

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch	Jahresmitteilung 1982	Seite: 109-115	Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Gewerbemuseumsplatz 4 · 8500 Nürnberg 1
------------------------------------	--------------------------	-------------------	--

Die Entstehung von Riffen ist heute durch klimatische Faktoren auf den schmalen Bereich zwischen 30° nördlicher und 30° südlicher Breite beschränkt. Die Untersuchung rezenter Riffe und ihre nachfolgende Diagenese bilden eine wesentliche Grundlage für das Verständnis fossiler Rifffkarbonate. Derartige Ergebnisse schlagen sich auch bei der Darstellung der alpinen Trias-Riffe in unserem Museum nieder. Freundlicherweise tritt Dr. Wolf-Christian Dullo in die Fußstapfen von Dr. Helmut Keupp, der für uns bedauerlicherweise nach Bochum gegangen ist und stellt sich als wissenschaftlicher Berater beim weiteren Ausbau unseres Geologie-Saales zur Verfügung. Sein Bericht zeigt die komplexen Vorgänge bei der Fossilisation von Korallen und Mollusken. Für den Fossilien Sammler wird deutlich, welche Rolle der Mineralogie dabei zukommt. Der Laie wird erkennen, daß der alte Geologenhammer zwar einen ersten Einstieg ermöglicht, eine Lupe allenfalls einen groben Überblick geben kann, neue Erkenntnisse aber nur noch unter Einsatz modernster Technik möglich sind.

Wolf-Christian Dullo

Zur Diagnose aragonitischer Strukturen am Beispiel rezenter und pleistozäner Korallenriffe des Roten Meeres

(Beiträge zur Geologie der Ostküste des Roten Meeres Nr. 2,*
ein DFG-UPM Gemeinschaftsprojekt)

Summary

The diagenetic alteration of aragonitic cements into calcite happens earlier than that one of aragonitic coral skeletons within the vadose environment. The diagenesis of aragonitic mollusks starts after the complete replacement of aragonite by calcite in corals and cements. This diagenetic sequence can be referred to the different influence of organic substances during aragonite precipitation, to the density of the crystal fabric, as well as to the degree of saturation of the meteoric water with respect to CaCO_3 within the diagenetic environment.

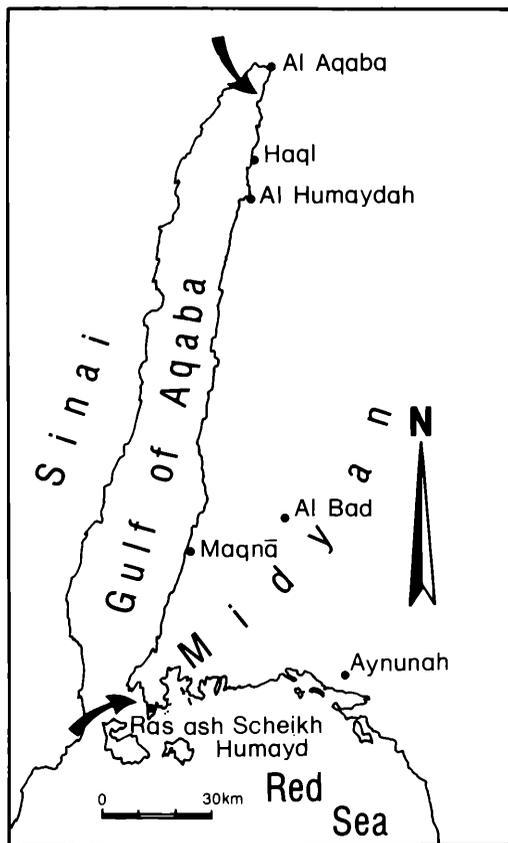
Zusammenfassung

Aragonitische Zemente werden im vadosen Diagenesemilieu wesentlich schneller in die stabilere Modifikation Kalzit umgewandelt als der Aragonit des Korallenskeletts. Die Umwandlung der aragonitischen Mollusken-schalen vollzieht sich erst in einem Stadium in dem Korallen und aragonitische Zemente bereits vollständig durch Kalzit ersetzt sind. Wesentliche Faktoren, die zu dieser Diagenese-reihe führen, sind die unterschiedliche Mineralisation des Aragonits und die damit verbundene, verschiedenartige Beteiligung organischer Substanzen, die Packungsdichte der Kristalle und die Aggressivität des Diagenesemilieus.

Einleitung

Das Rote Meer zeichnet sich durch eine küstenparallele Entwicklung verschiedener Saumriffe aus, die sich sowohl in den Golf von Suez, als auch in den Golf von Aqaba hinein fortsetzen. Die Anlage der heute lebenden Riffe folgt weitgehend einem während des Pleistozäns angelegten Relief (GVIRTZMAN et al. 1977). Entsprechend anderen Rifffgebieten der Erde sind auch am Roten Meer an dessen Küsten pleistozäne Rifffterrassen überliefert, deren Entstehung auf pleistozäne Meeresspiegelschwankungen während der Eiszeiten zurückzuführen sind. Als weitere Komplikation sind aber im Bereich des Roten Meer-Grabens junge tektonische Bewegungen aufgrund des aktiven seafloor spreading zu berücksichtigen, ebenso wie salztektonische Ereignisse, die gleichermaßen zur Bildung mariner Terrassen beitragen können. Die Alterstellung der

* Nr. 1: DULLO, W.-Chr., HÖTZL, H. & JADO, A.R.: New stratigraphical results from the Tertiary sequence of the Midyan area, NW Saudi Arabia. – Newsl. Stratigraphy, Band 12, 1983, Heft 2 – Stuttgart 1983



1 Lage der untersuchten Terrassen bei Aqaba und Ras ash Sheikh Humayd.

Terrassen wurde nur an wenigen Punkten des Roten Meeres untersucht (BERRY et al. 1966, GVIRTZMAN und FRIEDMAN 1977) und fehlt für die untersuchten Bereiche im Golf von Aqaba und bei Ras ash Sheikh Humayd an der Südspitze der Midyan Halbinsel (Abb. 1). Aufgrund der detaillierten Untersuchungen von FRIEDMAN (1968), FRIEDMAN et al. (1974), MERGNER und SCHUMACHER (1974) und BRAITHWAITE (1982) ist die biologische und sedimentologische Gliederung der rezenten Riffe sehr gut bekannt. Entsprechende Gliederungen können auch in den marinen Terrassen beobachtet werden. Diese Tatsache erlaubt einen Vergleich der rezenten mit den fossilen Riffkarbonaten hinsichtlich der fossilen Überlieferung der Organismen. GVIRTZMAN und FRIEDMAN (1977) haben unter diesem Aspekt die Diagenese der Korallen in den verschiedenen alten Terrassen der Sinaiküste untersucht und die allmähliche Umwandlung der aragonitischen Skelette in Kalzit unter dem Einfluß meteorischer Sickerwässer (= vadose Diagenese) aufgezeigt. Ein quantitativer Vergleich des rezenten Milieus mit den Terrassen (DULLO 1983) hat einen erheblichen Verlust aragonitschaliger Organismen erbracht. Besonders kraß ist hierbei der Verlust aragonitischer Mollusken.

Aragonit wird als Bausubstanz von vielen marinen Invertebraten zum Skelett- und Schalenbau verwendet (FLÜGEL 1978) und tritt auch bei der marinen Zementation häufig auf (BATHURST 1971). Gelangen diese Aragonitstrukturen in den Einflußbereich untersättigten Süßwassers werden sie schnell gelöst und nach Erreichen des Sättigungspunktes der lösenden Wässer durch auskristallisierende Kalzite ersetzt.

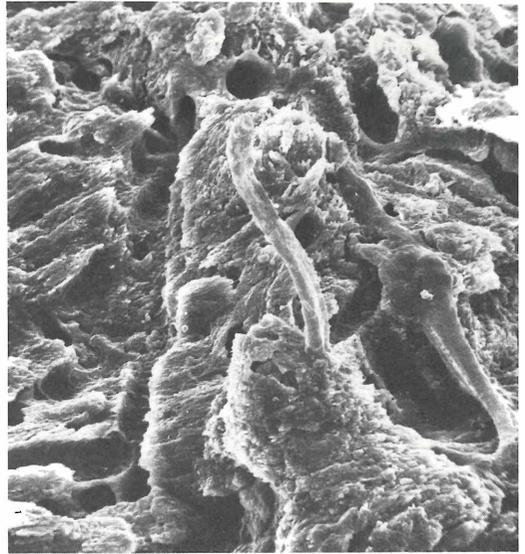
Die Stufen der Aragonitumwandlung in den einzelnen Terrassen

Am Nordende des Golfes von Aqaba sind an dessen Ostküste vier übereinanderliegende Terrassen entwickelt. Die Überlieferung der aragonitischen Schalen und anderer Biogenskelette ist hier besonders schlecht. Nur noch in der untersten Terrasse können vereinzelte, dickschalige aragonitische Molluskenschalen mit Farberhaltung gefunden werden. In den anderen Terrassenständen sind diese Mollusken entweder vollständig gelöst und liegen als Hohlform vor oder sind durch Kalzit ersetzt. Viel häufiger wird das ehemalige Vorhandensein dieser Mollusken durch Kompaktion ausgelöscht (DULLO 1983). Korallen und ehemalige marine Aragonitzemente sind hier in allen Terrassen bereits vollkommen in Kalzit umgewandelt.

Ein ganz anderes Bild zeigt sich in den fossilen Terrassen bei Ras ash Sheikh Humayd. Hier können noch in den obersten Terrassen gut erhaltene aragonitische Molluskenschalen mit Farbzeichnungen gefunden werden. Korallen mit primärer Mikrostruktur sind nur in den unteren Terrassen zu beobachten. Im Unterschied zu den Vorkommen am Nordende des Golfes von Aqaba sind bei Ras ash Sheikh Humayd nur drei Terrassen ausgebildet, wie dies auch von der gegenüberliegenden Sinai-Südspitze durch GVIRTZMAN und FRIEDMAN (1977) berichtet wurde. Die geringere Diagenese in diesen Vorkommen bei Ras ash Sheikh Humayd ermöglicht eine gute



2 Primärer, nadeliger Aragonitzement, aufgewachsen auf einem Septum von *Goniastrea* sp., Rezentes Riff, Probe SA82/316b, Rem Foto 45112, 736 x.

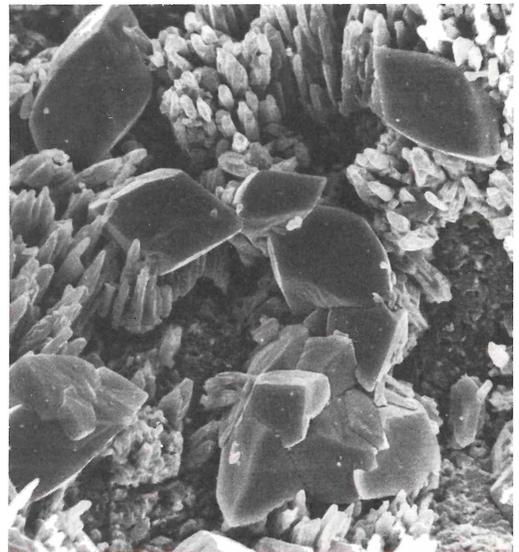


3 Intensive Anbohrung des Korallenskeletts durch Endolithen. *Porites* sp., rezentes Riff, Probe SA82/315b, Rem Foto 44825, 800 x.

Beobachtung der einzelnen Umwandlungsstadien der aragonitischen Strukturen. Die Gründe für die bessere Erhaltung sind primär klimatischer Natur und müssen im Detail noch untersucht werden.

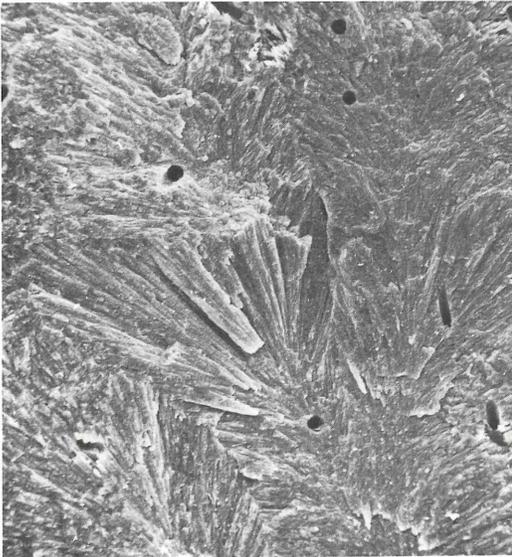
Im marinen Milieu liegen noch alle Strukturen unverändert vor, auch wenn die marine Diagenese eingesetzt hat. Hierbei kommt es zur Zementation der isolierten Schalen und ihrer Bruchstücke, wobei als Zement Aragonit oder der noch instabilere Magnesiumkalzit auftritt (BATHURST 1971). Ebenfalls werden aber auch Hohlräume in Kalkalgen oder Korallenskeletten zementiert. Abbildung 2 zeigt einen nadeligen Aragonitzement im Interseptalraum einer massiven Koralle. Im marinen Milieu setzt aber bereits ein biologischer Karbonatabbau ein, der durch bohrende, endolithische Organismen (Bakterien, Algen und Pilze) verursacht wird. Weitverbreitet sind die Spuren dieser Endolithen (Abb. 3), die wenn sie dichter auftreten zu Rindenkörnern oder zur vollständigen Mikritisierung führen (FLÜGEL 1978). In der Umgebung der Bohrlöcher ist aber noch keine Veränderung des aus aragonitischen Sphaerulithen bestehenden Korallenskeletts (SORAUF 1980) zu beobachten.

In der untersten Terrasse, die nur sehr undeutlich als Terrassenbildung in Erscheinung tritt, kann bereits durch den Einfluß meteorischer Wässer eine Umwandlung des Aragonit-

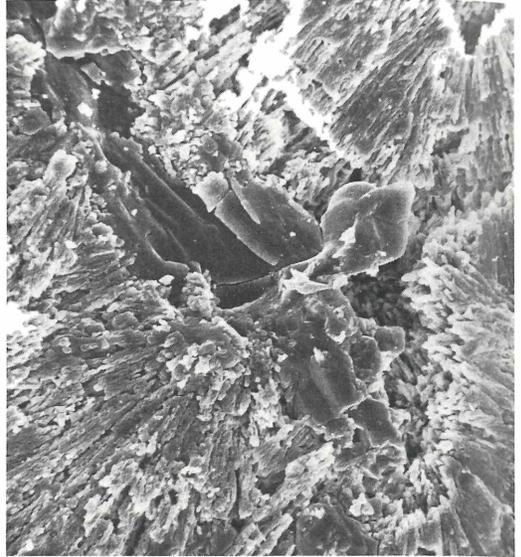


4 Verdrängung des primären Aragonitzements durch neugebildete Kalzitkristalle. Unterste Terrasse bei Ras ash Scheikh Humayd, Probe SA82/340, Rem Foto 44904, 760 x.

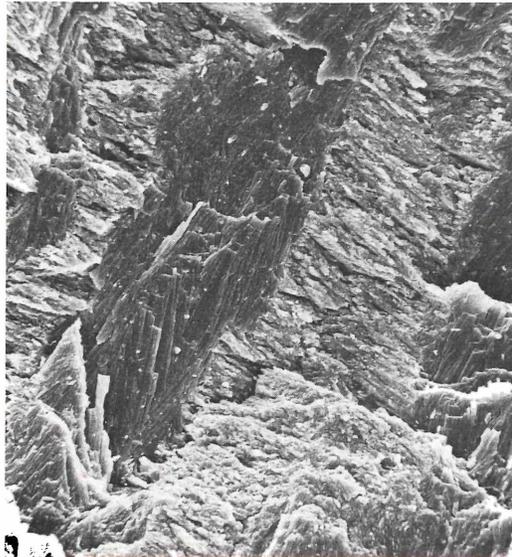
zements in kalzitische Rhomboeder beobachtet werden (Abb. 4). Das Korallenskelett bleibt aber noch unverändert (Abb. 5). Es findet noch keine Umwandlung von Aragonit in Kalzit statt. Nur gelegentlich können bereits erste Anlösungen auftreten, die sich in kleinen Hohlräumchen innerhalb der Mikrostruktur äußern.



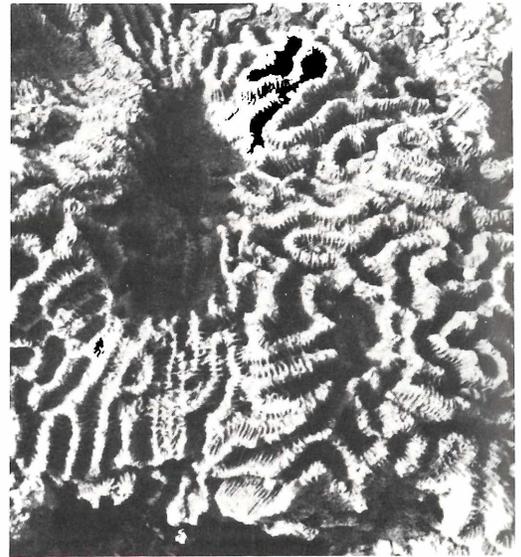
5 Unveränderte Korallenmikrostruktur von *Goniastrea* sp., in der unteren Terrasse bei Ras ash Scheikh Humayd. Die Löcher gehen auf die Tätigkeit endolithischer Organismen zurück. Probe SA82/321, Rem Foto 44885, 160 x.



6 Verdrängung der aragonitischen Mikrostruktur des Korallenskeletts bei *Goniastrea pectinata* durch neugeproßte Kalzite. Mittlere Terrasse bei Ras ash Scheikh Humayd. Probe SA82/341, Rem Foto 44892, 720 x.

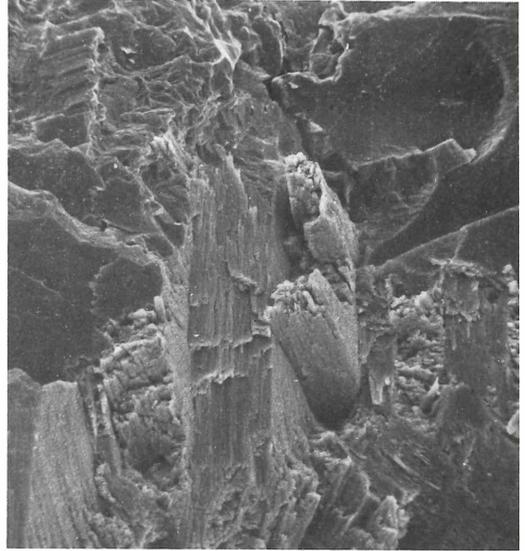
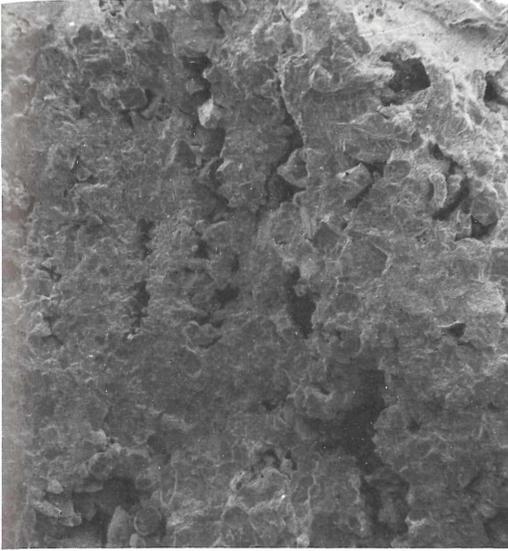


7 In der mittleren Terrasse bei Ras ash Scheikh Humayd weisen die aragonitischen Mollusken noch eine unveränderte Mikrostruktur auf. Kreuzlamelle von *Tridacna squamosa*. Probe SA82/342, Rem Foto 44930, 160 x.



8 Makroskopisch ist bei den Korallen in der untersten Terrasse bei Aqaba die vollständige Umwandlung in Kalzit nicht zu erkennen. *Platigyra sinuosa*. Bildbreite entspricht 5 cm.

In der mittleren Terrasse, die eindeutig als morphologische Geländestufe in Erscheinung tritt, ist bereits der Zement vollständig in Kalzit umgewandelt. Ausgehend von den kleinen Lösungshohlräumen im Korallenskelett setzt hier eine Neubildung grober kalzitischer Kristalle ein, die die aragonitischen Sphaerulithe verdrängen (Abb. 6). Ein wohl allgemein gültiges Phaenomen ist, daß die Strukturumwandlung der Korallen stets von innen heraus vor sich geht. Neubildungen von Kalzit sind stets im Sphaerulithzentrum zu beobachten (SORAUF 1980, HUBBARD & SWART 1982). In diesem Terrassenniveau liegen aragonitische Molluskenschalen noch vollständig unverändert (Abb. 7) und mit Farberhaltung neben den bereits einer beginnenden Umwandlung unterzogenen Korallen vor.



9 Vollständig umkristallisierte Korallenmikrostruktur von *Favia* sp. in der untersten Terrasse bei Aqaba. Probe AqII/A, Rem Foto 44951, 90 x.

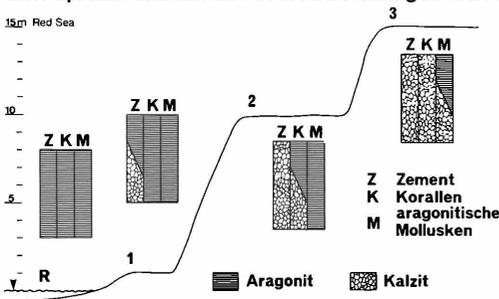
10 Beginnende Umwandlung der aragonitischen Mikrostruktur bei Mollusken in der untersten Terrasse bei Aqaba. *Conus* sp., Probe AqVI/3/1, Rem Foto 38391, 400 x.

In der obersten Terrasse, die in ihrem Diageneseegrad weitgehend der untersten bei Aqaba entspricht, finden sich makroskopisch oft gut erhaltene Korallen (Abb. 8). Bei hohen Vergrößerungen im Rasterelektronenmikroskop ist jedoch die vollständige Strukturumwandlung von Aragonit in Kalzit zu beobachten (Abb. 9). Während sich bei Korallen die Umwandlung bereits vollzogen hat, wird bei aragonitischen Mollusken dieser Prozeß erst eingeleitet (Abb. 10).

Schlußfolgerungen

Aufgrund der einheitlichen Mineralogie des Aragonits im Karbonatzement, im Korallenskelett und in der Molluskenchale würde man ein identisches Verhalten während der Diagenese erwarten. Dies trifft jedoch nach den dargelegten Beobachtungen nicht zu. Die Stufen der Aragonitumwandlung sind für die betrachteten Strukturen in den einzelnen Terrassen nochmals in Abbildung 11 zusammengefaßt. Als Ursachen des unterschiedlichen Lösungs- und Umwandlungsverhaltens des Aragonits kommen mehrere Faktoren in Betracht.

Bei der Fällung des Aragonitzements im marinen Milieu ist eine Beteiligung organischer Substanzen in Form von Algen- oder Bakterienfilmen nicht mehr auszuschließen. Die Zementbildung wird hierbei durch die Tätigkeit der Organismen begünstigt, da Photosynthese und andere Vorgänge ein chemisches Mikromilieu erzeugen (FLÜGEL 1978). Der Spurenelementchemismus der Zemente steht, trotz der Beeinflussung organischer Schleime bei der Zementbildung, im Gleichgewicht mit dem umgebenden Meerwasser (FOLK 1974). Ein komplizierterer Vorgang ist bei der Mineralisation der Korallen zu beobachten (SORAUF 1980). Hier wird von den organischen Substanzen des Korallenweichkörpers die Anordnung der nadeligen Aragonitkristalle in den Sphaerulithen der Sklerodermis gesteuert. Aber auch hier handelt es sich noch um Kristalle,



11 Zusammenfassende Darstellung der stufenweisen Aragonitumwandlung in den pleistozänen Riffterrassen des Roten Meeres.

die reinen kristallographischen Gesetzen folgend wachsen, auch wenn schon eine stärkere Kontrolle der Mineralisation durch die organischen Substanzen des Weichkörpers vorliegt. Auch hier besteht noch nahezu ein Gleichgewicht zwischen den Spurenelementen im Kristall und dem entsprechenden Angebot im Meerwasser (SWART & HUBBARD 1982). Weitaus komplexer ist die Biomineralisation der Molluskenschale. Hier werden echte Biokristalle (BANDEL & HEMLEBEN 1975), die eine Größe von $0,2 \mu\text{m}$ \varnothing besitzen, im Backsteinprinzip zu den „Kristallen“ der aragonitischen Mikrostrukturen aneinander gereiht. Die einzelnen Nadeln einer Kreuzlamelle (Abb. 7) bestehen aus solchen aneinandergereihten Biokristallen. Hier ist eine vollständige Kontrolle der Biomineralisation durch die organische extrapalliale Flüssigkeit gegeben. Spurenelementverteilungen in der Schale sind genetisch bedingt und stehen nicht mehr im Gleichgewicht mit der Umgebung (PILKEY & GOODELL 1963).

Die zunehmende Beeinflussung der organischen Substanzen bei der Mineralisation des Aragonits führt zu komplexeren Strukturen. Die organischen Schleime, die zur Zementbildung beitragen, sind kaum über längere Zeiträume erhaltungsfähig. Gelangen diese Zemente in das vadose Milieu, können lösende Niederschlagswässer die freiliegenden Kristalle auflösen, während Korallen und Mollusken durchaus noch einen Schutz durch die bei der Mineralisation beteiligten organischen Substanzen aufweisen, die teilweise in die Struktur miteingebaut werden. Die zunehmende Komplexität der Mikrostruktur spiegelt zugleich die Komplexität der beteiligten organischen Substanzen wider. Das Korallenskelett ist noch relativ einfach gebaut, entsprechend auch die organische Struktur. Neben der physikalischen Diagenese im vadosen Milieu gibt es auch eine biologische Diagenese, verursacht durch Bakterien, Algen und Pilze, die die verbliebenen organischen Substanzen in den Skelettelementen abbauen. Offensichtlich läßt sich die organische Substanz der Korallen leichter abbauen als diejenige der Mollusken, die zusammen mit den Biokristallen einen festen Verbund eingeht (BANDEL 1981). Somit ist ein Angreifen und Lösen der Aragonitkristalle mit nachfolgender Umwandlung eher möglich als bei Mollusken. Neben der Biomineralisation ist auch die Dichte der Kristallanordnung in den einzelnen Strukturen für die Diagenese maßgebend. Sie ist am geringsten bei Zementen und am dichtesten bei Mollusken. Vadose Wässer können natürlich in offeneren Strukturen besser zirkulieren und lösen.

Korallen und Aragonitzemente werden, wie gezeigt wurde, schneller in Kalzit umgewandelt als Mollusken. Die Umwandlung vollzieht sich in einem sanfteren Diagenesemilieu, wie es in den unteren Terrassen von Ras ash Scheikh Humayd verwirklicht ist. Werden schließlich die Mollusken angegriffen, kann auch das Milieu inzwischen stärker geworden sein. Den bereits in Kalzit umgewandelten Zementen und Korallen geschieht nun nichts mehr, während die Mollusken zum überwiegenden Teil vollständig gelöst werden und durch nachfolgende Kompaktion der fossilen Überlieferung entzogen werden. Nur ein geringer Teil, vorallem die dickschaligen Vertreter, kristallisieren um und bleiben erhalten. Derartig ist die Diagenese in den Terrassen bei Aqaba, die sich durch den großen Verlust an aragonitischen Mollusken gegenüber den relativ gut überlieferten Korallen auszeichnen, verlaufen. In Ras ash Scheikh Humayd ist dieses Diagenesestadium noch nicht erreicht.

Diese stufenweise Umwandlung der Aragonitstrukturen stellt einen Schlüssel dar zum Verständnis älterer Riffkarbonate der Erdgeschichte, die sich ebenfalls durch eine gute Überlieferung der Korallen gegenüber einer schlechten der Mollusken auszeichnen, wenn diese Karbonate einer vadosen Diagenese unterzogen wurden. Als Beispiele seien der miozäne Leithakalk des Wiener Beckens (DULLO 1983) und die Riffe der alpinen Obertrias (FLÜGEL 1981) erwähnt.

Dank

Diese Untersuchung wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der University of Petroleum and Minerals in Dhahran (Saudi Arabien) finanziell und logistisch unterstützt, wofür beiden Institutionen mein Dank gilt. Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. Blümel, Dr. Briem, Prof. Dr. Hötzl, Dr. Jado, Dr. Quiel und Prof. Dr. Puchelt für ihre Hilfe im Gelände sowie Herrn Prof. Dr. Flügel und Herrn Dr. Bandel für ihre kritischen Diskussionsbeiträge.

Literatur

BANDEL, K.: Struktur der Molluskenschale im Hinblick auf ihre Funktion. – Paläontologische Kursbücher **1**, 25–47, 17 Abb., München 1981.

BANDEL, K. & HEMLEBEN, C.: Anorganisches Kristallwachstum bei lebenden Mollusken. – Paläont. Z. **49/3**, 298–320, 38 Abb., Stuttgart 1975.

BATHURST, R.G.C.: Carbonate sediments and their diagenesis. – Dev. Sed. **12**, 620 S., 359 Abb., 24 Tab., Amsterdam 1971.

BERRY, L., WHITEMAN, A.J. & BELL, S.V.: Some radiocarbon dates and their geomorphological significance, emerged reef complex of the Sudan. – Z. Geomorphol., **10**, 119–143, Berlin 1966.

BRAITHWAITE, C.J.R.: Patterns of accretion of reefs in the Sudanese Red Sea. – Marine Geology **46**, 297–325, 17 Abb., Amsterdam 1982.

DULLO, W.-Chr.: Fossilidiagenese im miozänen Leithakalk der Paratethys Österreichs: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. – Facies **8**, 1–115, 22 Abb., 2 Tab., Taf. 1–15, Erlangen 1983.

FLÜGEL, E.: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalcken. – 454 S., 33 Abb., 57 Tab., 33 Taf., Berlin – Heidelberg – New York 1978.

— : Paleocology and facies of Upper Triassic reefs in the Northern Calcareous Alps. – In TOOMEY, D. (ed.): European fossil reef models. – Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineralog. **30**, 291–359, 25 Abb., 15 Tab., Tulsa 1981.

FOLK, R.: The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. – J. Sed. Petrol. **44**, 40–53, 9 Abb., Tulsa 1974.

FRIEDMAN, G.M.: Geology and geochemistry of reefs, carbonate sediments and waters, Gulf of Aqaba (Eilat), Red Sea. – J. Sed. Petrol. **38**, 895–919, 32 Abb., Tulsa 1968.

FRIEDMAN, G.M., AMIEL, A.J. & SCHNEIDERMAN, N.: Submarine cementation in reefs. Example from the Red Sea. – J. Sed. Petrol. **44**, 816–825, 18 Abb., Tulsa 1974.

GVIRTZMAN, G., BUCHBINDER, B., SNEH, A., NIR, Y. & FRIEDMAN, G.M.: Morphology of the Red Sea fringing reefs: A result of the erosional pattern of the last glacial low stand sea level and the following Holocene recolonisation. – 2nd Symp. Int. sur les coraux récifs coralliens fossils, Paris Sept. 1975. Mem. B.R.G.M., **89**, 480–491, Paris 1977.

GVIRTZMAN, G. & FRIEDMAN, G.M.: Sequence of progressive diagenesis in coral reefs. – Amer. Ass. Petrol. Geol., Studies in Geology **4**, 357–380, 25 Abb., 7 Tab., Tulsa 1977.

HUBBARD, J.A.E.B. & SWART, P.K.: Sequence and style in scleractinian coral preservation in reefs and associated facies. – Palaeogeo., Palaeoclimat., Palaeoecol. **37**, 165–219, 31 Abb., Amsterdam 1982.

MERGNER, H. & SCHUHMACHER, H.: Morphologie, Ökologie und Zonierung von Korallenriffen bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). – Helgoländer Meeresuntersuchungen **26**, 238–358, 13 Abb., 20 Tab., Hamburg 1974.

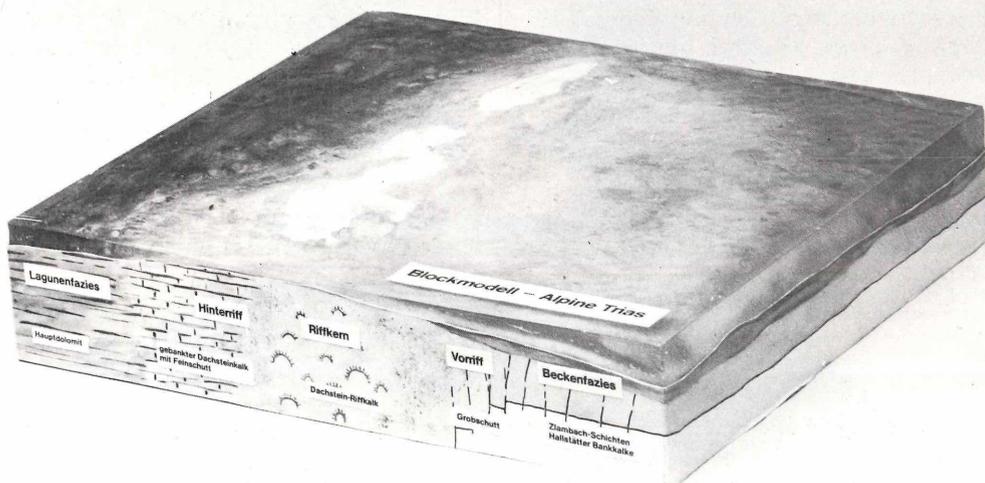
PILKEY, O.H. & GOODELL, H.G.: Trace elements in recent mollusk shells. – Limnology and Oceanography **8/2**, 137–148, 8 Abb., 3 Tab., New York 1963.

SORAU, J.E.: Biomineralization, structure, and diagenesis of the coelenterate skeleton. – Acta Palaeontologica Polonica **25/3–4**, 327–343, 3 Abb., Taf. 13–17, Warszawa 1980.

SWART, P.K. & HUBBARD, J.A.E.B.: Uranium in scleractinian coral skeletons. – Coral Reefs **1/1**, 13–19, 3 Abb., 2 Tab., Heidelberg 1982.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wolf-Christian Dullo
Institut für Paläontologie
Loewenichstr. 28
D-8520 Erlangen



R. Michaelis hat ein anschauliches Modell eines Riffs aus der alpinen Trias geschaffen. Deutlich setzt sich der Riffkern vom Vor- und Hinterriff ab. In glasklarem Kunststoff lassen sich auch Becken- und Lagunenfazies gut unterscheiden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [1982](#)

Autor(en)/Author(s): Dullo Wolf-Christian

Artikel/Article: [Zur Diagnose aragomtischer Strukturen am Beispiel rezenter und pleistozäner Korallenriffe des Roten Meeres 109-115](#)