



## Die Entwicklung der Biodiversität – Das Beispiel der Riffe

Von Reinhold Leinfelder

„Paläontologie München“ und „Zentrum für Geobiologie und Biodiversitätsforschung an der LMU“ (GeoBio-Center<sup>LMU</sup>), Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München, [rrl@lrz.uni-muenchen.de](mailto:rrl@lrz.uni-muenchen.de)

Manuskript zum gleichnamigen Vortrag sowie zur Riffausstellung der Paläontologie München auf den Marktständen. Münchner Wissenschaftstage 2002, Lebendige Erde.

Riffe sind Massenansammlungen von am Boden festgehefteten, sessilen Organismen, welche durch Kalkskelette oder durch biologisch-induzierte Mineralisierungen überlieferungsfähige, sich über den Meeresboden erhebende Felsen aus Kalk, selten auch anderen Mineralien formen. Unter diese nüchterne Definition fallen auch unsere faszinierenden tropischen Korallenriffe, die heute die größte Artenvielfalt aller marinen Ökosysteme umfassen. Etwa 60.000 Arten hat man bereits entdeckt, aber wahrscheinlich leben weit über 1 Million Arten in den Riffen unserer heutigen Meere. Wenn man die Formenvielfalt auf Familienebene betrachtet (- der Mensch etwa gehört mit seiner Art sapiens zur Gattung Homo und zur Familie der Hominidae -), übertreffen die Korallenriffe sogar die Diversität der tropischen Regenwälder. Überaus beeindruckend ist der Einfallsreichtum der Natur hinsichtlich der ökologischen Nischen im Riff. So gibt es

riffbildende Organismen, insbesondere die Steinkorallen, riffbindende Tiere und Pflanzen wie viele Schwämme oder Kalkkrotalgen, riffabbauende Organismen wie Bohrmuscheln, Bohrwürmer oder Bohrschwämme. Es gibt ein Gartenbauamt im Riff – herbivore Fische und Seeigel halten die Weichalgen kurz. Als Kläranlagen fungieren die Schwämme und Myriaden anderer filtrierender Tiere, wie Muscheln, viele Würmer, Haarsterne oder Weichkorallen. Sie filtern Fressbares aus der Wassersäule und halten somit das Wasser rein. Zur Müllabfuhr im Riff gehören viele Krebstiere, die totes organisches Material recyceln. Putzerfische und Putzergarnelen repräsentieren die Zahnärzte im Riff. Auch die Schilderung der vielfältigen Formen von Tarnungen, Mimikri und Verteidigungsstrategien könnte Bücher füllen – wussten Sie dass manche harmlose Nacktschnecken giftige Schwämme fressen, um selbst giftig und ungenießbar zu werden?!

Tab 1: Beispiele für Artenzahlen (nach Konsortium Systematics Agenda 2000, Veron 1995 u.a.):

	Bekannte Arten	Geschätzte Artenzahl
Viren	5.000	Ca. 500.000
Bakterien	4.000	400.000 – 3 Millionen
Pilze	70.000	1 – 1.5 Millionen
Einzeller	40.000	100.000 – 200.000
Algen	40.000	200.000 – 10 Millionen
Pflanzen	250.000	300.000 – 500.000
Wirbeltiere	45.000	50.000
Rundwürmer	15.000	500.000 – 1 Million
Weichtiere	70.000	200.000
Krebstiere	40.000	150.000
Spinnen / Milben	75.000	750.000 – 1 Million
Insekten	950.000	8 – 100 Millionen
Rifforganismen (alle Gruppen)	60.000	> 1 Million

Bekannte Korallenarten heute: 3.800, davon 1.300 riffbildende Steinkorallen in 246 Gattungen.

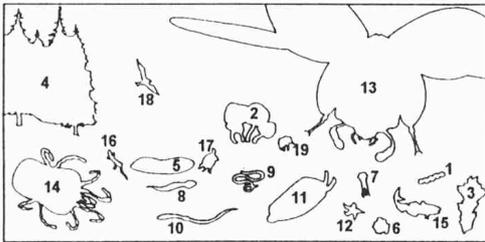
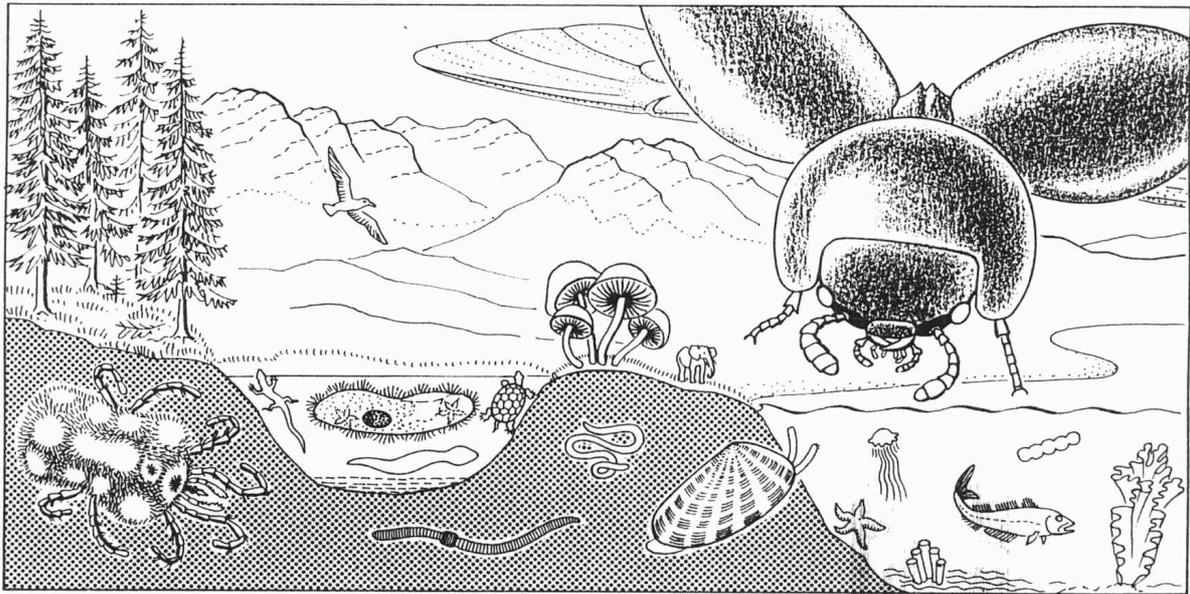
Alle bekannten Gattungen scleractiner Korallen (Trias bis heute): ca. 1800

Alle bekannten Gattungen tabulater / rugoser Korallen (Paläozoikum): ca. 280 (Tabulata) + 800 (Rugosa)

Bekannte Steinkorallengattungen / Arten:

Pazifik (v. West nach Ost): Galapagos: 5 / 17; Großes Barriereriff 70 / 300; Indonesischer Archipel 70 / 450, Malediven 50 / 200, Pers.ischer Golf 30/50, Rotes Meer 50 / 200.

Atlantik: Karibik 20/50; Brasilien 7 / 10?



Die Größe eines Einzelorganismus entspricht der Zahl beschriebener Arten des Großtaxons, zu dem es gehört  
 Bezugsfläche: □ entspricht ungefähr 1000 beschriebenen Arten.

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Bakterien, Cyanobakterien    | 11. Weichtiere (Mollusca)                                      |
| 2. Pilze                        | 12. Stachelhäuter (Echinodermata)                              |
| 3. Algen                        | 13. Insekten (Insecta)   |
| 4. Höhere Pflanzen              | 14. Gliederfüßer außer Insekten<br>(Krebse, Spinnentiere etc.) |
| 5. Einzeller (Protozoa)         | 15. Fische (Pisces)  |
| 6. Schwämme (Porifera)          | 16. Amphibien (Amphibia)                                       |
| 7. Nesseltiere (Cnidaria)       | 17. Reptilien (Reptilia)                                       |
| 8. Plattwürmer (Plathelminthes) | 18. Vögel (Aves)   |
| 9. Rundwürmer (Nematoda)        | 19. Säugetiere (Mammalia)                                      |
| 10. Ringelwürmer (Annelida)     |  |

Abb. 1: Größendarstellung einzelner Tiergruppen nach deren Biomasse. Hiernach dominieren heute die Insekten bei weitem. Hohltiere, zu denen die Riffkorallen gehören, machen keinen hohen Anteil aus. Dennoch ist die Biodiversität in Riffen von allen marinen Ökosystemen am höchsten. Aus Konsortium Systematic Agenda 2000.

Diese ungeheure biologische Vielfalt und Anpassung ist das Produkt eines Milliarden von Jahre alten Evolutionsprozesses. Riffe begleiten und formen unsere Erde seit etwa 3,5 Milliarden Jahren. Die ersten Riffe waren aus heutiger Sicht betrachtet, wenig beeindruckend. Gleich die ersten Organismen überhaupt - einfache Archaeobakterien - formten damals bereits Riffe, die Stromatolith-Riffe. Vor etwa 2,5 Milliarden Jahren kamen Eisenbakterienriffe dazu, welche die wichtigsten Eisenerzvorkommen unserer Erde überhaupt bilden - die gebänderten Eisenerze. Gleichzeitig wurden Cyanobakterien-Stromatolithen dominierend. Sie produzierten Sauerstoff, entgifteten die Meere vor evolutionshemmendem Kalziumüberschuss und verursachten nach einer vieldiskutierten Theorie sogar die

erste Eiszeit vor ca. 2,2 Milliarden Jahren, indem sie den methangenerierenden Stoffwechsel der Urbakterien ablösten und so den Treibhauseffekt vorübergehend zum Erliegen brachten. Im ausgehenden Präkambrium und dem Erdaltertum kamen höhere Organismen dazu, welche nun rasch nach oben wachsen konnten, um unterschiedliche Planktonniveaus zum Nahrungserwerb abzufiltern. Hierzu gehören Weichschwämme, bald aber schon Kalkschwämme (etwa die rasch wieder ausgestorbenen Archaeocyathiden des tieferen Kambriums) und die ersten Steinkorallen, welche in Silur und Devon zusammen mit einer anderen Gruppe von Kalkschwämmen, den Stromatoporen, (- nicht zu verwechseln mit den mikrobiellen Stromatolithen - ) bereits häufig sehr große

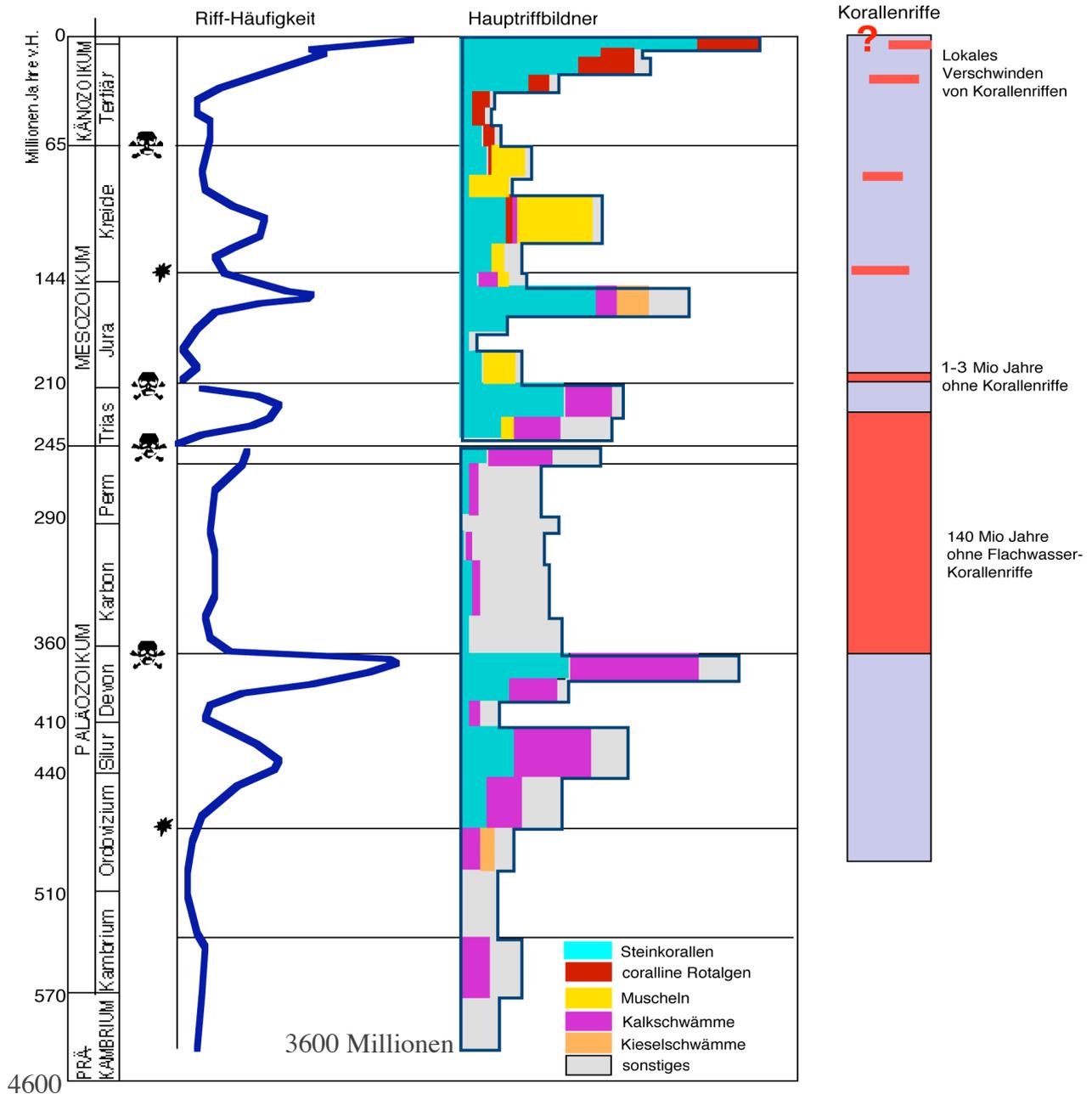


Abb. 2: Entwicklung der Riffe während der Erdgeschichte. Angegeben sind neben der erdgeschichtlichen Zeitachse jeweils die Anteile der Hauptriffbildner sowie die Häufigkeit der Riffe zur jeweiligen Zeit. Die Zeitdauer für das Präkambrium ist extrem verkürzt dargestellt. Die mit Totenköpfen bzw. schwarzen Sternen bezeichneten Zeitschnitte stellen globale Aussterbeereignisse von Organismen dar. Die rechte Spalte reflektiert Zeiten mit (grau) und ohne tropische Korallenriffe (vereinfacht). Nähere Erläuterungen im Text. Nach Flügel & Maronde 1997, stark verändert und ergänzt.

Riffe bildeten. Die Riffgesteine der Rheinischen Schiefergebirges, insbesondere der Eifel sind Relikte dieser Riffe.

Es dauerte jedoch noch lange, bis wahrscheinlich während des Mesozoikums die moderne Energieversorgung heutiger Korallen erfunden war: die Photosymbiose.

Millionen einzelliger Algen, sogenannte Zooxanthellen, leben im Gewebe der riffbildenden Steinkorallen als Untermieter, sie bekommen Schutz und wertvolle Abfallstoffe wie Phosphor und Stoff von der Koralle. Im Gegenzug müssen sie als Mietzins einen wesentlichen Teil der durch Photosynthese produzierten Zucker und Fette an die Koralle abführen. Davon leben die Ko-

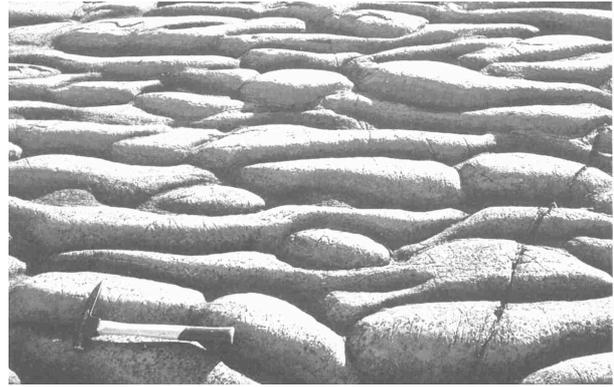
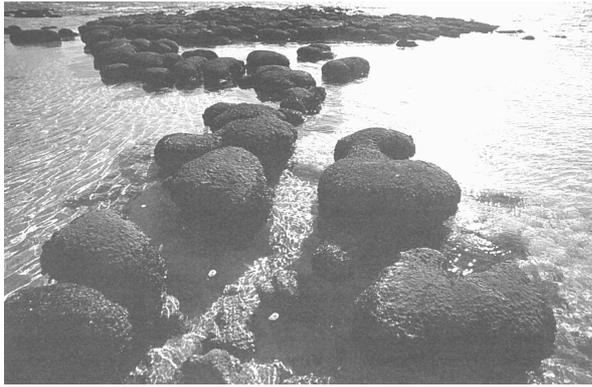


Abb. 3: Moderne und fossile Stromatolithen. Links: Hamelin Pool, Australien, rechts: 2,2 Mrd. Jahre alte Stromatolithen aus Kanada. Aus Wood, R. 1999.

rallen gut und schafften es so im Laufe des Mesozoikums sich zunehmend an extrem nährstoffarme Milieus anzupassen und so flache Areale im offenen Ozean zu besiedeln. Weiterhin wird die Kalkausscheidung durch diese Symbiose erleichtert, so dass symbiontenträgende Korallen sehr viel schneller wachsen können. Es dauerte aber bis ins Tertiär, bis durch die Entwicklung der korallinen Rotalgen die Riffe so aussahen, wie wir sie heute kennen. Diese Algen können mit ihrem Kalkskelett lockeres Riffmaterial auch im höchstenergetischen Wasser überwachsen und somit gut stabilisieren können. Seither können Riffe effiziente Barrieren bilden, welche die stürmische Hochsee von traumhaften dahinterliegenden türkisblauen Lagunen mit ruhigem

Wasser trennen und weiße Korallensandstrände produzieren. Somit verdanken wir diese Touristenparadiese den Korallenriffen. Neben diesem natürlichen Küstenschutz und touristischen Wirtschaftsfaktor sind unsere modernen Korallenriffe auch für die Welternährung, für die Entwicklung neuer medizinischer Präparate sowie für die Pufferung des Weltklimas von überragender Bedeutung. Umso erschreckender ist, dass die heutigen Riffe nicht nur extrem geschädigt, sondern sogar stark vom Aussterben bedroht sind. Während der starken Meeresüberhitzung 1998 sind in manchen Regionen über 90% aller Korallen abgestorben. Neben Meeresüberhitzung sind Einleitung überdüngter bzw. schlickbeladener Wässer aus Regenwaldabhol-

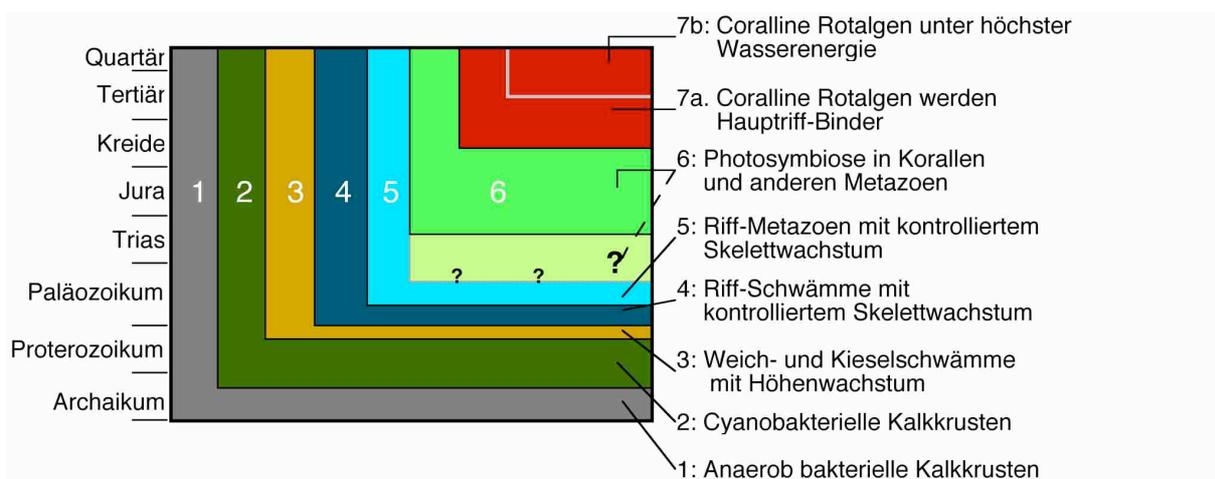


Abb. 4: Die Entwicklung der Riffbausteine während der Erdgeschichte. Riffe wurden zunehmend komplexer. Im Gegensatz zu den Rifforganismen, von denen viele Gruppen komplett ausgestorben sind (z.B. Böden- und Rübenkorallen, Phylloide Kalkalgen, Rugose Korallenmuscheln) sind alle Riff-Grundbausteine heute noch erhalten. Archaikum und Proterozoikum bilden zusammen das Präkambrium. Die Zeitachse (vertikal) ist nicht maßstäblich. Aus Leinfelder & Nose (1999), verändert.

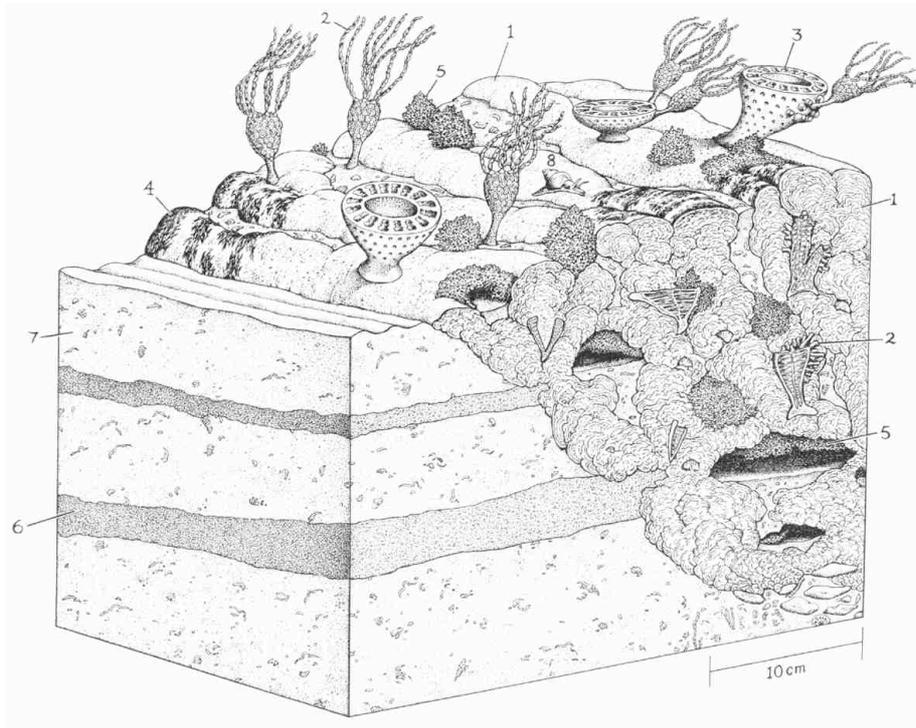
zung, Landwirtschaft, Bautätigkeit und Städten, schädigende Fischereimethoden wie Schleppnetzfang, Dynamit- und Blausäurefischerei, sowie Massentourismus die wesentlichen Bedrohungen.

Die vor knapp 500 Millionen Jahren erstmals aufgetretenen tropischen Korallenriffe wurden und werden aber bis heute von anderen Rifftypen begleitet. So gibt es nach wie vor Tiefwasserkorallenriffe aus asymbiontischen Korallen, z.B. vor Norwegen. Sogar Nachfahren der im Jura so weit verbreiteten Kieselschwammriffe, die wir etwa von der Schwäbischen und Fränkischen Alb kennen, hat man kürzlich vor Westkanada lebend wieder entdeckt (und mit „lebenden Dinosaurier“ verglichen). Von den mitteltriassischen Kalkschwammriffen, die zum Beispiel viele Gipfel der Dolomiten oder das Wettersteingebirge aufbauten, hat man ebenfalls verwandte und ausgestorben geglaubte Kalkschwämme in unseren Meeren wieder entdeckt.

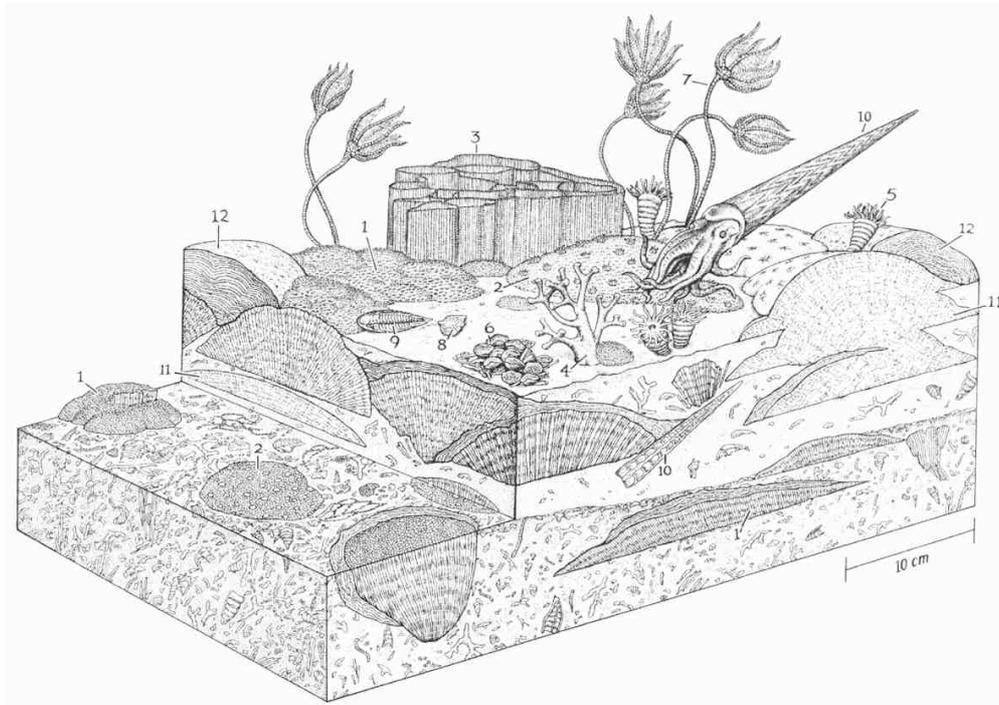
Die außergewöhnlichen Rudistenriffe der Kreide, gebaut von Muscheln, die wie Korallen lang gestreckt in die Höhe wuchsen,

haben keine Nachfahren, Austernriffe sind die nächsten Verwandten. Die Rudistenriffe starben zusammen mit den Dinosauriern und vielen anderen Organismen an der Kreide/Tertär-Grenze vor 66 Millionen Jahren aus. Und hätten Sie's gedacht? Es gibt noch immer die mikrobiellen Stromatolithriffe der frühen Urzeit, allerdings heute nur noch dort, wo keine Konkurrenz durch modernere Riffe auftritt, also z.B. im übersalzenen Wasser der australischen Walfischbucht oder als kugelige Typen in der Amper oder Alz, also süddeutschen Flüssen. Anteile dieser archaischen Formen finden sich bei näherem Hinsehen aber auch in modernen Korallenriffen: Mikrobielle Krusten wachsen aus Konkurrenzgründen heute in Höhlen und Poren des Korallenriffs und verhärten und stabilisieren das Riff gleichsam von innen heraus. Auch Kalkschwämme und asymbiontische Korallen sind weiterhin vor allem in solchen Höhlen vorhanden. So haben sich die Neuerfindungen der Riffrevolution nicht nacheinander abgelöst, sondern blieben erhalten und erhöhten im Laufe der Erdgeschichte die Komplexität des Ökosystems Riff.

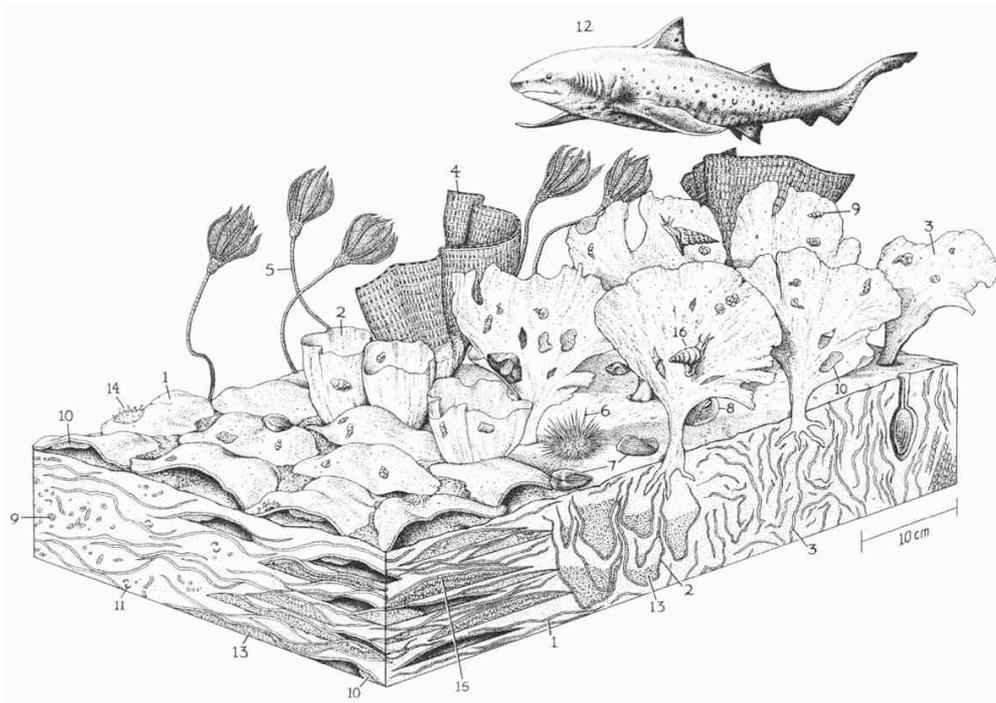
Abb. 5a-f: Rekonstruktionsbeispiele von Riffen der Erdgeschichte. Zeichnungen von John Sibbick, aus Wood 1999).



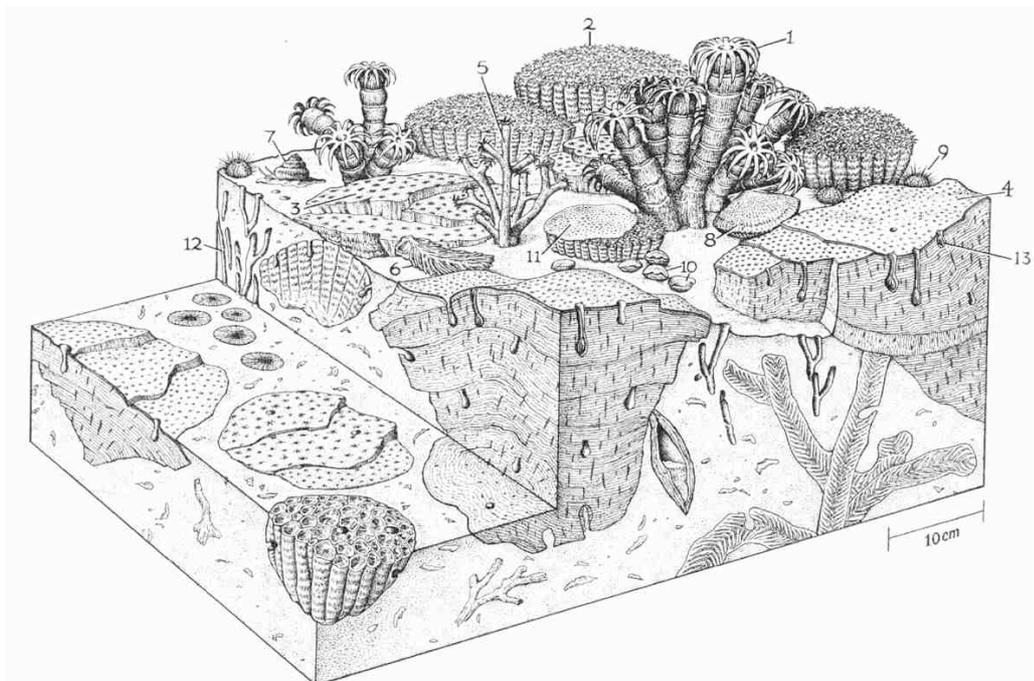
- a) Oberkambrisches, ca. 500 Mio Jahre altes Mikrobenriff mit Cyanobakterien (4, 5), einzelnen Kieselschwämmen (3), sowie Eocrinoiden, zu den Stachelhäutern gehörende frühe Vorläufer von Seelilien (2)



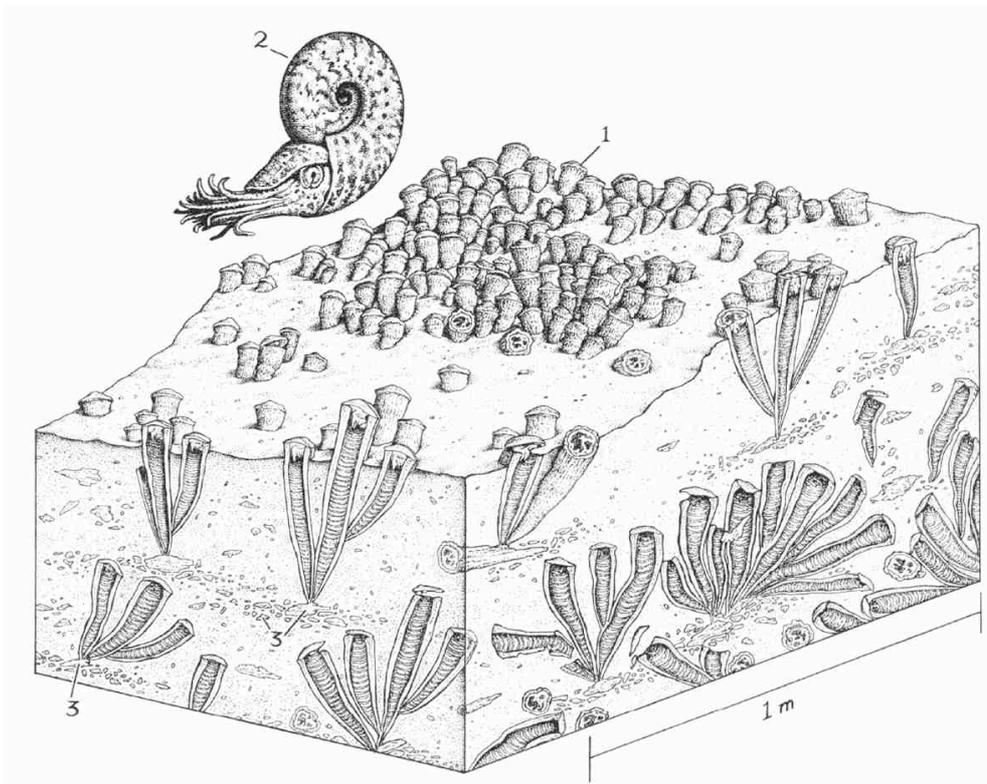
- b) Ca. 425 Mio Jahre altes Korallen-Riff des mittleren Silurs. 1-3 Tabulate Korallen (Bödenkorallen), 5 Rübenkorallen, des weiteren Moostierchen (4), Brachiopoden (6,8), Seelilien (7), Trilobiten (9), Nautiloiden (10), Stromatoporen (11) und Mikrobenkrusten (12). Böden- und Rübenkorallen starben an der Perm/Trias-Grenze aus.



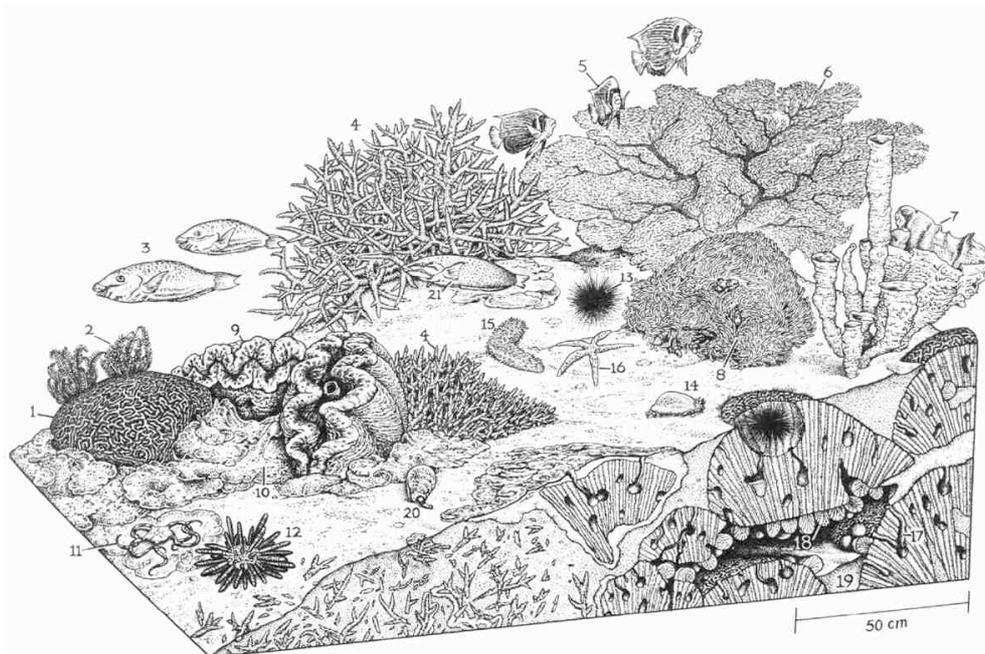
- c) Ca. 300 Mio Jahre alter Algen-Schlammhügel des höheren Karbons. Blattartige, verkalkende phylloide Algen (1-3), Moostierchen (4, 10), Seelilien (5), Seeigel (6), Brachiopoden (7,8), Foraminiferen (9,11) und weiteren Organismen. Im Unterschied zu klassischen Riffen sind diese Hügel sehr reich an Kalkschlamm.



- d) Ca.145 Mio Jahre altes Korallenriff des höheren Jura. Steinkorallen (Scleractinia) (1-5,12), des weiteren Brachiopoden (10), Moostierchen (11), Seeigel (9), Schnecken (7) und Muscheln (6,8), darunter auch Bohrmuscheln (13).



e) Rudistenriff der höheren Kreide (ca. 90 Mio Jahre alt). 1, 3 Rudisten („Korallenmuscheln“), 2 Ammonit.



f) Modernes pazifisches Korallenriff: 1 Hirnkorallen, 2 Haarstern, 3 Papageifisch, 4 Hirschgeweihkorallen (*Acropora* sp.), 6 Weich- und Lederkorallen (*Gorgonien*), 7 Weichschwämme, 8 Seeanemone mit Clownfisch 9. Riesenmuschel (*Tridacna*), 11 Schlangensterne, 12,13 Seeigel, 14 Kaurischnecke, 15 Seegurke, 16 Seestern, 17 Bohrmuschel sowie weitere Fische. In den Kavernen (18) können u.a. Kalkschwämme, Weichkorallen und Mikrobenkrusten wachsen.

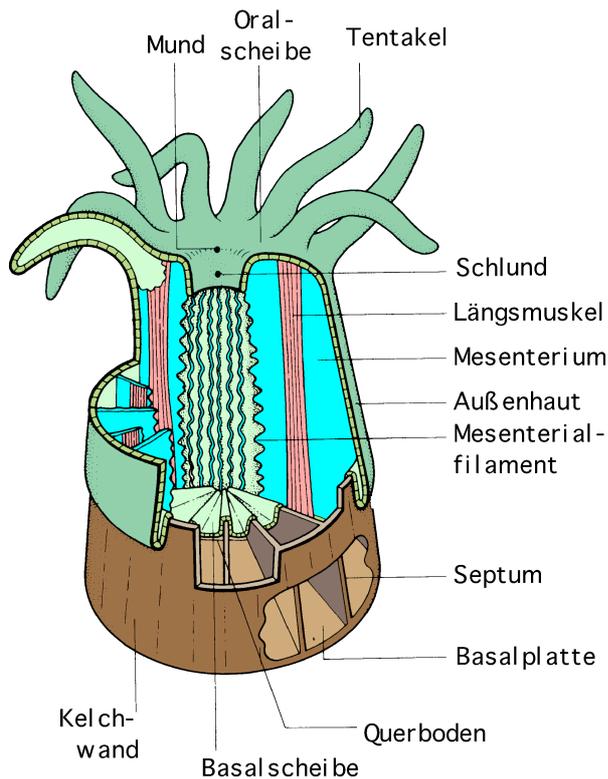


Abb. 6: Merkmale einer modernen solitären Einzelkoralle.

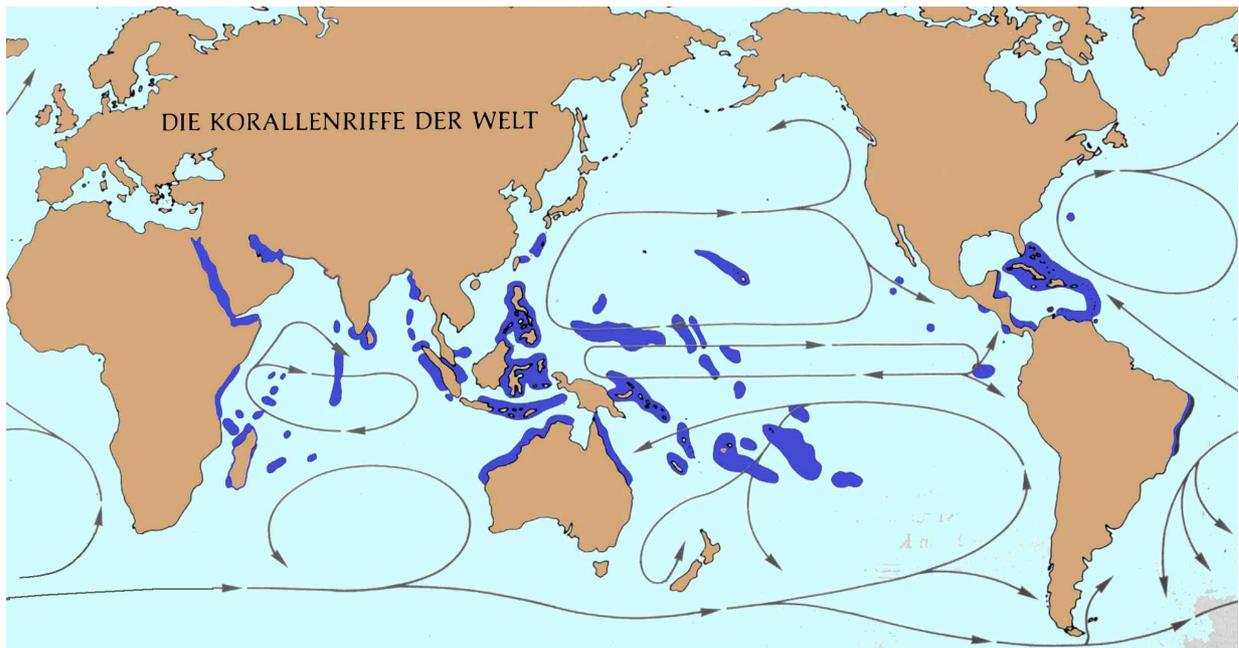
Die Riffentwicklung und Entfaltung der Biodiversität der Riffe war aber sehr diskontinuierlich. Korallenriffe und andere Riffotypen wurden im Laufe der Erdgeschichte mehrfach stark dezimiert und verschwanden teilweise für viele Millionen von Jahren. Dennoch ergibt sich, trotz aller Korallenriffkrisen, wechselnder Häufigkeiten und Faunenwechsel ein gerichteter Trend: zunehmende Einnischung in superoligotrophe Bereiche bei abnehmender ökologischer Toleranzbreite der Riffe. Diesem stressgetriebenen Trend der Verkleinerung der ökologischen Bandbreiten (der „Riff-Fenster“) liegt die oben beschriebene Komplexitätssteigerung der riffbildenden Einzelbausteine zu Grunde.

Wussten Sie schon, dass auch fossile Riffe eine hohe angewandte Bedeutung haben? Im Untergrund überlieferte Riffe, z.B. aus Devon oder Jurazeit, sind wegen ihrer hohen Porosität die wichtigsten Erdöl- und

Erdgasspeicher überhaupt. An der heutigen Erdoberfläche überlieferte Oberfläche fossile Riffe sind darüber hinaus wertvolle Rohstoffe für die Baustein-, Zement- und pharmazeutische Industrie. Außerdem gestalteten sie überaus reizvolle touristische Regionen mit und fördern damit die Ökonomie. Würden so viele Besucher in die Eifel, den Fränkischen Jura, die Kalkalpen oder die Dolomiten kommen, wenn dort die Riffrelikte mit ihren bizarren Felsformationen nicht vorhanden wären?

Fossile und moderne Riffe spiegeln aber auch exakt den ökologisch-klimatischen Zustand ihrer Zeit wider. So kann man z.B. für die Jurariffe durch die Merkmale der Rifforganismen und deren Biodiversitätsverteilung die Toleranzen von Riffwachstum abschätzen. Damals war im Unterschied zu heute ein gewisser Eintrag von Landmaterial, also Ton oder Bodenschlick förderlich für die Steigerung der lokalen Artenvielfalt, was durch eine noch wenig effiziente Photosymbiose-Beziehung erklärbar ist. Insgesamt kann man an den fossilen Riffen die Verteilung von Wassertiefen, Meeresströmungen, Küstenlinien, Schelfprofilen, Meeresspiegelschwankungen und Klimazustand vergleichen. Damit können auch aktuelle numerische Computerklimamodelle, die ja unsere klimatische Zukunft vorhersagen sollen, auf ihre Richtigkeit getestet werden. Auf den Jura angewandt, ergeben solche Modelle aber noch ein falsches Ergebnis, welches nicht mit dem aus den Jurariffen abgeleiteten Daten übereinstimmt. So wuchsen z.B. hochdiverse Jurariffe mit Warmwassercharakteristika in Paläobreiten bis zu 65 Grad, was ein stark ausgeglichenes Klima belegt. Nach den Modellierungen sollen dort aber nur Wassertemperaturen von 0-10 Grad geherrscht haben. Dies zeigt, dass heutige Klimamodelle gerade die klimapuffernde Rolle eines steigenden Meeresspiegels noch nicht richtig berechnen können. Paläoriff-Forschung kann deshalb dazu beitragen, derartige Zukunfts-Modelle zu verbessern und zu eichen.

### Riffverbreitung heute:



### Riffverbreitung vor 150 Millionen Jahren (Zeit des höheren Jura):

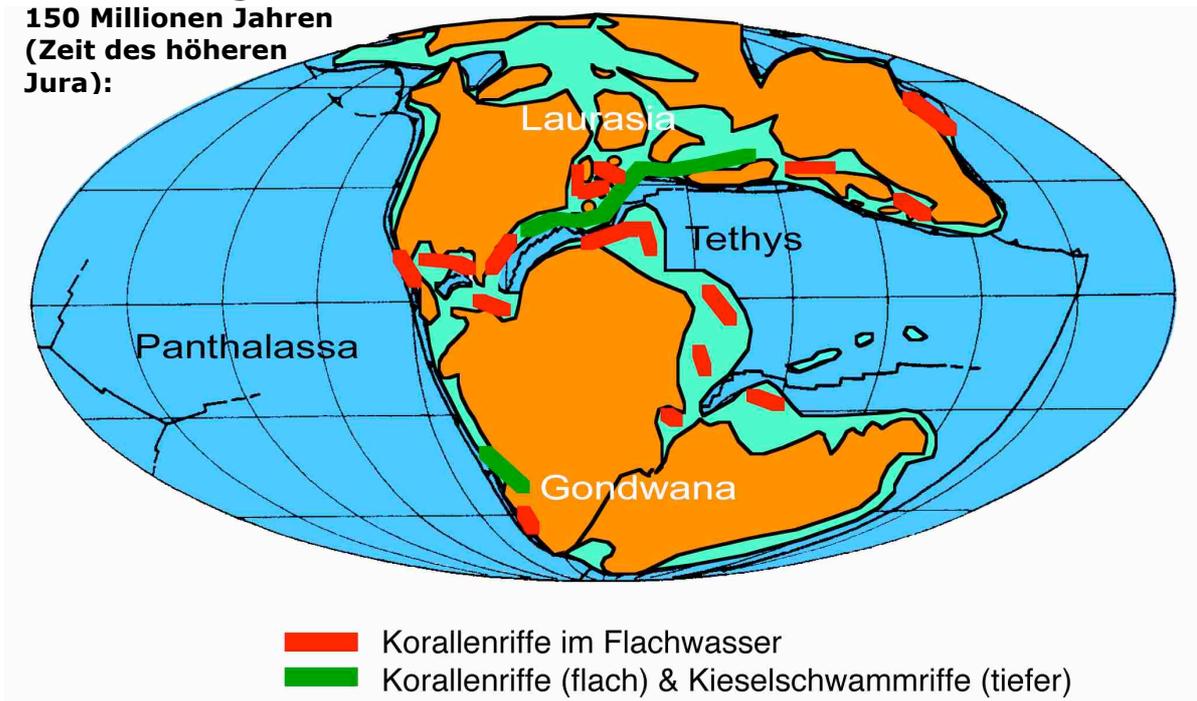


Abb. 7: Verbreitung von Riffen:

Oben: Tropische Korallenriffe sind auf den Bereich zwischen den Rossbreiten beschränkt. Dort wachsen sie in Flachwasserbereichen, wenn das Wasser klar und nährstoffarm ist. Wegen des hohen Schlickeintrags kommen sie deshalb z.B. nicht vor der Amazonas-Mündung vor. Auch in den nährstoffreichen Auftriebsgebieten vor den Westseiten der Kontinente fehlen sie.

Unten: Die Welt in der Zeit des höheren Jura (vor ca. 150 Mio Jahren). Eingetragen sind auch die Riffgürtel. Der Meeresspiegel war etwa 150 Meter höher als heute, polare Eiskappen waren nicht vorhanden. Warmwasserkorallenriffe kamen auch in hohen Breiten vor und zeigen an, dass das Klima sehr ausgeglichen war.

Aber jedes moderne Riff ist gleichzeitig auch ein fossiles Riff. Die meisten der heutigen Riffe sind mehrere 1000 Jahre alt, viele sogar noch viel älter. Die Ursprünge der heute bedrohten Malediven-Riffe liegen sogar 50 Millionen Jahre zurück. Riffkorallen können ebenfalls viele Hundert Jahre alt werden, einige sind sogar über 1000 Jahre alt. Tragischerweise sind die meisten dieser Methusalems während der El Niño-Erwärmung 1998 abgestorben. Korallen zeichnen kontinuierlich Umweltveränderungen, insbesondere die Wassertemperatur, aber auch andere Parameter in jährlichem Rhythmus auf. Anhand chemischer Analysen der einzelnen Jahresringe im Korallenskelett (z.B. der sogenannten stabilen Sauerstoffisotope) kann die Wassertemperatur früherer Jahre, Jahrzehnte und Jahrtausende rekonstruiert werden oder Schmutzeinleitungen ins Wasser datiert werden. Diese erst seit kurzem genutzten Klimaarchive tropischer und subtropischer Meere ergänzen die Klimaarchive aus Baumstämmen in festländischen Bereichen und aus Eiskernen in polaren Bereichen und werden erlauben, ein sehr viel korrekteres Bild der Klimaentwicklung der jüngsten Erdgeschichte zu entwickeln, eine unabdingbare Voraussetzung zur Beurteilung und eventuellen Berechnung der zu-

künftigen Klimaentwicklung.

Werden nun unsere Riffe weiter existieren oder doch komplett verschwinden? Das erdgeschichtliche Beispiel der Wiederkehr von Riffwachstum nach Aussterbeereignissen zeigt zwar, dass sich Riffe nach Aussterbeereignissen immer wieder erholt haben. Man muss allerdings genauer hinschauen, um festzustellen, dass uns gerade die Erdgeschichte nicht beruhigen kann, sondern im Gegenteil deutlich warnt: Erdgeschichtliche Erholungsphasen des Riffwachstums beliefen sich meist auf vielen Millionen Jahre; im Extremfall dauerte es 140 Millionen Jahre, bis sich tropische Korallenriffe wieder regeneriert hatten. Dies lässt die akute Bedrohung der heutigen Riffe bei Berücksichtigung ihrer Bedeutung für Umwelt, Ernährung, Ökonomie und Medizin in einem beängstigenden Licht erscheinen. Erfreulicherweise zeigen positive Beispiele von Riffschutz, dass sich nur mäßig geschädigte Riffe häufig rasch regenerieren können, sofern die schädigenden Faktoren abgestellt werden. Dies lässt uns hoffen, dass es noch nicht zu spät ist, dieses faszinierendste Ökosystem unserer Erde weiter zu erhalten.

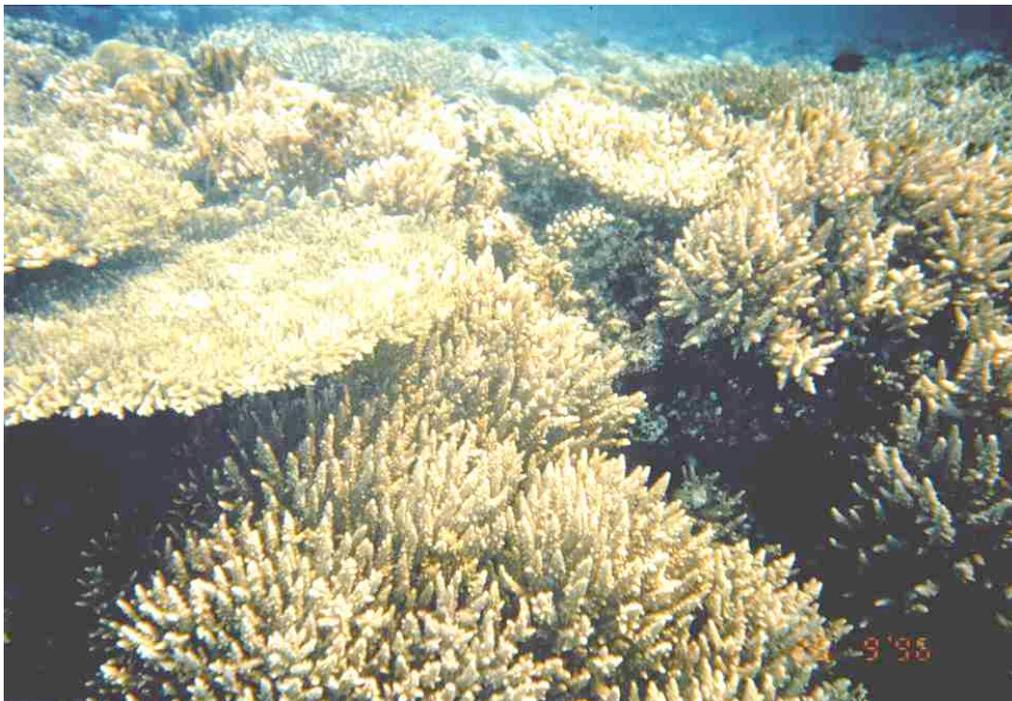


Abb. 8: Acropora-dominiertes, gesundes Korallenriff im Golf von Aqaba, Rotes Meer

**In den Abbildungserläuterungen angegebene Zitate** (sofern nicht unter allgemeiner Literatur aufgeführt):

- FLÜGEL, E. (1997): Riffe heute und früher. Die Entwicklung eines Ökosystems in der geologischen Zeit. - In: F.F. Steininger & Maronde, D. (Hrsg.): Städte unter Wasser. 2 Milliarden Jahre.- Kleine Senckenbergreihe 24: 13-18.
- KONSORTIUM SYSTEMATICS AGENDA 2000 (1996): Agenda 2000. Erschließung der Biosphäre.- 55 S., Frankfurt / Main.
- LEINFELDER, R. R. (2001): Jurassic Reef Ecosystems.- In: G. D. Jr. Stanley (Hrsg.): The History and Sedimentology of Ancient Reef Systems.- 251-309, New York etc. (Kluwer/Plenum).
- LEINFELDER, R.R. & NOSE, M. (1999): Increasing complexity - decreasing flexibility. A different perspective of reef evolution through time.- Profil 17, 171-184.
- OLIVER, W.A. JR. & COATES, A.G. (1986); Phylum Cnidaria.- In BOARDMAN, R.S., CHEETHAM, A.H. & ROWELL, A. (Hrsg.), Fossil Invertebrates, London (Blackwell).
- Veron, J. (1995): Corals in Space and Time. The Biogeography & Evolution of the Scleractinia.- 321 S., Comstock/Cornell.
- VERON, J. (2000): Corals of the World, Vol. 1.- 463 S., Melbourne (Australian Institute of Marine Science).

WOOD, R. (1999): Reef Evolution. -414 S., Oxford (Oxford Univ. Press).

### **Auswahl an allgemeiner Literatur zu Riffen:**

- GRÜTER, W. (2001): Leben im Meer. Wie es ist, wie es war, wie es wurde.- 287 S., München (Pfeil).
- LEINFELDER, R., KULL, U., BRÜMMER, F. (Hrsg.)(1998): Riffe - ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie.- Profil 13, 150 S., Stuttgart.(2. Auflage online; näheres s.u.: Internet-Ressourcen)
- SCHUHMACHER, H. (1991, 4. Aufl.): Korallenriffe. Verbreitung, Tierwelt, Ökologie.-145 S.. München (BLV).
- STEININGER, F.F. & MARONDE, D. (Hrsg.)(1997): Städte unter Wasser. 2 Milliarden Jahre.- Kleine Senckenbergreihe, 24. *Mit vielen Einzelartikeln (darunter der AG Leinfelder) zu fossilen und modernen Riffen, Bedeutung von Riffen, Riffgefährdung und Riffschutz.*
- WELLS, S. & HANNA, N. (1992): Das Greenpeace-Buch der Korallenriffe.- 161 S., München (Beck).

## Auswahl an Internet-Ressourcen:

Von der Paläontologie München:

- \* Riffressourcen-Server: [www.riffe.de](http://www.riffe.de)
- \* Leinfelder, R., Kull, U., Brümmer, F. (eds)(2002, 2.Auflg.): Riffe - ein faszinierendes Thema für den Schulunterricht. Materialien für die Fächer Biologie, Erdkunde und Geologie. 150 Seiten. Nach der vergriffenen ersten Auflage 1998 nun kostenlos zum Download (als pdf); eine Zusammenarbeit von Rifforschern und Lehrern/Lehrerinnen. Beinhaltet komplette Arbeitsblätter. [www.riffe.de/schulbuch](http://www.riffe.de/schulbuch)
- \* Videoclips von modernen und fossilen Riffen: [www.palaeo.tv](http://www.palaeo.tv) Kategorie modern bzw. ancient
- \* Online-Version des Vortrags: Riffe unter Stress – früher und heute von R. Leinfelder (auf Deutsch): [www.palaeo.tv](http://www.palaeo.tv), Kategorie Talks and Presentations
- \* Jurassic Reef Park von R. Leinfelder: [www.palaeo.de/edu/jrp](http://www.palaeo.de/edu/jrp)

Weitere Informationen und Artikel zu Riffen, Riffexkursionen und paläogeographischen Karten, auch in unseren Angeboten unter:

- \* [www.palaeo.de/edu](http://www.palaeo.de/edu)
- \* [www.palaeontologische-gesellschaft.de](http://www.palaeontologische-gesellschaft.de), Kategorie Schulen, Forschung, Studium
- \* [www.palaeo.de](http://www.palaeo.de) Das Portal mit Zugang zum Frage und Antwort-Forum
- \* [www.palaeo.de/geobiolinks](http://www.palaeo.de/geobiolinks) Durchsuchbare Datenbank mit vielen internationalen Links zu Riffen.
- \* Webadresse der Paläontologie München: [www.palaeo.de/muenchen](http://www.palaeo.de/muenchen)
- \* Webadresse des GeoBio-Centers<sup>LMU</sup>: [www.geobio-center.de](http://www.geobio-center.de)

Weitere in Kooperation mit der AG Leinfelder erstellte Ressourcen:

- \* [www.ladygrey.de/contest.html](http://www.ladygrey.de/contest.html) Durch einen zweiten Preis ausgezeichnetes [uni@schule-Projekt](mailto:uni@schule-Projekt) zur Riffökologie, Gymnasium Oberhausen (Leiterin OStdr' C. Maaßen).
- \* [www.reefcheck.de](http://www.reefcheck.de) (Ergänzungsangebot von [www.riffe.de](http://www.riffe.de), zusammengestellt durch G. Heiß, Bremen).

## Zum Autor:

Prof. Dr. Reinhold Leinfelder erforscht mit seiner Arbeitsgruppe seit vielen Jahren fossile und moderne Riffe und betätigt sich intensiv am Wissenstransfer zu diesem Thema. 1998 erhielt er mit seinem Organisationsteam den Inge-und-Werner-Grüter-Preis für Wissenstransfer für die deutsche Organisation und Aktivitäten zum Internationalen Jahr des Riffes 1998. Er studierte von 1975-1980 Geologie/Paläontologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München, war danach wissenschaftlicher Mitarbeiter und Assistent an der Universität Mainz, an der er auch seine Promotion (1985) und Habilitation (1989) ablegte. Von 1989 bis 1998 war er Universitätsprofessor für Geologie und Paläontologie an der Universität Stuttgart, seit Oktober 1998 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Paläontologie und Historische Geologie an der LMU. Gleichzeitig ist er Direktor der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Geologie sowie des Paläontologischen Museums München. Seit Herbst 2002 ist er Sprecher des neugegründeten fachübergreifenden Zentrums für Geobiologie und Biodiversitätsforschung an der LMU (GeoBio-Center<sup>LMU</sup>).

**Copyright-Hinweis:** © Reinhold Leinfelder für GeoBio-Center<sup>LMU</sup> sowie teilweise Fremdcopyrights der Abbildungen. Bitte beachten Sie, dass wegen der enthaltenen Fremdcopyrights dieses Manuskript gemäß den Copyrightbestimmungen nur für nichtkommerzielle interne Lehrzwecke verwendet werden darf. Lehrkräfte, Studierende und Schüler können es auf Anfrage auch in digitaler Form mit teilweise farbigen Abbildungen erhalten (Kontakt: [reinhold@riffe.de](mailto:reinhold@riffe.de)). Layout R.L.

Ggf. zitierbar als:

LEINFELDER, R.R. (2002): Die Evolution der Biodiversität - Das Beispiel der Riffe.- Lebendige Erde, Skriptum zu den Vorträgen Geo- und Biowissenschaften in Forschung und Praxis, Münchner Wissenschaftstage 2002, pp. 24-36, Verband Deutscher Biologen, München und [www.palaeo.de/edu/riffbiodiv](http://www.palaeo.de/edu/riffbiodiv)