krustige oder plattig-tellerförmige Formen.		
12	Menschen schädigen das Riffwachstum, wenn beim Tauchen die empfindlichen Riffkorallen unnötig berührt werden.	X	12

## Steinkorallen als Riffbauer

Hannes Schreiner sitzt in einem Airbus 320 der Australian Airlines und schaut auf die Uhr.

In 20 Minuten wird er in Townsville landen und bald mit einer kleinen Gruppe anderer Austauschschüler zum lang ersehnten Tauchkurs aufbrechen. Beim Landeanflug erkennt er unten schneeweiße Inseln im türkisgrünen Ozean und erinnert sich an die Worte seines Vaters:

„Du wirst beeindruckt sein, von dem was du siehst und erlebst. Das über 2000 km lange Barriere-Riff vor der Nordostküste Australiens ist das größte von Lebewesen errichtete Bauwerk der Erde. Man kann es sogar aus dem Weltraum erkennen. Dabei werden die mächtigen, der ständigen Brandung trotzen Riffe von Abertausenden winziger „Schleimklümpchen“ aufgebaut und erhalten. Bald wirst du selbst die merkwürdigen Riffbildner – die Korallenpolypen – und mit ihnen die gesamte Wunderwelt des Riffs erleben. An und in einer Korallenbank gibt es mehr irdisches Leben, mehr urtümliche Arten unterschiedlicher Ordnungen als auf einem ganzen Kontinent.“

## Aufgaben:

Im dunklen Textfeld wird der Bau der Steinkorallen beschrieben.

Sammele drei Argumente, weshalb ein Korallenpolyp trotz des „blumenartigen“ Aussehens und der festsitzenden Lebensweise zu den tierischen Organismen und nicht zu den Pflanzen gehört!

Abb. 6: Korallenpolypen



Steinkorallen sind einfach aufgebaute Vielzeller. Sie gehören wie der einheimische Süßwasserpolymp oder wie Quallen in die Gruppe der Hohltiere.

Der schlauchförmige Körper eines Korallenpolypen hat nur eine einzige Körperöffnung, die gleichzeitig als Mund und After dient. Diese Mundöffnung am oberen Ende wird von Fangarmen eingerahmt, mit denen der Polyp Nahrung (Kleinstlebewesen) in den Magenraum befördert. Dort findet die Verdauung statt.

An den Seiten und unten am Fuß sondert der Steinkorallenpolyp ein Kalkskelett ab, mit dem er Schicht für Schicht nach oben wachsen kann. Die Riffbildner erzeugen Tierkolonien aus Tausenden von Tieren – sogenannte Korallenstöcke –, wobei die Einzelpolypen miteinander über das Kalkskelett verbunden sind. Ihr hartes Gerüst aus Kalk bleibt auch dann erhalten, wenn die Polypen absterben. Es bildet die Grundlage der heutigen Riffe.

Die Kalkkelche der Korallenpolypen stellen ein Außenskelett dar. Sie bestehen aus einer Fußscheibe und einer Außenwand. Von außen in die Kelchmitte ziehen meist 6 oder 12 Kalktrenn-

wände. Durch fortlaufende Kalkablagerung wird der Kelch tiefer, wobei immer wieder eingezogene Querböden die Stabilität sichern. Auf diese Weise wächst der Kalksockel unter dem Polypen immer weiter in die Höhe.

Der Weichkörper ist aus zwei Zellschichten aufgebaut, die durch eine Stützlamelle getrennt sind. Außen liegt das Ektoderm, innen das Entoderm. Wegen der im Ektoderm befindlichen Nesselzellen, die dem Beutefang und der Verteidigung dienen, zählt man die Korallenpolypen zum Stamm der Nesseltiere. Ihre auffällige Färbung verdanken die Korallen häufig ihren „Untermietern“. Es handelt sich um gelbgrüne Einzeller, sogenannte Zooxanthellen (griech. xanthos = gelb), die als Endosymbionten in Entodermzellen sitzen.

Text verändert nach: BRÜMMER, F., LEINFELDER, R., GÖTZ, R.: Die Korallenriffe unserer Meere. – In: Städte unter Wasser. – Kleine Senkenberg-Reihe Nr. 24: S.132 ff.

## Weltweite Verbreitung der Korallenriffe

(Abb. 7)

Bearbeite folgende Aufgaben und nimm den Diercke Atlas (S. 143, 216, 217, 220, 221) zur Hilfe:

- Die heute vorhandenen Korallenriffe der Erde lassen sich in drei Areale gliedern: den Indopazifik, der sich von der Ostküste Afrikas über Südostasien und Australien bis an die Westküste Amerikas erstreckt; das Rote Meer mit dem Arabischen Golf und die Riffregion des tropischen Westatlantik, die von Florida über die Westindischen Inseln bis nach Brasilien reicht.

Kennzeichne in der Karte unten die drei großen Riffregionen, indem Du sie verschieden farbig ausmalst!

1	Sri Lanka/Ceylon
2	Malediven
3	Maskarenen
4	Karolinen
5	Großes Barriere-Riff
6	Salomonen

- Links unten findest du die Namen berühmter Inselgruppen, die von Korallenriffen gesäumt werden. Ordne die Nummer aus der Tabelle in der Weltkarte den Kreisen richtig zu! Nimm das Register im Atlas zu Hilfe!
- Beschreibe nun mithilfe von Beziehungen (Meer, benachbarte Kontinente, Gradnetz, Himmelsrichtungen) die geografische Lage des Taucherparadieses der Malediven!
- Berechne anschließend die Entfernung (Luftlinie) zwischen Berlin und den Malediven (Mitte), Diercke S. 143!
- Ermittle die Flugzeit (aufrunden), wenn der Jet im Durchschnitt 850 km/h schnell ist.
- Woran könnte es liegen, dass die meisten Riffe zwischen den Wendekreisen vorkommen? Warum fehlen an den Westseiten von Afrika und Südamerika Korallenriffe? Der Atlas hilft Dir bei Deinen Überlegungen.

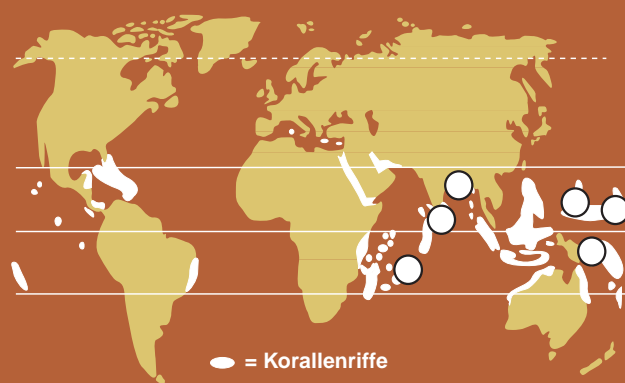


Abb. 7: Vorkommen heutiger Warmwasser-Korallenriffe

## 4.2 Naturgeografische Themen im Gymnasium NRW

Ein kurzer Erfahrungsbericht, mit Arbeitsblättern und Beispielprojekten (von C. MAASSEN)

### Warum physische Geografie im Unterricht?

Erfahrungsgemäß haben Schülerinnen und Schüler gleich welcher Jahrgangsstufe großes Interesse an physisch-geografischen Sachverhalten, die eher mit „Erdkunde“ identifiziert werden als anthropogeografische Fragestellungen. Erkennbar wird dieses Interesse anhand von aktuellen Ereignissen; Berichte über Erdbeben, Vulkanausbrüche und Wirbelstürme lösen oft Fragen nach den Ursachen aus. Vermutlich muss auch jeder Erdkundelehrer und jede Erdkundelehrerin mindestens einmal im Schuljahr Fragen beantworten wie: „Steigt der Meeresspiegel wirklich an?“ „Wird das Klima wirklich wärmer?“ „Was sind überhaupt Treibhausgase und warum erwärmen sie die Erde?“ Solche Fragen zeigen, dass physisch-geografische Themen nicht nur fachrelevant sind, sondern in hohem Maße auch schülerrelevant und (nicht nur) wegen der oft katastrophalen Folgen auch gesellschaftsrelevant. Deshalb ist es bedauerlich, dass im Rahmen der gegebenen Erdkundecurricula für beide Sekundarstufen nur wenig Raum für die vertiefte Behandlung solcher Fragen zur Verfügung steht.

### Erfahrungen mit computerisierten Unterrichtseinheiten

Dieses Interesse an physisch-geografischen Sachverhalten wurde mit mehreren Unterrichtsreihen aufgefangen:

#### Ökologie der Korallenriffe

(HTML; Kurs „Ökologie“ der Sek. II; Biologie; <http://www.riffe.de/oekokurs>)

Hier handelt es sich um eine selbstlehrende Unterrichtseinheit, die die Schüler/-innen weitgehend selbstständig bearbeiten. Für Lehrer/-innen sind die Stundenentwürfe vorhanden.

Die Unterrichtseinheit gewann den 2. Preis beim Wettbewerb „Uni und Schule“ und wurde in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. R. LEINFELDER (damals LMU München) erstellt.

#### Tuvalu – good bye?

(PowerPoint-Präsentation; Erdkunde, Sek. I; <http://www.riffe.de/tuvalu>)

Diese Unterrichtsreihe ist ursprünglich eine „selbstlehrende“ PowerPoint-Präsentation, die hier in Auszügen als Word-Dokument dargestellt ist.

Die Reihe entstand aufgrund einer Zeitungsmeldung, nach der die Regierung von Tuvalu befürchten muss, ihr Staat versinke wegen des ansteigenden Meeresspiegels in absehbarer Zeit im Ozean.

### Kontinentaldrift

(PowerPoint-Präsentation; Erdkunde, Sek. I)

Diese Unterrichtsstunde beantwortet die Frage, warum es Erdbeben gibt.

Es empfiehlt sich, diese Präsentation in zwei Teile zu gliedern: zuerst den allgemeinen Teil (bis einschl. Folie 10), dann den Teil, der hauptsächlich für die westliche Kölner Bucht relevant ist.

Diese Präsentation bedarf der Kommentierung durch den Lehrer. Es empfiehlt sich, die erreichten Lernziele schriftlich zu sichern.

Alle Unterrichtsreihen wurden erfolgreich im Unterricht eingesetzt. Die Schüler/-innen arbeiten gern selbstständig, die Darbietung des Lernstoffs durch ein neues Medium sichert zurzeit noch einen hohen Motivationsgrad. Der Lehrer/die Lehrerin wird entlastet, weil er/sie nur noch technische Hilfe am Computer leisten muss.

Bei Präsentationen, die durch den Lehrer/die Lehrerin vorgeführt werden, hat es sich als aufmerksamkeitssteigernd erwiesen, wenn die Präsentation mit Musik/Ton unterlegt ist. Es ist ebenfalls festzustellen, dass schwierige Lerninhalte besser zu vermitteln sind, wenn dazu PowerPoint eingesetzt wird. Ich führe dies auf drei Ursachen zurück:

- Das Programm „lebt“ von Bildern. Das bedeutet, Texte sollten knapp sein und trotzdem das Wesentliche erfassen.
- Dies, zusammen mit den Bildern, führt zu einer Komprimierung der Information, die für die Schüler/-innen gut zu verarbeiten ist, vor allem, wenn die Lehrkraft das Geschehen auf der Projektionswand kurz kommentiert.
- Die Kombination von Ton und animiertem Bild führt zu einer emotional positiven Besetzung des Lernstoffs, die den Lernerfolg steigert.

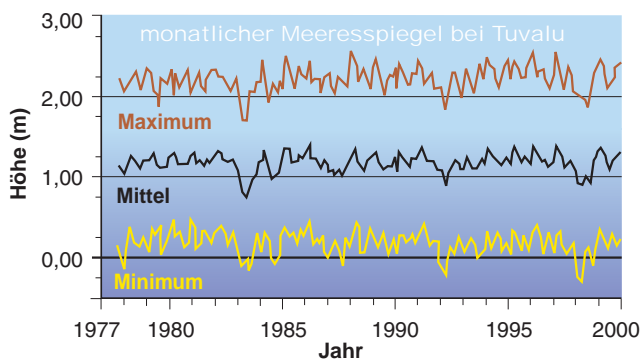
Weil es aber keine Rose ohne Dornen gibt: Es kann, je nach Konfiguration des Computers, Schwierigkeiten mit der Darstellung von Animationen und Videos geben. Dann sollte man die entsprechende Datei vom Speicherort aus öffnen.

Nachfolgend finden Sie einige Arbeitsblätter zum Thema „Abhängigkeit der Insel Tuvalu von Riffen“ zu Ihrer Verwendung.

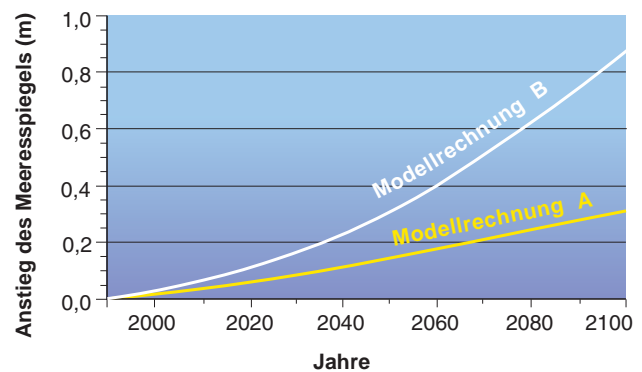
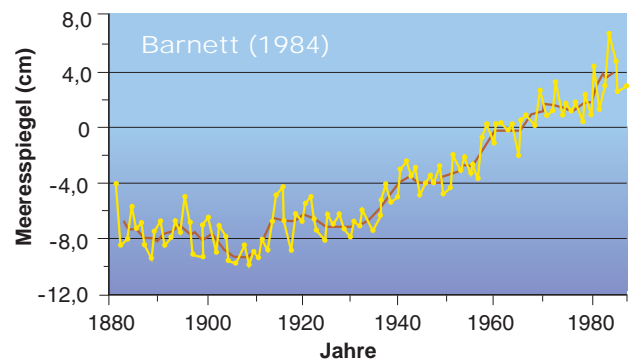


## Abhängigkeit der Insel Tuvalu von Riffen

1. Stelle mithilfe des Atlas fest, wo Tuvalu liegt!
  2. Welche Nachbarstaaten hat es?
  3. Wie groß ist seine Entfernung zu Australien?
  4. Wenn möglich, informiere Dich bei <http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tv.html>
  5. Überlege: Welche Probleme werden zu lösen sein, wenn ein ganzes Volk von 11 000 Menschen tatsächlich evakuiert werden muss?
- 6.1 Fasse die Aussagen der drei Kurven in eigene Worte!
  - 6.2 Zu welcher Ansicht kommst Du bezüglich des Fallens oder Steigens des Meeresspiegels auf Tuvalu? Wenn Du Dich nicht entscheiden kannst, berichte über den Grund dafür!



7. Stelle mithilfe des Atlas fest, welche Länder besonders von einem Meeresspiegelanstieg betroffen wären!



### Kurzinformation

#### Vom Untergang bedrohter Inselstaat Tuvalu beklagt:

„Niemand hört uns zu“

Johannesburg – Der wegen des steigenden Meeresspiegels vom Untergang bedrohte Inselstaat Tuvalu hat dem Weltgipfel in Johannesburg vorgeworfen, seine Hilferufe zu ignorieren. „Niemand hört uns zu“, beklagte der Delegationssprecher und Vizeumweltminister der Pazifikinsel, Paani Laupepa.

„Das macht uns wütend und hilflos.“ Für die Bewohner Tuvalus sei der Klimawandel schon jetzt deutlich spürbar. Der höchste Punkt der Insel liege nur noch zwischen 4 und 5 m über dem Meeresspiegel.

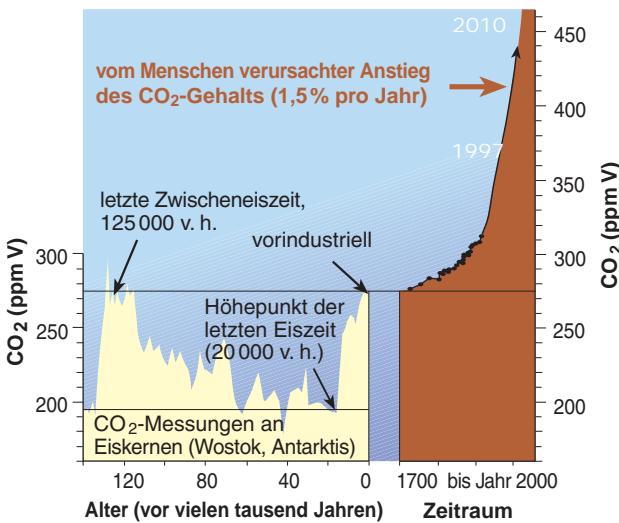
#### Umsiedeln

Im schlimmsten Falle müssten alle 11 000 Bewohner Tuvalus umgesiedelt werden, sagte Laupepa. „Allerdings ist die große Frage, wohin wir dann gehen sollen.“ Neben dem steigenden Meeresspiegel würden zunehmende Wetterextreme wie Stürme immer mehr zur Bedrohung. Schon jetzt werde Ackerland überflutet und die Ernte vom Salzwasser zerstört. „Deshalb wollten wir hier vor der Welt darüber sprechen.“

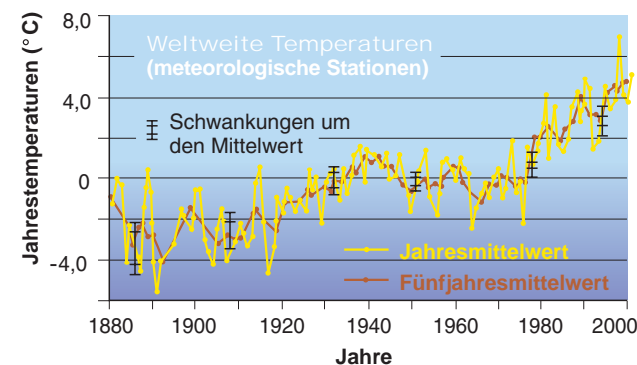
<http://rhein-zeitung.de/on/02/09/01/topnews/tuvalu.html?markup=Tuvalu>  
(1. September 2002 19:43)

**Die Treibhausgase**

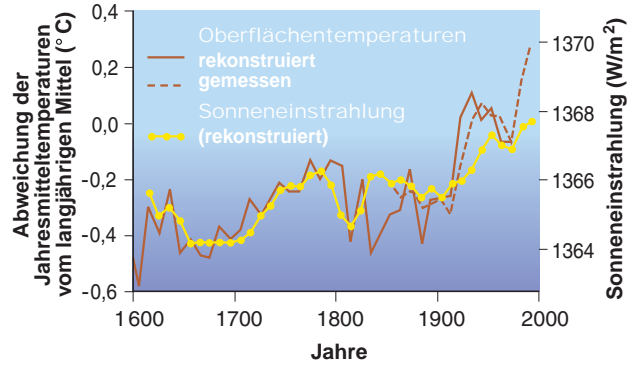
1. Stelle eine Rangliste der genannten Treibhausgase auf! Welches ist das wirksamste Treibhausgas und was ist in Anbetracht dieser Fakten zu mit Wasserstoff betriebenen Autos zu sagen?
2. Welche Treibhausgase geraten im Wesentlichen durch die wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen in die Atmosphäre?
3. Könnte der Mensch den Prozess der globalen Erwärmung aufhalten? S. hierzu auch <http://hbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimawandel/methan/konzentration.html>
- 4.1 Was kann man bezüglich des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre für die Eiszeit und für die Warmzeiten feststellen?
- 4.2 Wie kann es zu der Aussage kommen, dass der rot gezeichnete Teil der CO<sub>2</sub>-Kurve auf dem Wirken des Menschen beruht?
- 4.3 Wodurch beeinflusst der Mensch den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre?
- 4.4 Was könnte jeder von uns tun, um den Ausstoß von CO<sub>2</sub> zu vermindern?



- 5.1 Gib die Aussage der gelben Kurve in eigenen Worten wieder! Welche Tendenz stellst Du fest?
- 5.2 Warum ist die Kurve der Fünfjahresmittelwerte aussagekräftiger als die einzelnen Jahresmitteltemperaturen?



- 6.1 Vergleiche die Kurven der Abweichung der Jahresmitteltemperaturen (rekonstruiert und gemessen) mit der Kurve der Sonneneinstrahlung. Was stellst Du fest?
- 6.2. Vergleiche die rekonstruierte Abweichung der Jahresmitteltemperatur mit der tatsächlich gemessenen. Wie zuverlässig ist die Rekonstruktion?



**Kurzinformation**

**Die Treibhausgase**

Das wirksamste Treibhausgas (1000-mal effektiver als CO<sub>2</sub>, auch, weil es einen höheren Mengenanteil in der Atmosphäre hat) ist der Wasserdampf. Der allergrößte Teil des Wasserdampfes in der Atmosphäre entsteht durch Verdunstung aus den Ozeanen (~ 70 % der Erdoberfläche).

CO<sub>2</sub> absorbiert wie Wasserdampf die Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche ausgeht. Es entsteht durch Verbrennung fossiler Brennstoffe, bei der Zersetzung organischer Substanz (Atmung, Verwesung, Mineralisierung) und gelangt auch durch Vulkanausbrüche in die Atmosphäre. CO<sub>2</sub> ist zu Wasser und zu Lande der Mangelfaktor bei der Photosynthese.

Methan in der Atmosphäre stammt aus Mooren und Reisfeldern, Kohlenruben, natürlichen Gasfreisetzungen und Waldbränden in den Tropen. Es wird auch bei Verdauungsvorgängen (Viehzucht!) freigesetzt. Es ist als Treibhausgas 60-mal effektiver als CO<sub>2</sub>.

Stickoxide (NO<sub>x</sub>) entstehen bei der Düngemittelherstellung und anderen industriellen Prozessen. Sie werden auch aus Böden freigesetzt. Stickoxide sind in Bezug auf den Treibhauseffekt 270-mal wirksamer als CO<sub>2</sub>.

Fluorierte und chlorierte Kohlenwasserstoffe („FCKW“). Das sind Verbindungen wie Methan und seine „chemischen Verwandten“, bei denen ein oder mehrere Wasserstoffatome durch Chlor oder Fluor ersetzt sind; sie entstammen ausschließlich industrieller Produktion. Sie werden zum Beispiel bei der Plastikherstellung benötigt. Einige dieser FCKWs sind hinsichtlich der Aufheizung der Atmosphäre noch wirksamer als Wasserdampf.

### Antworten zu Sonneneinstrahlung, CO<sub>2</sub> usw.

#### Sonneneinstrahlung

Zu 6.1: In groben Zügen folgt die Abweichung der Jahresmitteltemperatur den Schwankungen der Kurve der Sonneneinstrahlung. Wesentliche Abweichungen bestehen zwischen den Jahren 1800 und 1920 (siehe hierzu auch <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=klima/klimawandel/klimageschichte/geschichte2.html>). Seit 1970 steigt die Jahrestemperatur im Vergleich zur Sonneneinstrahlung überproportional an.

Zu 6.2: Die Kurven weichen zum Teil beträchtlich voneinander ab (1850 – 1920), zeigen aber die gleiche Tendenz. Betrachtet man die Tendenzen und nicht absolute Werte, kann man die Rekonstruktion als zuverlässig betrachten.

#### Jahresmitteltemperatur

Zu 5.1: Die Kurve der Fünfjahresmittel schwankt zwar beträchtlich, in der Tendenz steigt sie aber an.

Zu 5.2: Die einzelnen Jahresmitteltemperaturen schwanken noch stärker; eine eventuelle Tendenz lässt sich daher schlechter feststellen.

#### CO<sub>2</sub>

Zu 4.1: Man kann sehen, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre in den Warmzeiten höher lag als in den Eiszeiten. Auch die CO<sub>2</sub>-Kurve verläuft nicht kontinuierlich, es gibt Sprünge im Kurvenverlauf.

Zu 4.2: Zeichnet man eine Gerade durch die Messpunkte zwischen 1850 und 1950 (in dieser Zeit war die Industrialisierung noch nicht so stark wie in den folgenden Jahrzehnten), zeigt sie eine deutlich geringere Steigung.

Zu 4.3: Der Mensch verbrennt für verschiedene Zwecke (Energiegewinnung, Mobilität, Hausheizungen) fossile Brennstoffe (Erdöl, Kohle) und setzt dadurch das Kohlenstoffdioxid frei, welches seit Jahrtausenden aus der Atmosphäre verschwunden war.

Zu 4.4: Wir könnten weniger elektrischen Strom und Heizenergie verbrauchen, wir könnten mehr zu Fuß gehen oder mehr Fahrrad fahren, Einkaufstaschen statt Plastiktüten (Herstellung verbraucht Energie) benutzen.

### Treibhausgase

Zu 1: Manche FCKWs, Wasserdampf, Stickoxide, Methan, CO<sub>2</sub>, andere FCKWs. CO<sub>2</sub> liegt also ziemlich weit „hinten“ was seine Bedeutung als Treibhausgas betrifft! Wasserdampf ist das zweitwirksamste Treibhausgas; mit Wasserstoff betriebene Kraftfahrzeuge würden das Problem noch verstärken.

Zu 2: FCKWs, Stickoxide, CO<sub>2</sub>

Zu 3: Wenn Wasserdampf bei der Erderwärmung eine so wesentliche Rolle spielt, kann der Mensch durch Einsparen von CO<sub>2</sub> und anderen vom ihm freigesetzten Treibhausgasen den Vorgang nur verlangsamen, aber nicht stoppen. Der Treibhauseffekt beruht dann nämlich auf erhöhter Sonneneinstrahlung, die Wasser aus den Meeren verdunsten lässt.

### Anstieg des Meeresspiegels

Es sind die Niederlande, Norddeutschland, Westbelgien, Bangla Desh, große Teile der pazifischen Inseln (Tuvalu, Malediven)

### Schwankungen des Meeresspiegels auf Tuvalu

Zu 6.1: Für Spring- und Sturmfluten (Maximum; rote Kurve) gilt, dass sie in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts im statistischen Mittel über dem Mittelwert von 2,25 m gelegen haben. (Zwischen 1998 und 2000 lagen die Werte unter dem Mittelwert. Es ist nicht zu erkennen, wie sich die Situation nach dem Jahr 2000 weiter entwickeln wird.

Ähnliches gilt für das normale Tidenhochwasser; es stieg in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts leicht an, für das Jahr 2000 lassen sich keine sichtbaren Abweichungen feststellen. Interessant ist auch das Absinken der monatlichen Flutstände zwischen 1980 und 1990.

Die Nippflut zeigt im vergangen Jahrzehnt weniger „Extremstände“ als in den Jahren davor, wenn man einen Mittelwert von 0,25 m ü. NN annimmt. Im Mittel scheint es keine Veränderung bei den Nippflutständen zu geben.

Anmerkung: Die tiefen Minima aller drei Kurven sind auf El-Niño-Ereignisse in den entsprechenden Jahren zurück zu führen. In El Niño-Jahren sinkt der Meeresspiegel auf Tuvalu.

Zu 6.2: Es ist tatsächlich schwer zu entscheiden, da man nicht weiß, wie sich die Kurven der Spring- und Sturmfluten sowie des mittleren Hochwassers in Zukunft entwickeln werden. Zurzeit (August 2002) sinkt der Meeresspiegel auf Tuvalu leicht ab.

**Quellen zu den Arbeitsblättern „Tuvalu“:**

[http://www.coral.noaa.gov/reef\\_maps/reef\\_maps\\_vol3.shtml](http://www.coral.noaa.gov/reef_maps/reef_maps_vol3.shtml)

[http://www.ucsusa.org/global\\_environment/global\\_warming/page.cfm?pageID=967](http://www.ucsusa.org/global_environment/global_warming/page.cfm?pageID=967)

<http://www.pacificislands.cc/pm122001/pmdefault.php?urlarticleid=0009>

<http://www.mpimet.mpg.de/ausbildung/faqs.html>

<http://www.pha.jhu.edu/~camercha/climate/trust.html>

**Weitere Internet-Links zum Thema:**

<http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/17/0,1872,2097489,00>

<http://www.3sat.de/nano/news/25992/>

<http://www.earth-policy.org/Updates/Update2.htm> (engl.)

<http://rhein-zeitung.de/on/02/09/01/topnews/tuvalu.html?markup=Tuvalu>

<http://www.janeresture.com/tuvalu/tuvalu.html> (engl.)

<http://oikos.com/news/1998/9812.html> (engl.)

<http://www.pha.jhu.edu/~camercha/climate/trust.html> (engl.)

[http://www.mssl.ucl.ac.uk/www\\_solar/climate/MSSL\\_Climate.htm](http://www.mssl.ucl.ac.uk/www_solar/climate/MSSL_Climate.htm)  
(engl.)

[http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,0/D63222,18\\_TYP6\\_THE\\_NAV\\_REF1\\_BAB,00.html](http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,0/D63222,18_TYP6_THE_NAV_REF1_BAB,00.html)

(für die Konstanz und Inhalt der Links in diesem Artikel kann keine Gewähr übernommen werden)

## Geologie erleben

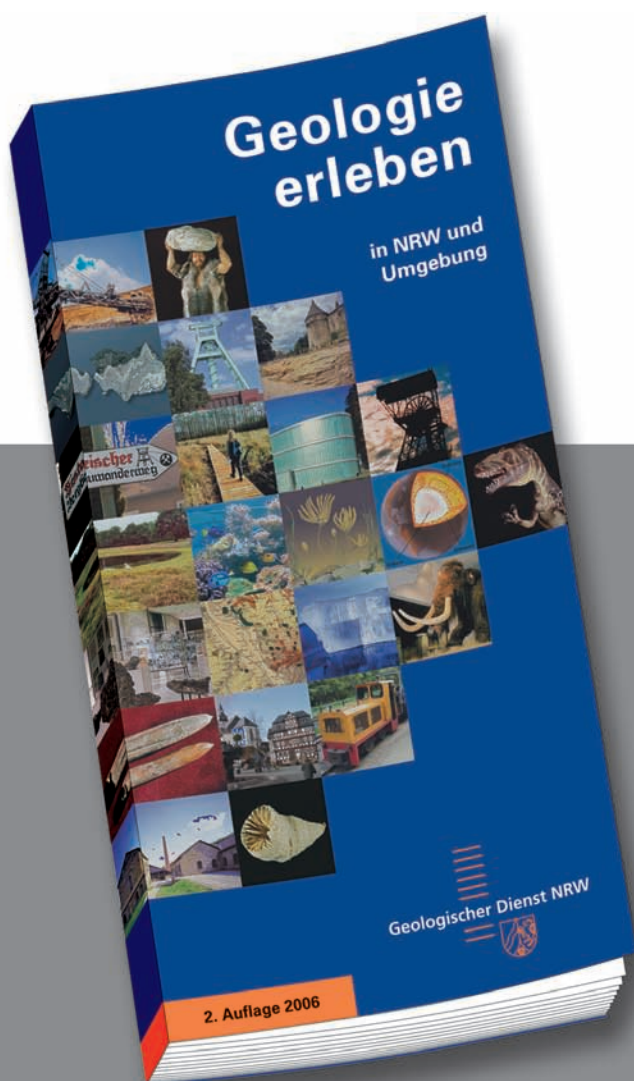
### Museen, Schauhöhlen, Besucherbergwerke, Lehr- und Wanderpfade in NRW und Umgebung

Der Geo-Museumsführer „Geologie erleben“ ist in der 2., völlig überarbeiteten und aktualisierten Auflage erschienen.

Mit einer Fülle an Informationen stellt der bebilderte Museumsführer des Geologischen Dienstes NRW über 300 geowissenschaftlich besonders interessante Museen, Schauhöhlen, Besucherbergwerke sowie geologische und montanhistorische Lehr- und Wanderpfade vor. Da die Geologie nicht an der NRW-Landesgrenze haltmacht, sind zahlreiche Geo-Museen aus der benachbarten Umgebung in Niedersachsen, Hessen, Rheinland-Pfalz, den Niederlanden und Belgien mit aufgenommen.

500 Mio. Jahre Erdgeschichte, 5000 Jahre Bergbau und 200 Jahre Industriekultur verbinden eben die Menschen über Ländergrenzen hinweg.

127 S., zahlr. Abb., 1 Übersichtskarte, 2006  
ISBN 3-86029-970-0 und 978-3-86029-970-8  
Preis € 9,80 (inkl. 7 % MwSt.)



Vertrieb: Geologischer Dienst NRW  
– Landesbetrieb –  
Postfach 10 07 63  
47707 Krefeld  
Fon: 02151 897-210 und 02151 897-212  
Fax: 02151 897-428  
E-Mail: [geoshop@gd.nrw.de](mailto:geoshop@gd.nrw.de)