

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
Band: 86 (1997)

Artikel: Korallenriffe : von der Vergangenheit in die Zukunft
Autor: Strasser, André
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308753>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Korallenriffe: von der Vergangenheit in die Zukunft

von André STRASSER,
Geologisches Institut, Universität Freiburg,
Pérolles, CH-1700 Freiburg

1. Einleitung

Korallenriffe, wie wir sie aus Unterwasserfilmen und -photos kennen oder eigens beim Schnorcheln oder Tauchen beobachtet haben, bestechen durch ihr Kaleidoskop an Farben und Formen und durch die überbordende Vielfalt an Leben, das sich in der durch die Korallen gebauten Landschaft abspielt. Korallenriffe sind Ökosysteme, die an Komplexität denjenigen eines tropischen Regenwaldes gleichkommen und ebenso empfindlich auf Umweltveränderungen reagieren.

In diesem Artikel soll kurz aufgezeigt werden, wie die Korallenriffe sich im Laufe der Erdgeschichte entwickelten, wo sie heute verbreitet sind, was ihre Ansprüche sind, wie sie durch verschiedene Faktoren bedroht sind, und wie sie mit der menschlichen Gesellschaft in Zusammenhang stehen. Es soll demonstriert werden, dass auch in Zukunft die Korallenriffe eine wichtige Funktion zu erfüllen haben, und dass wir in unserem eigenen Interesse um ihr Wohlbefinden besorgt sein müssen.

2. Geologische Entwicklung

Riffähnliche Strukturen wurden schon vor über 2.5 Milliarden Jahren von Algen und Mikroben aufgebaut (Stromatolithen; Fig. 1). Die ersten, primitiven Korallen sind seit dem Kambrium bekannt, aber erst seit dem späten Ordovizium, d.h. seit etwa 450 Millionen Jahren, bildeten rugose und tabulate Korallen zusammen mit Stromatoporiden erste kleine Riffe (STANLEY, 1989). Die Stromatoporiden, die den Schwämmen zugerechnet werden, bauten massive Konstruktionen vor allem im Wellenbereich, während die zerbrechlicheren Rugosen und Tabulaten die geschützten Stellen einnahmen. Wie in den modernen Riffen waren zahlreiche andere Organismen assoziiert. Solche Riffe dominierten während etwa 120 Millionen Jahren, bis ans Ende des Devons. Eine grosse Vergletscherungsphase führte damals zu tieferen Wassertemperaturen und deshalb zu einem Aussterben vieler Arten (Fig. 1).

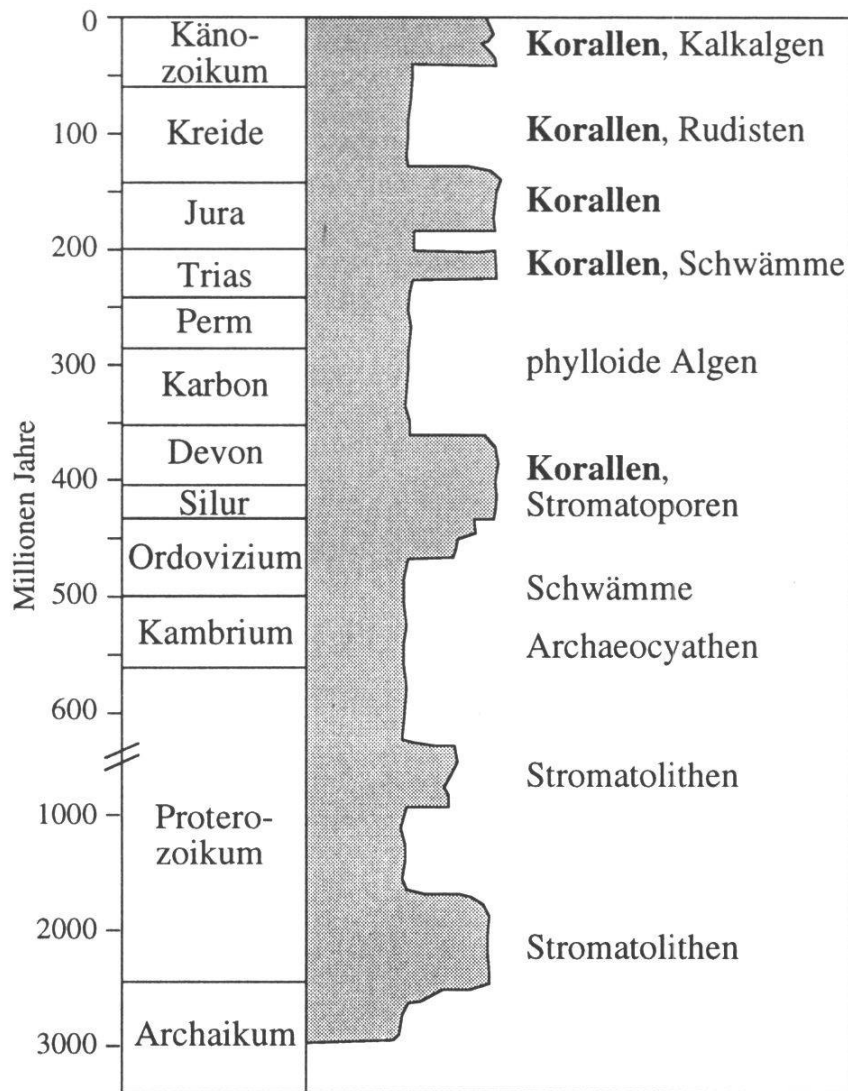


Fig. 1: Dominante Verbreitung von Riffen im Laufe der Erdgeschichte. Korallenriffe treten erst ab dem Ordovizium auf (modifiziert von JAMES & BOURQUE, 1992)

Bedeutende Korallenriffe erschienen erst wieder in der mittleren Trias, vor etwa 230 Millionen Jahren. Sie waren nun durch Hexakorallen dominiert, wie sie grösstenteils auch die rezenten Riffe aufbauen. Im weiteren Laufe des Mesozoikums erlebten sie mehrere adaptive Radiationen, die zur heutigen Vielfalt führten (STANLEY, 1989).

In der Schweiz sind fossile Korallenriffe vor allem aus dem Jura-Gebirge bekannt, wo sie im Oxfordian (vor etwa 160 Millionen Jahren) mehrere Meter hohe Fleckenriffe aufbauten. Schon Oswald HEER beschrieb 1865 diese Vorkommen und rekonstruierte, auf Beobachtungen moderner Ökosysteme gestützt, die damalige Unterwasserlandschaft. Neuere Untersuchungen befassen sich mit der zeitlichen Entwicklung und der Paläoökologie dieser Riffkörper (PITTET et al., 1995; INSALACO, 1996; DUPRAZ & STRASSER, im Druck).

3. Moderne Korallenriffe

Seit dem Anstieg des Meeresspiegels nach der letzten Eiszeit und dem Hochstand vor etwa 5000 Jahren haben die Korallenriffe ihre heutige Position eingenommen (BLOOM, 1993). Sie bilden Saumriffe entlang von Felsenküsten wie z.B. am Roten Meer, Barrierenriffe wie in Australien, oder Atolle wie auf den Malediven. Die Geometrie variiert stark von Riff zu Riff, je nach Morphologie des Substrats, Wellen- und Strömungsexposition sowie Artenzusammensetzung. Eine generelle Zonierung abhängig von der Wasserenergie und der Wassertiefe ist in Figur 2 gegeben.

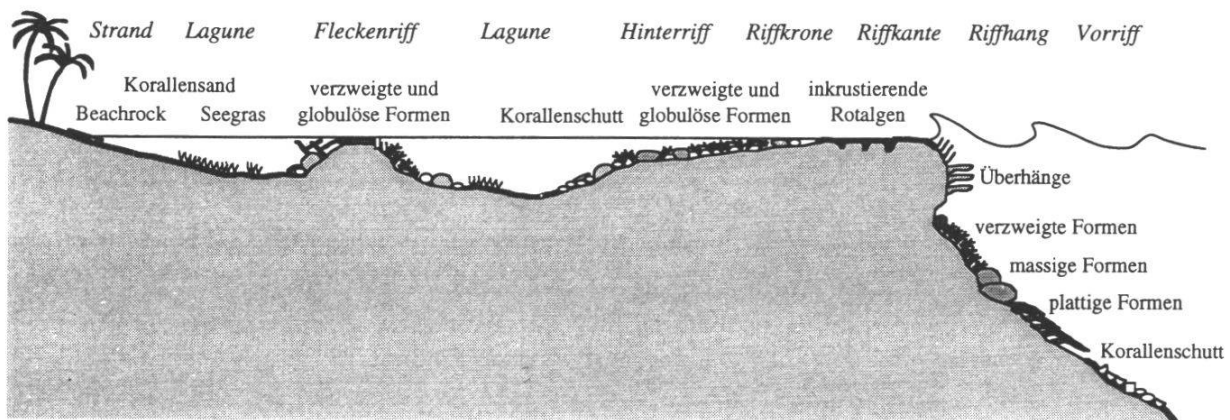


Fig. 2: Generelle Zonierung eines Korallenriffs. Horizontaler und vertikaler Massstab können stark variieren. Die Verteilung der Korallentypen hängt von Wasserenergie und -transparenz ab, die Verteilung von Sand, Schutt und Seegras von der Wasserenergie und der Morphologie.

3.1 Ökologie

Die meisten Korallenriffe werden von Korallenarten aufgebaut, deren Polypen in Symbiose mit Zooxanthellen leben, Kalkskelette ausscheiden und somit grosse Riffe aufbauen können (hermatypische Korallen, speziell die Steinkorallen der Ordnung *Scleractinia*). Im Gewebe eines einzigen, wenige Millimeter grossen Korallenpolypen sitzen bis zu 1 Million solcher Zooxanthellen (einzellige, 10 µm grosse Algen der Gattung *Symbiodinium*), welche Photosynthese betreiben und ihre Assimilationsprodukte (Zucker, Glyzerin, Aminosäuren) an den Korallenpolypen abgeben. Dadurch sind diese Korallenarten an die photische Zone gebunden und können, je nach Transparenz des Wassers, in maximal 90 Metern Wassertiefe leben. In Riffen des indopazifischen Raumes sind 80 Korallengattungen mit 800 Arten beschrieben, im Atlantik 35 Gattungen mit 84 Arten (SCHUHMACHER, 1988). Korallen ohne Zooxanthellen (ahermatypische Korallen, vor allem *Lophelia* sp.) kommen

in grösseren Tiefen und kaltem Wasser vor und stellen demnach ganz andere ökologische Ansprüche (HOVLAND et al., 1998). Auf sie wird hier nicht weiter eingegangen.

Die Polypen selbst sind meist nachtaktiv und ernähren sich durch den Fang von Zooplankton. Sie sind deshalb auf Strömungen angewiesen, die ihnen dieses Plankton zuführen. Das Stoffwechselprodukt CO_2 wird wiederum durch die Zooxanthellen verwertet, dient teilweise aber auch der Kalkausfällung (Fig. 3). Die physiologischen Aktivitäten und die biochemische Kalkbildung sind temperaturabhängig und finden optimal zwischen 25 und 27°C statt (SCHUHMACHER, 1988). Die geographische Verbreitung der Korallenriffe widerspiegelt diese ökologischen Ansprüche: sie konzentriert sich zwischen den 20°C-Isochrymen (Wassertemperatur im Winter) auf der nördlichen und der südlichen Hemisphäre (Fig. 4). Durch warme Strömungen bedingt finden sich die nördlichsten Flachwasser-Korallenriffe auf den Bermudas (32°30' N) und bei Okinawa (30° N), die südlichsten vor der Ost- bzw. Westküste Australiens (31°30' S, bzw. 29° S). Andererseits verhindern kalte Strömungen und/oder starker Schwebstoffgehalt bei Flussmündungen das Korallenwachstum auch in den Tropen (SCHUHMACHER, 1988).

Durch die in Figur 3 aufgezeigten Prozesse bilden die Polypen solide Kelche, in die sie sich in der Ruhephase und bei Gefahr zurückziehen können. Beim Korallenwachstum wird die Kelchwand immer höher gebaut, und periodisch werden neue Basalplatten ausgeschieden. Einzelne Korallenäste

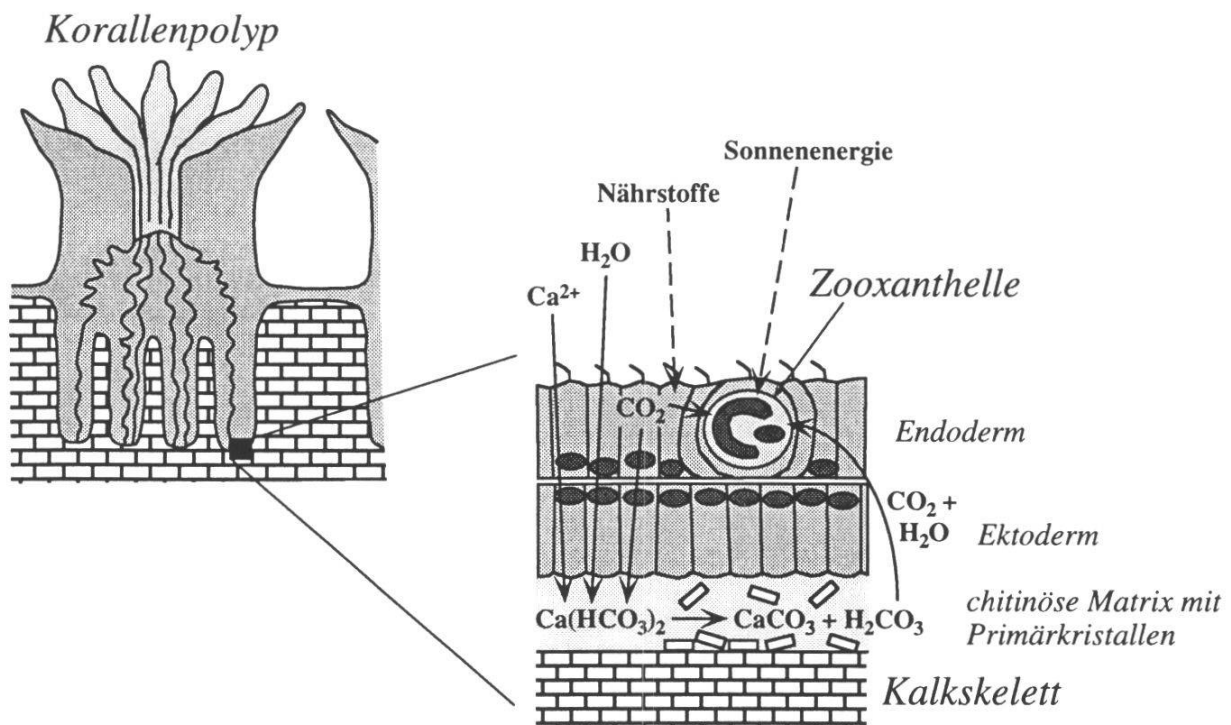


Fig. 3: Korallenpolyp und biochemischer Prozess der Kalkbildung (modifiziert von SCHUHMACHER, 1988).

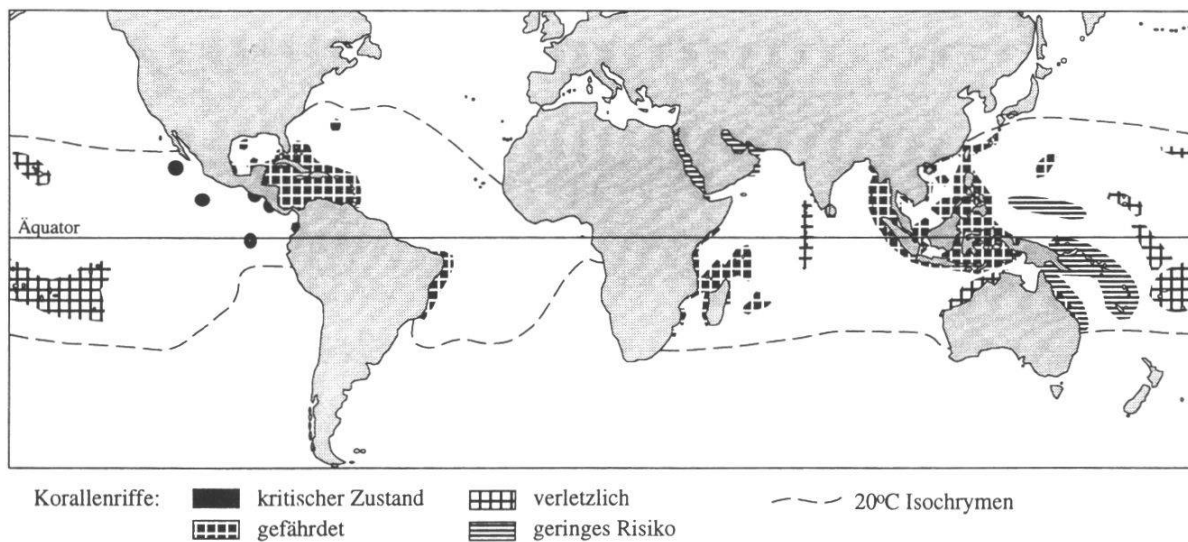


Fig. 4: Verbreitung der heutigen Korallenriffe und generelle Klassifizierung nach Bedrohungsgrad. Isochrymen nach SCHUHMACHER (1988), Bedrohungsgrade nach JAMESON et al. (1995).

können bis zu 20 cm pro Jahr wachsen (*Acropora* sp.), während massive Korallen nur maximal 0.5 cm pro Jahr zulegen (SOROKIN, 1995). Korallen können so bis zu 10 kg CaCO_3 pro Jahr und Quadratmeter produzieren.

Während bei guten Umweltbedingungen ein hohes Wachstumspotential vorhanden ist, findet gleichzeitig eine kontinuierliche Zerstörung der Korallenstöcke statt. Fische (vor allem Papageienfische, *Scaridae*) weiden die Polypen ab und zermalmen dabei auch das Kalkskelett. Bohrende Schwämme und Würmer schwächen die Basis der Korallenstöcke, die somit bei Sturmwellen leichter abbrechen können. Das dadurch produzierte Sediment sammelt sich um die Korallen herum an, gleitet in die Tiefe ab, oder aber wird von Stürmen in die Lagune und an den Strand getragen (Fig. 2). In und um die Korallen lebende Organismen (z.B. Muscheln, Schnecken, Würmer, Kalkalgen, Stachelhäuter, Foraminiferen) tragen ebenfalls zur Bildung von Kalksediment bei, wobei die Korallenfraktion jedoch bis zu 45% ausmachen kann (SOROKIN, 1995).

Der von den Korallenpolypen ausgeschiedene Kalk liegt in Form von Aragonit vor, welcher in Süßwasser (pH 5.5) relativ leicht löslich ist. Dadurch wird eine rasche Diagenese im Strandbereich ermöglicht, d.h. das gelöste Karbonat kann als Zement ausfallen und so die Bildung von Beachrock sowie die Stabilisierung von Inseln und Küstenstreifen begünstigen (z.B. GISCHLER & LOMANDO, 1997).

Es sind also millimetergrosse Lebewesen, die es ermöglichen, 2000 km lange und 200 km breite Rifffkomplexe wie das Grosse Barrierenriff Australiens aufzubauen. Weltweit sind 600 000 km^2 durch Korallenriffe bedeckt (JAMESON et al., 1995). Die Riffe mit ihren Steilwänden, Höhlen, geschützten

Lagunen und wellenexponierten Kanten wiederum dienen als Kinderstube, Unterkunft, Futterquelle und Friedhof für eine Unzahl anderer Organismen. Bis zu 200 Fischarten wurden in einem einzigen Fleckenriff gezählt (SOROKIN, 1995).

3.2 Die Rolle der Riffe für die menschliche Gesellschaft

Wenn auch Riffe eine Gefahr für die Schifffahrt darstellen, so überwiegen doch die positiven Funktionen. Korallenriffe schützen ganze Küstenabschnitte vor dem Impakt von Stürmen, welche nicht nur periodische Überschwemmungen verursachen würden, sondern auch verstärkte Küstenerosion. Korallenriffe beherbergen Fische, Krustaceen und Mollusken, die der Lokalbevölkerung als Nahrung dienen, und sind Brutstätten für gewisse Hochseefische. Geschützt hinter Korallenriffen entwickeln sich Seegras-Wiesen und Mangroven, die wiederum in sich einzigartige Ökosysteme und Nahrungsquellen bilden. Schlussendlich stellen Korallenriffe ein touristisches Potential dar, indem immer mehr Taucher und Schnorchler die farbenfrohen Unterwasserlandschaften erkunden wollen.

3.3 Bedrohungen

Natürliche Umweltveränderungen haben die Korallenriffe seit ihrer Entstehung bedroht und gewisse Korallengattungen und -arten zum Aussterben gezwungen. Das Ökosystem Riff als Ganzes ist jedoch erstaunlich überlebensfähig, indem sensible Korallenarten durch robustere oder den neuen Bedingungen besser angepasste ersetzt werden. So wurden in vielen Riffen vor allem der Karibik durch Krankheiten geschwächte *Acropora palmata* und *A. cervicornis* durch die opportunistische *Agaricia* sp. ersetzt (ARONSON & PRECHT, 1997). Im Pleistozän legten Meeresspiegelschwankungen mit Amplituden von über 100 m florierende Riffe periodisch trocken (in einem Rhythmus von etwa 100 000 Jahren) und zwangen die Korallen, an anderen Orten Zuflucht zu suchen. Nach jedem Meeresspiegelanstieg installierten sich dann neue Riffe auf den zementierten Relikten ihrer Vorgänger (z.B. STRASSER & STROHMENGER, 1997). Durch einen Sturm angesammelte, zerbrochene Korallenäste bilden das Substrat für erneutes Korallenwachstum (BLANCHON et al., 1997; Fig. 5).

Einzelne negative Umweltfaktoren können so meistens durch Anpassungen im Ökosystem selbst kompensiert werden. Nimmt dabei allerdings die Biodiversität ab, so ist das Riff als Ganzes empfindlicher für Umweltveränderungen (ROGERS, 1993). Kommt es zu einer Häufung von Stressfaktoren, so kann es zum Kollaps des gesamten Systems kommen, und ein Weiterexistieren oder eine rasche Wiederkolonisierung wird nicht mehr möglich sein. Ist die Kalkproduktion der Korallen einmal unterbrochen, wird die Erosion durch boh-

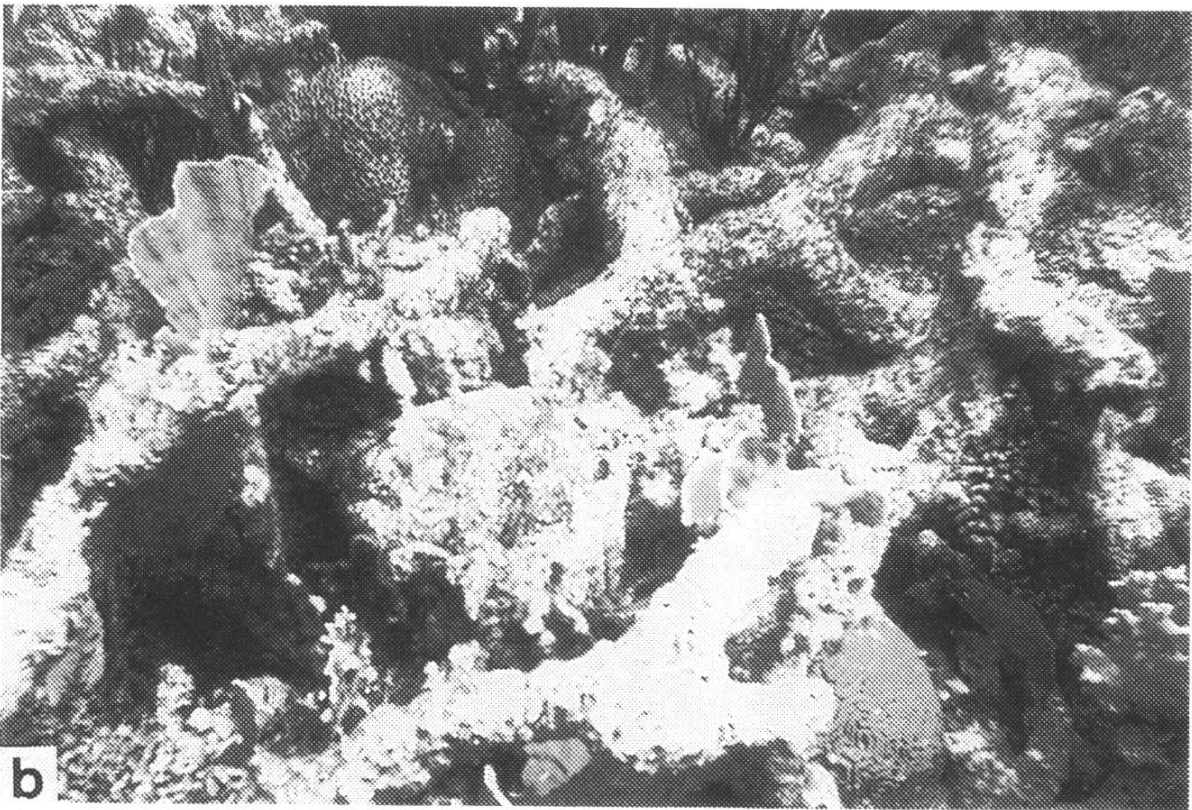


Fig. 5: a. Gesunder Stand von *Acropora cervicornis* in Bonaire (Karibik).
 b. Zerbrochene Äste von *Acropora* (?) *cervicornis*, von Rotalgen und Grünalgen überwachsen. Sie bilden das Substrat für die fächerartige Feuerkoralle *Millepora* sp. (Bonaire).

rende Organismen nicht mehr durch neues Wachstum kompensiert. Sturmwellen brechen die toten Korallenäste ab, und das Riff verliert seine prominente Morphologie.

Die wichtigsten Prozesse, die zur Schwächung eines Korallenriffes führen können, sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Viele dieser Prozesse sind natürlicher Art und haben stattgefunden, seit es Korallen gibt. Einige davon können durch anthropogene Einflüsse verstärkt werden. Seit der Industrialisierung und der damit verbundenen Zunahme des natürlichen Treibhauseffektes, der Ausdünnung der Ozonschicht, der Zunahme des Schiffsverkehrs und der Fischerei, der zunehmenden Besiedelung der Küsten und Inseln, der landwirtschaftlichen und industriellen Tätigkeit in Küstennähe und im Einzugsgebiet der Flüsse, und des überbordenden Tourismus ist jedoch der Mensch zu einem immer wichtigeren Umweltfaktor geworden. Wie viele andere Ökosysteme sind auch die Korallenriffe durch unsere Aktivitäten beeinflusst. In der Folge sollen einige Beispiele näher diskutiert werden.

Acanthaster planci

Dieser Dornenkronen-Seestern, der bis zu 60 cm Durchmesser haben kann, ernährt sich ausschliesslich von Korallenpolypen. Periodisch finden Invasionen dieser Seesterne in einem Riff statt mit dem Resultat, dass 50–90% aller Steinkorallen tot zurückgelassen werden. Dadurch ist die Kalkoberfläche frei zur raschen Besiedelung durch filamentöse Grünalgen und, etwas später, durch inkrustierende Rotalgen. Es geht 10–40 Jahre, bis das Riff wieder durch Korallen kolonisiert wird (SOROKIN, 1995). Periodische Bevölkerungsexplosionen von *A. planci* sind wahrscheinlich natürliche Prozesse, können aber anthropogen begünstigt werden. So wurde in vielen Fällen beobachtet, dass *Acanthaster*-Invasionen kurz nach menschlich verursachter Destabilisierung der Riffökologie stattfanden. Der hauptsächliche Feind von *A. planci* ist *Charonia tritonis*, die bei Touristen als Souvenir beliebte Tritonschnecke. Gedankenloses Sammeln und Handeln trägt somit dazu bei, ein Riff zu zerstören. Aber auch Fischfang mit Dynamit oder Gift sowie Wasserverschmutzung mit Öl, Pestiziden und Dünger stören die Homöostasis eines Riffes und erleichtern eine *Acanthaster*-Invasion (SOROKIN, 1995).

Diadema sp.

Die Seeigel der Gattung *Diadema* weiden im Hinterriffbereich und in den Lagunen die Grünalgen ab, die durch ihr schnelles Wachstum potentiell die Korallen überwuchern können. Rascher und extremer Anstieg der Wassertemperatur, wie es bei El Niño Perioden der Fall ist, kann zu einem Massensterben dieser Seeigel und somit zu einem Überhandnehmen der Algen führen (SOROKIN, 1995). Vor allem wenn sie schon durch andere Stressfaktoren geschwächt sind, können die langsamer wachsenden Korallen dadurch absterben.

«Bleaching»

Das Ausbleichen der Korallen ist ein in den letzten Jahren immer häufiger beobachtetes Phänomen. Bei erhöhter Wassertemperatur, Sauerstoffmangel oder Vergiftungstoxen die Korallenpolypen ihre Zooxanthellen aus. Dadurch verlieren sie ihre wichtigen Symbionten und sterben meistens ab. Die Wassertemperatur nimmt durch den Treibhauseffekt langsam, aber konstant zu. Wenn ein Klimaphänomen wie El Niño überlagert ist, kann es zu raschen Temperaturzunahmen von 2–6 °C kommen. Viele Korallenarten, die bei 29–31 °C bereits an ihrer oberen Toleranzgrenze liegen, reagieren auf solche Extremwerte mit «Bleaching» (ANTONIUS, 1995; SOROKIN, 1995). Auch erhöhte UV-B Strahlung führt zu «Bleaching» (REAKA-KUDLA et al., 1993). Das Ausdünnen der Ozonschicht durch natürliche Faktoren wie Vulkanausbrüche oder durch die anthropogene Produktion von CFC hat somit einen negativen Einfluss auf die Gesundheit der Korallenriffe.

Bei guten Bedingungen kann sich das Riff von einem «Bleaching» erholen (FITT et al., 1993). Sind jedoch zusätzliche Stressfaktoren vorhanden, wie z.B. Eutrophisierung durch anthropogenen Eintrag von Nährstoffen, werden die toten oder geschwächten Korallen von schnell wachsenden Algen überwuchert, die Wassertransparenz nimmt ab, und das gesamte Riff stirbt (LAPOINTE et al., 1993).

Infektionskrankheiten

«Black Band Disease» wird durch filamentöse Cyanobakterien verursacht, welche in einem schwarzen Band über den Korallenstock wandern und ihn so abtöten (ANTONIUS, 1995; KUTA & RICHARDSON, 1996). «White Band Disease», ebenfalls durch Cyanobakterien ausgelöst, beginnt generell an der Basis der Korallen und wandert an ihnen hoch, bis der ganze Stock tot ist (ANTONIUS, 1995). Diese (und andere) Krankheiten befallen vor allem Korallen, die unter ökologischem Stress stehen. Versandung und Wasserverschmutzung erhöhen die Sekretion von Schleim auf den Polypen, die dadurch empfindlicher für bakterielle Infektionen werden. Ist ein Riff durch solche Krankheiten geschwächt, ist es wiederum anfälliger für die schon erwähnten Stressfaktoren (SOROKIN, 1995).

Tabelle 1: Natürliche und anthropogene Bedrohungen und Störfaktoren

Faktor	Folge	Natürliche Prozesse	Anthropogene Prozesse
<i>Meeresspiegel-schwankungen</i>	Ertrinken oder Trockenfallen der Riffe	Aufbau und Abschmelzen des Polareises	verstärkter Treibhauseffekt
<i>Erhöhung der Wassertemperatur</i>	„Bleaching“	Änderung der Sonneneinstrahlung und der thermohalinen Zirkulation der Ozeane	verstärkter Treibhauseffekt
<i>Sedimentfracht</i>	Ersticken der Polypen, Trübung des Wassers	erhöhter Regenfall im Hinterland, Änderungen in der Vegetationsbedeckung	Deforestation, Begradigung von Flussläufen, Minen, Landwirtschaft
<i>Nährstoffe</i>	Eutrophisierung, Überhandnehmen von Algen, Störung des Ökosystems	erhöhter Eintrag durch Flüsse, wechselnde Meeresströmungen, Upwelling	Eintrag durch Landwirtschaft und Kanalisationen
<i>Infektionen</i>	Absterben	?	?
<i>UV-Strahlung</i>	„Bleaching“, Zellschäden	Abbau der Ozonschicht z.B. nach Vulkanausbrüchen	Abbau der Ozonschicht durch CFC
<i>Stürme</i>	physische Zerstörung	erhöhte Sturmfrequenz	verstärkter Treibhauseffekt
<i>Fressfeinde</i>	Absterben	<i>Acanthaster planci</i>	Störung des ökologischen Gleichgewichts
<i>Ökologisches Ungleichgewicht</i>	Überwachsen durch Algen, Verlust der Biodiversität	Rückgang von Herbivoren (<i>Diadema</i>), erhöhte Sturmfrequenz, Temperaturwechsel	verstärkter Treibhauseffekt, selektiver Fang einzelner Organismen
<i>Fischfang</i>	Störung des Ökosystems		Überfischung, z.T mit Dynamit und Gift, Schäden durch Netze
<i>Kalkgewinnung</i>	physische Zerstörung		Bautätigkeit
<i>Überbauung</i>	physische Zerstörung, Verschmutzung		Bautätigkeit
<i>Schifffahrt</i>	physische Zerstörung bei Schiffbruch und Ankerung, verschüttete Fracht, Ölverschmutzung		Handel, Tourismus
<i>Minen, Erdöl, Erdgas</i>	physische Zerstörung, Verschmutzung		Ausbeutung, Transport
<i>Tourismus</i>	physische Zerstörung, Verschmutzung		Erholung für den Menschen, Gedankenlosigkeit
<i>Souvenirs</i>	physische Zerstörung, Störung des Ökosystems		Handel, Gedankenlosigkeit

4. Perspektiven für die Zukunft

Gemäss JAMESON et al. (1995) sind weltweit bereits 10% der Korallenriffe zerstört und die restlichen zu verschiedenen Graden bedroht (Fig. 4). Nur ein Drittel aller Riffe kann heute als gesund betrachtet werden. 30% aller Riffe werden in den nächsten 10–20 Jahren absterben, und weitere 30% werden in den nächsten 20–40 Jahren vor allem durch die generelle Erwärmung des Meereswassers bedroht sein. Es ist nicht abzusehen, dass die globale Erwärmung sich in den nächsten Jahrzehnten verlangsamen wird. Mit dieser Erwärmung ist auch ein Anstieg des Meeresspiegels verbunden, der bis zum Jahr 2100 zwischen 20 cm und 1 m betragen kann (IPCC, 1996). Das Wachstumspotential eines gesunden Korallenriffes ist hoch genug, um mit einem solchen Anstieg Schritt zu halten. Ein geschwächtes oder totes Riff hingegen wird überflutet und verliert damit seine Schutzfunktion für die dahinterliegenden Küstenabschnitte. Der direkte Impact durch physische Zerstörung, Verschmutzung, Eutrophisierung und Sedimenteintrag wird allem Anschein nach ebenfalls zunehmen, da viele Riffe vor den Küsten von Entwicklungsländern liegen, die eine rasche Industrialisierung anstreben.

Viele Politiker und ein grosser Teil der Bevölkerung sind sich dieser Bedrohungen und der damit verbundenen Probleme durchaus bewusst. So wurde dem Schutz der Korallenriffe beim Erdgipfel in Rio de Janeiro 1992 grosse Priorität eingeräumt. Das «International Biosphere-Geosphere Program» (IGBP) und das Unterprogramm «Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone» (LOICZ) initiieren und koordinieren Forschungsprogramme, die Korallenriffe mit einschliessen. Das Jahr 1997 wurde auf die Initiative von R.N. Ginsburg zum «International Year of the Reef» (IYOR) erklärt, und viel wurde zur Sensibilisierung der Bevölkerung unternommen. Zahlreiche Tauchsportler beteiligen sich am Monitoring des weltweiten Gesundheitszustandes der Korallen. Regionale und globale Datenbasen werden unterhalten und koordiniert (EAKIN et al., 1997), und verschiedene Sites auf Internet sind aktiv (z.B. <http://coral.aoml.noaa.gov>). Auch wird begonnen, physisch beschädigte Riffe so gut wie möglich wieder herzustellen (PRECHT, 1998).

Reichen diese Bemühungen aus, um die Korallenriffe langfristig zu erhalten? Neben der wissenschaftlichen Erforschung der Prozesse und Faktoren, welche die Korallenriffe schwächen und potentiell in den Tod treiben, ist auch ein Verständnis der grösseren Zusammenhänge nötig. Schliesslich gehören die Riffe zum grossen Ökosystem Erde, wo Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre durch komplexe biogeochemische Kreisläufe miteinander verbunden sind. Wird ein Element in diesem Netzwerk nur leicht modifiziert, können durch Rückkopplungs- und Schwelleneffekte starke Reaktionen des gesamten Systems ausgelöst werden. Die Erdgeschichte hat gezeigt, dass unser Planet seit 4.5 Milliarden Jahren sehr gut mit solchen Änderungen zurechtgekommen ist. Allerdings sterben dabei Arten aus und

werden durch andere ersetzt. Wie jeder Organismus ist auch die Spezies *Homo sapiens* in das Ökosystem Erde integriert und kann nicht unabhängig davon leben. Deshalb ist es in unserem eigenen Interesse, zu dem gut eingespielten dynamischen Gleichgewicht innerhalb der terrestrischen und aquatischen Ökosysteme Sorge zu tragen.

In Bezug auf Korallenriffe können folgende vorbeugende Massnahmen vorgeschlagen werden:

- Reduktion des Ausstosses von Treibhausgasen mit dem Erfolg, dass die Wassertemperatur in den Tropen und Subtropen langfristig nicht weiter ansteigt und dadurch das «Bleaching» der Korallen verhindert wird.
- Reduktion des Sediment- und Nährstoffeintrages durch besser kontrollierte landwirtschaftliche und industrielle Tätigkeit im Hinterland der Korallenriffe. Eutrophisierung und Versandung der Riffe können so reduziert werden.
- Bessere Kontrolle der Abfallverwertung und -lagerung in der Küstenzone.
- Bessere Kontrolle der Bautätigkeit in der Nähe von Riffen.
- Bessere Kontrolle der Schifffahrt in der Nähe von Riffen.
- Bessere Kontrolle bei der Offshore-Exploration und Produktion von Erdöl und Erdgas.
- Bessere Kontrolle des Tourismus, inklusive Sporttauchen.
- Besseres integriertes Management der Küstenzonen.
- Besserer gesetzlicher Schutz der Korallenriffe.
- Verbot von Kalkgewinnung in lebenden Riffen.
- Verbot von Fischerei mit Dynamit, Gift und Treibnetzen.
- Verbot von Aufsammeln und Handel mit Souvenirs aus lebenden Riffen.
- Aufklärung der Lokalbevölkerung, der Lokalregierung und der Touristen.
- Sensibilisierung dafür, dass die Korallenriffe für uns alle lebensnotwendig sind.

5. Dank

Ich danke R.N. Ginsburg (University of Miami), dass er das «International Year of the Reef» initiiert und damit weltweit das Bewusstsein um die Situation der Korallenriffe gefördert hat. Sue Wells vom WWF International schickte mir freundlicherweise relevante Literatur. Michèle Caron möchte ich für die Einladung danken, in der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg den Vortrag zu halten, der die Grundlage dieser Arbeit darstellt.

6. Zusammenfassung – Résumé – Abstract

Zusammenfassung

Seit es Korallenriffe gibt, d.h. seit 450 Millionen Jahren, sind diese komplexen und empfindlichen Ökosysteme dauernd wechselnden Umweltbedingungen ausgesetzt. Immer konnten sich die Riffe als Ganzes jedoch anpassen, wenn dabei auch einzelne Korallenarten ausstarben und durch neue ersetzt wurden. Seit der Industrialisierung ist auch der Mensch zu einem wichtigen Umweltfaktor geworden. Seine Aktivitäten tragen zur Erhöhung der Wassertemperatur und zur Reduktion der Ozonschicht bei; Landwirtschaft und Abbau von Ressourcen fördern den Sediment- und Nährstoffeintrag in die Küstenzonen; Überfischen stört das ökologische Gleichgewicht; Schifffahrt und Tourismus bedrohen die Korallenriffe durch Verschmutzung und physische Zerstörung. Die Korallen reagieren auf diese kumulierten Stressfaktoren mit Krankheiten und Verlust ihrer Regenerationsfähigkeit, und grosse Abschnitte eines Riffes können absterben. Neben einer Verringerung der Biodiversität geht dabei auch die Funktion als Schutzbarriere vor Stürmen und als wichtige Nahrungsquelle für den Menschen verloren. Nur ein verbessertes, integriertes Management der Korallenriffe und der Küstenzonen sowie eine verstärkte Sensibilisierung von Lokalbevölkerung, Politikern und Touristen kann diese wichtigen Ökosysteme langfristig erhalten.

Résumé

Depuis le début de l'existence des récifs coralliens, c.à.d. depuis 450 millions d'années, ces écosystèmes complexes et fragiles ont été soumis à des fluctuations de conditions environnementales. Cependant, les récifs dans leur ensemble se sont toujours adaptés, même si quelques espèces de coraux se sont éteintes pour être ensuite remplacées par d'autres. Depuis le début de l'ère industrielle, aussi l'Homme est devenu un facteur écologique important. Ses activités contribuent à l'augmentation de la température de la surface des océans et à la réduction de la couche d'ozone; l'agriculture et l'exploitation minière augmentent le flux de sédiment et de nutriments vers les côtes; la pêche incontrôlée perturbe l'équilibre écologique; la navigation et le tourisme menacent les récifs coralliens à travers la pollution et la destruction physique. A une telle accumulation de facteurs de stress, les coraux réagissent par des maladies et la perte de leur capacité de régénération. C'est ainsi que de grandes surfaces de récif peuvent mourir. Hormis une diminution de la biodiversité, les récifs perdent leur rôle de protection des côtes contre les tempêtes et de source de nourriture pour l'Homme. Seule une gestion intégrée et améliorée des récifs coralliens et de la zone côtière, ainsi qu'une meilleure sensibilisation de la population locale, des politiciens et des touristes peuvent à long terme préserver ces écosystèmes importants.

Abstract

Since there are coral reefs, i.e. since 450 million years, these complex and fragile ecosystems have been exposed to ever changing environmental conditions. The reefs as a whole have always managed to adapt, even if certain coral species became extinct and were replaced by new ones. Since industrialization, also Man has become an

important environmental factor. His activities contribute to the temperature increase of the ocean surface and to the depletion of the ozone layer; agriculture and mining add to the sediment and nutrient input in coastal areas; overfishing disturbs the ecological equilibrium; navigation and tourism menace the coral reefs through pollution and physical destruction. To these cumulative stress factors the corals react with disease and reduced regeneration capacity, and large parts of a reef tract can die. This not only causes a reduction in biodiversity, but also the loss of the protective role against storm impact on the coast and of an important human food source. Only an integrated, improved management of the coral reefs and the coastal zones and a sharpened awareness of the local population, of politicians, and of tourists will allow to preserve these important ecosystems in the future.

7. Literatur

- ANTONIUS, A.: Pathologic syndroms on reef corals: a review. Proc. 2nd Europ. Reg. Meeting ISRS, Luxemburg, Publ. Serv. Géol. Lux. 24, 161–169 (1995).
- ARONSON, R.B., & PRECHT, W.F.: Stasis, biological disturbance, and community structure of a Holocene coral reef. *Paleobiology* 23, 326–346 (1997).
- BLANCHON, P., JONES, B., & KALBFLEISCH, W.: Anatomy of a fringing reef around Grand Cayman: storm rubble, not coral framework. *J. sed. Res.* 67A, 1–16 (1997).
- BLOOM, A.L.: The coral record of late glacial sea level rise. Proc. Coll. Global Aspects of Coral Reefs, Miami, 1–6 (1993).
- DUPRAZ, C., & STRASSER, A.: Microbolites and micro-encrusters in shallow coral bioherms (Middle-Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Facies* (im Druck).
- EAKIN, C.M., MCMANUS, J.W., SPALDING, M.D., & JAMESON, S.C.: Coral reef status around the world: where are we and where do we go from here? Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. 1, 277–282 (1997).
- FITT, W.K., SPERO, H.J., HALAS, J., WHITE, M.W., & PORTER, J.W.: Recovery of the coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean „bleaching event». *Coral Reefs* 12, 57–64 (1993).
- GISCHLER, E., & LOMANDO, A.J.: Holocene cemented beach deposits in Belize. *Sed. Geol.* 110, 277–297 (1997).
- HEER, O.: *Die Urwelt der Schweiz*. Schulthess: Zürich 1865.
- HOVLAND, M., MORTENSEN, P.B., BRATTEGARD, T., STRASS, P., & ROKOENG, K.: Ahermatypic coral banks off Mid-Norway: evidence for a link with seepage of light hydrocarbons. *Palaios* 13, 189–200 (1998).
- INSALACO, E.: Upper Jurassic microsolenid biostromes of northern and central Europe: facies and depositional environment. *Palaeogeo., Palaeoclim., Palaeoeco.* 121, 169–194 (1996).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 1995, the Science of Climate Change*. Cambridge Univ. Press: Cambridge 1996.
- JAMES, N.P., & BOURQUE, P.-A.: Reefs and Mounds. In: WALKER, R.G., & JAMES, N.P. (eds): *Facies Models, Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada 1992.

- JAMESON, S.C., MCMANUS, J.W., & SPALDING, M.D.: State of the reefs, regional and global perspectives. Int. Coral Reef Initiative Executive Secretariat, Background Paper 1995.
- KUTA, K.G., & RICHARDSON, L.L.: Abundance and distribution of black band disease on coral reefs in the northern Florida Keys. *Coral Reefs* 15, 219–223 (1996).
- LAPORTE, B.E., MATZIE, W.R., & CLARK, M.W.: Phosphorus inputs and eutrophication on the Florida reef tract. *Proc. Coll. Global Aspects of Coral Reefs*, Miami, 106–112 (1993).
- PITTET, B., STRASSER, A., & DUPRAZ, C.: Palaeoecology, palaeoclimatology and cyclostratigraphy of shallow-water carbonate-siliciclastic transitions in the Oxfordian of the Swiss Jura. *Publ. Ass. Sedim. Française* 23, 225–254 (1995).
- PRECHT, W.F.: The art and science of reef restoration. *Geotimes Jan. 1998*, 16–20 (1998).
- REAKA-KUDLA, M.L., O'CONNELL, D.S., REGAN, J.D., & WICKLUND, R.I.: Effects of temperature and UV-B on different components of coral reef communities from the Bahamas. *Proc. Coll. Global Aspects of Coral Reefs*, Miami, 126–131 (1993).
- ROGERS, C.S.: Hurricanes and coral reefs: the intermediate disturbance hypothesis revisited. *Coral Reefs* 12, 127–137 (1993).
- SCHUHMACHER, H.: *Korallenriffe; Verbreitung, Tierwelt, Ökologie*. BLV, München 1988.
- SOROKIN, Y.I.: *Coral Reef Ecology*. Springer: Berlin 1995.
- STANLEY, S.M.: *Earth and Life through Time* (2nd ed.). Freeman: New York 1989.
- STRASSER, A., & STROHMENGER, C.: Early diagenesis in Pleistocene coral reefs, southern Sinai, Egypt: response to tectonics, sea-level and climate. *Sedimentology* 44, 537–558 (1997).