

N. Jb. Geol. Paläont. Mh.	1985, H. 6	321-328	Stuttgart, Juni 1985
---------------------------	------------	---------	----------------------

## Biogene Schalenumwandlung an subfossilen, pelagischen Gastropoden des Roten Meeres

Biogenic shell replacement in subrecent pelagic gastropods of the Red Sea

By Klaus Bandel, Hamburg, und Wolf-Christian Dullo, Erlangen

Mit 8 Abbildungen im Text

BANDEL, K. & DULLO, W.-CH. (1985): Biogene Schalenumwandlung an subfossilen, pelagischen Gastropoden des Roten Meeres. [Biogenic shell replacement in subrecent pelagic gastropods of the Red Sea.] - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1985 (6): 321-328; Stuttgart.

**Abstract:** Under normal marine conditions, aragonitic mollusc shells may become totally altered by endolithic microorganisms. In this process the original structure of the shell is being destroyed and replaced by a different structure, while the original shell surface remains little affected. New patterns may be impressed, however, on the steinkern by erosion, reflecting the endolithic borings. As diagenesis goes on, structures similar to those produced by inorganic diagenesis arise, but in general the organic diagenesis facilitates replacement by different minerals.

**Key words:** Gastropoda, Holocene, shell, aragonite, diagenesis, biogenic effects; Red Sea.

**Zusammenfassung:** Unter normalmarinen Bedingungen können aragonitische Schalen durch Einwirkung endolithischer Mikroorganismen total verändert werden. Hierbei wird die ursprüngliche Struktur der Schale zerstört und an ihre Stelle eine neue gesetzt. Die ursprüngliche Oberfläche der Schale kann hingegen ohne wesentliche Veränderung erhalten bleiben. Durch Erosion kann auf dem Steinkern jedoch ein völlig neues Muster entstehen, welches die Bohrgänge nachzeichnet. Bei der weiteren Diagenese können wieder Strukturen auftreten, die denen einer anorganischen Diagenese entsprechen. Ebenso ist ein allochemischer Austausch der Schalensubstanz durch die biogene Diagenese erleichtert.

### Einleitung

Molluskenschalen sind in lithifizierten Proben nicht in ihrer ursprünglichen Struktur überliefert. Dies gilt ganz besonders für aragonitschalige Formen, die

die Mehrzahl der Molluskenfauna darstellen. In der Regel geht man davon aus, daß sich eine Umwandlung der aragonitischen Schale in eine kalzitische Schale der fossilen Mollusken während der Lithifizierung vollzieht. Dieser Vorgang der Diagenese trennt sich in neomorphe Umbildungen und Umkristallisationen über ein Hohlraumstadium. Im ersteren Fall tritt praktisch kein Hohlraum auf, und es entstehen neue, kalzitische Strukturen, die teilweise optische Kristallorientierungen der ursprünglichen Struktur nachzeichnen (DULLO 1983). Im zweiten Fall löst sich die Aragonitschale im lithifizierten Gestein auf, und der so entstandene Hohlraum kann wieder durch Karbonatzemente verfüllt werden. Beide Diageneseerscheinungen werden in der Regel bei der mikrofaziellen Ausdeutung herangezogen (FLÜGEL 1982).

Die auf der letzten Sonnefahrt (29) heraufgeholtten Proben aus dem Shaban Tief im Roten Meer (26° 14,5'N 35° 20,7'E) aus einer Tiefe von -1500 m beinhalten zahlreiche Mollusken mit einer deutlichen Dominanz pelagischer Gastropoden. Es handelt sich um folgende Arten: *Creseis virgula virgula*, *C. v. conica*, *C. acicula*, *Clio pyramidata convexa*, *Cavolinia uncinata*, *C. inflexa*, *Peraclis reticulata*, *Limacina inflata*, *Diacria quadridentata crassa*, *Hyalocyclix striata* und *Atlanta inclinata*.

Bei allen Arten ist makroskopisch eine unterschiedliche Färbung der Schalen zu beobachten. Ganz frische Gehäuse sind glasartig durchsichtig. Dies liegt daran, daß sie sehr dicht gebaut und dünnchalig sind. Die Schalenbausteine bestehen hierbei aus kleinsten, aragonitischen Elementen, die jedes für sich von einer organischen Schalenschicht umgeben sind (BANDEL & HEMLEBEN 1974; BANDEL 1979). Die Struktur der Pteropoden und Heteropoden ist bekannt. Es

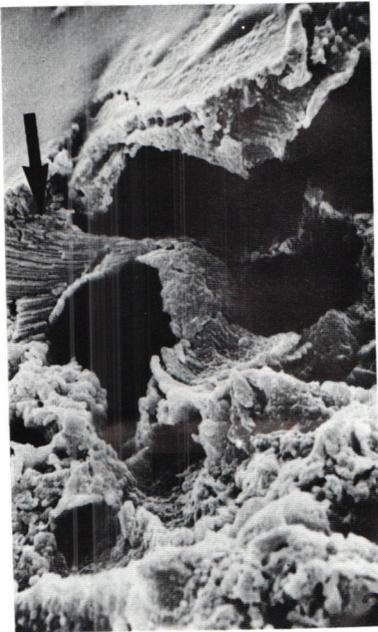
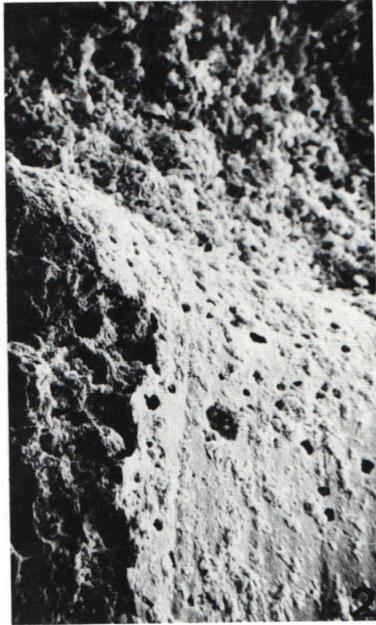
---

Abb. 1-4

- 1: Geringfügig angebohrte Schale von *Diacria*; × 420.
- 2: Stark angebohrte Schale von *Diacria*; × 420.
- 3: Die quergebroschene Schale von *Clio* zeigt nur noch geringe Spuren der originalen, aragonitischen Schale (Pfeil); × 1680.
- 4: Total zerbohrte Schale von *Diacria* mit Eisen- und Mangansulfidfüllungen (Pfeile); × 1600.

Figs. 1-4

- 1: Shell of *Diacria* with few borings; × 420.
- 2: Shell of *Diacria* strongly bored; × 420.
- 3: Only few traces of the original aragonitic shell (arrow) have been left over by boring organisms. *Clio*; × 1680.
- 4: The boreholes in the completely bored shell of *Diacria* have partly been filled by iron and manganese sulfides (arrows); × 1600.



handelt sich um Abwandlungen der aragonitischen Kreuzlamelle (BANDEL 1977).

Ältere Gehäuse sind undurchsichtig weiß. Die am stärksten veränderten sind braun und besitzen in der Regel einen lithifizierten Steinkern. Unter den aufgeführten Arten tritt *Hyalocyclus striata* nur in der dritten Modifikation auf. ALMOGI-LABIN & REISS (1977) wiesen darauf hin, daß diese Art in der heutigen, lebenden Pteropodenfauna des Roten Meeres nicht mehr vorhanden ist.

Der Frage nachgehend, auf welche Ursachen die unterschiedlichen Überlieferungsstadien der Schalen zurückzuführen seien, ergaben sich die im folgenden dargestellten Zusammenhänge.

### Ergebnisse

Von der Oberfläche aus gesehen sind weiße Formen von ganz frischen Schalen im REM kaum zu unterscheiden (Fig. 1). Das einzige, was hinzutritt, sind feine Löcher mit einem Durchmesser von 2–5  $\mu\text{m}$ . In braunen Gehäusen mit wenig korrodierter Schalenoberfläche sind derartige Löcher immer vorhanden. Die Oberflächenstrukturen wie Rippen, Falten und Anwachsstreifen bleiben aber vollständig erhalten (Fig. 2).

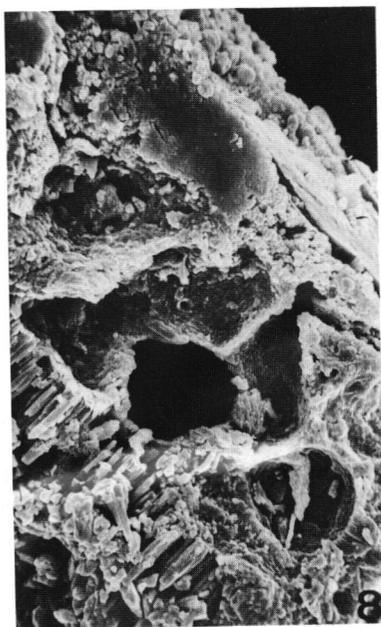
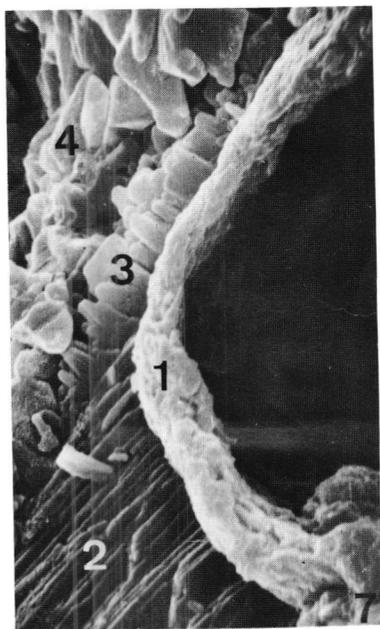
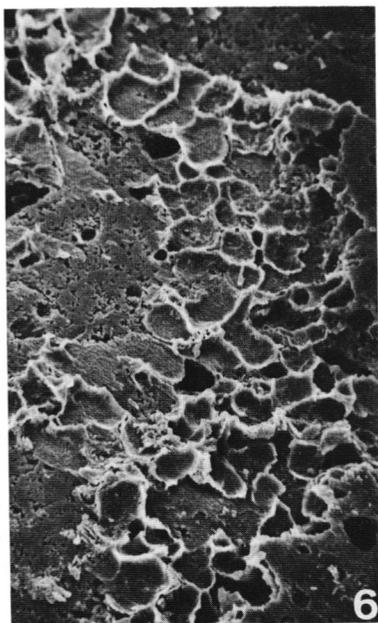
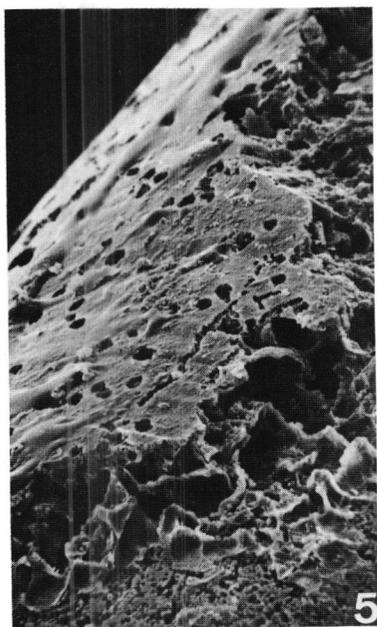
Betrachtet man dagegen aufgebrochene Schalen, so erkennt man, daß hier die Veränderung der ursprünglichen Schale viel stärker ist. Die winzigen Löcher der Oberfläche erweitern sich im Schaleninnern zu einem Netzwerk von Hohlräumen. Bei vielen weißen bis hellbraunen Schalen ist noch eine gewisse Menge

#### Abb. 5–8

- 5: Die Oberfläche einer sehr stark zerbohrten *Clio*-Schale bleibt im wesentlichen erhalten;  $\times 420$ .  
 6: Wird die zerbohrte Schale abgetragen, so verbleibt ein polygonales Netzwerk auf dem Steinkern. *Clio*;  $\times 420$ .  
 7: Detail eines Bohrganges aus der Schale von *Limacina*. 1 – Bohrlochwand, 2 – originale Schalenstruktur, 3 – Zement auf der Innenseite der Schale gegen den Steinkern; 4 – Steinkern;  $\times 4600$ .  
 8: Die total zerbohrte Schale von *Diacria* zeigt auf ihrer Innenseite einen unzerbohrten, prismatischen Zement;  $\times 1700$ .

#### Figs. 5–8

- 5: Boring affects the outer surface of the shell very little. *Clio*;  $\times 420$ .  
 6: The steinkern is covered by a polygonal meshwork when the bored shell is eroded. *Clio*;  $\times 420$ .  
 7: Detail of the borehole in the shell of *Limacina*. 1 – wall of the boring, 2 – original pteropod shell, 3 – cement on the inner surface of the shell, 4 – steinkern;  $\times 4600$ .  
 8: A non-bored prismatic cement covers the totally bored shell of *Diacria*;  $\times 1700$ .



der ursprünglichen Schalensubstanz zwischen den Hohlräumen stehengeblieben (Fig. 3); bei den stark veränderten Formen sind nur noch Spuren der primären Schalensubstanz erhalten (Fig. 4). Die ursprüngliche, massive Schale besteht nun aus einer hauchdünnen (3–5  $\mu\text{m}$ ), zusammenhängenden Oberfläche und einem schwammähnlichen Schalenersatz. Dieser ist durch unregelmäßig verlaufende Bohrgänge von 5–15  $\mu\text{m}$  Breite entstanden, die eine eigene Wand besitzen (Fig. 3,7). Es ließ sich nicht klar ermitteln, ob diese Wand mineralische Substanzen enthält. Das Muster und die Dimension dieser Bohrgänge sind vergleichbar mit dem Typ 2 von HOOK et al. 1984, dessen Erzeuger unbekannt ist.

Der Kontakt der Bohrgangwände zum Steinkern kann unvermittelt sein (Fig. 4,5). Es kann sich aber auch eine prismatische Schicht dazwischen schieben (Fig. 7,8). Die etwas unregelmäßige Ausbildung der Prismenschicht zeigt, daß es sich nicht um eine von der Schnecke gebildete Struktur handelt, sondern um einen Zement, der vor der Steinkernverfüllung gewachsen ist. Bei Erosion der veränderten Schale tritt ein Muster zutage, welches ausschließlich vom Bohrorganismus geprägt wurde (Fig. 6).

Die braune Färbung beruht weniger auf der Dichte der Bohrgänge, als vielmehr auf deren Verfüllung durch Eisen- und Mangansulfide, die mittels energiedispersiver Elementanalyse nachgewiesen wurden. Die Färbung der Pteropodenschalen ergibt sich somit aus:

- der Originalstruktur: transparent
- der Zerbohrung: opak – weiß
- Mineraleinlagerungen: braun.

### Verlauf und Bedeutung der biogenen Diagenese in aragonitischen Schalen

Aus der Darstellung der Ergebnisse wird ersichtlich, daß im Falle der Tiefseeablagerungen des Roten Meeres die ursprünglich dichte und aragonitische Schale pelagischer Gastropoden noch vor der eigentlichen Gesteinslithifizierung total verändert wird. Bohrlöcher in Pteropodenschalen aus 2300 m Tiefe des Mittelmeeres wurden bereits von RIOULT & DANGEARD (1967) beschrieben. Endolithische Organismen, wahrscheinlich Pilze, besiedeln die auf dem Meeresgrund liegenden Gastropodenschalen und durchsetzen sie vollständig. Es ist dies ein Fall der »Biologischen Mühle« im Sinne SCHNEIDERS (1976) und TORUNSKIS (1979).

Es handelt sich dabei nicht um vollständige »micritic envelopes« im Sinne von BATHURST (1966), vielmehr ist lediglich die erste Stufe erreicht, in der die Schale von einem dichten Netzwerk von Tunneln durchzogen wird. Die Besonderheit dieser biogenen Diagenese besteht darin, daß die endolithischen Organismen die Schalenoberfläche kaum verändern. Dies wurde von den bisherigen Bearbeitern (ALEXANDERSON 1972, GOLUBIĆ et al. 1975, MAY & PERKINS 1979, ZEFF & PERKINS 1979) nicht berücksichtigt.

Neben der Umwandlung aragonitischer Schalen durch anorganische Prozesse (im wesentlichen Süßwasserdiagenese [LONGMAN 1980]) gibt es auch organische Vorgänge, die zu einer totalen Umwandlung aragonitischer Schalen führen. Hierbei wird die ursprüngliche Struktur vollständig zerstört, und an ihre Stelle tritt etwas völlig anderes. Zum einen verändert sich die Dichte, zum anderen wohl auch die Zusammensetzung. Bei einem weiteren Diageneseverlauf kann man sich vorstellen, was aus einer derartig porösen Struktur werden kann:

- Ausfüllung der Hohlräume durch allochemische Minerale wie Oxide, Sulfide, Silikate oder Phosphate (ALEXANDERSON 1972). In unserem Falle wurden Eisen- und Mangansulfide (Fig. 4) nachgewiesen.
- Ausfüllung der Bohrgänge in Form karbonatischer Zemente, die nicht nur auf flachmarine Bereiche beschränkt sind (BATHURST 1966, LONGMAN 1980), sondern auch im tieferen Wasser auftreten können (HOOK et al. 1984). Ebenso kann eine Ausfüllung durch feinkörniges Sediment auftreten.

Obwohl die Schalensubstanz sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Struktur dabei völlig ändert, besteht für die Schalenaußenoberfläche mit feinsten Anwachsstreifen und Skulpturen ein großes Überlieferungspotential.

### Dank

Die Untersuchung wurde durch die vom BMFT finanzierte Forschungsfahrt 29 der SONNE (Projekt R 341) ins Rote Meer ermöglicht, die unter der Federführung des Instituts für Petrographie und Geochemie Karlsruhe (Prof. Dr. H. PUCHELT) stand. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Du 129-1) danken wir für finanzielle Unterstützung.

### Literatur

- ALEXANDERSON, T. (1972): Micritization of carbonate particles: process of precipitation and dissolution in modern shallow-marine sediments. - *Geol. Inst. Uppsala Bull. N.S.*, 3: 201-236; Uppsala.
- (1974): Carbonate cementation in coralline algal nodules in the Skagerrak, North Sea: biochemical precipitation in undersaturated waters. - *J. sedim. Petrol.*, 44: 7-26; Tulsa.
- ALMOGI-LABIN, A. & REISS, Z. (1977): Quarternary pteropods from Israel. 1. Holocene and Pleistocene pteropods from the Mediterranean continental shelf and slope of Israel. 2. Pteropods from Recent sediments in the Gulf of Elat. - *Rev. Española Micropaleont.*, 9: 5-48; Madrid.
- BANDEL, K. (1977): Die Herausbildung der Schraubenschicht bei Pteropoden. - *Biomineralisation*, 9: 73-85; Mainz.
- (1979): Übergänge von einfachen Strukturtypen zur Kreuzlamellenstruktur bei Gastropoden. - *Biomineralisation*, 10: 9-38; Mainz.
- BANDEL, K. & HEMLEBEN, C. (1975): Anorganisches Kristallwachstum bei lebenden Mollusken. - *Paläont. Z.*, 49: 293-320; Stuttgart.
- BATHURST, R. G. C. (1966): Boring algae, micritic envelopes and lithification of molluscan biosparites. - *Geol. J.*, 5: 15-32; Liverpool.

- DULLO, W. (1983): Fossildiagenese im miozänen Leithakalk der Paratethys von Österreich: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. – *Facies*, **8**: 1–112; Erlangen.
- FLÜGEL, E. (1982): *Microfacies analysis of limestones*. – 633 S., Springer, Berlin–Heidelberg–New York.
- GOLUBIĆ, S.; PERKINS, R. D. & LUKAS, K. J. (1975): Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. – In: FREY, R. W. (ed.): *The Study of Trace Fossils*: 229–259; New York.
- HOOK, J. E.; GOLUBIĆ, S. & MILLIMAN, J. D. (1984): Micritic cement in microborings is not necessarily a shallow-water indicator. – *J. sedim. Petrol.*, **54**: 425–431; Tulsa.
- LONGMAN, M. W. (1980): Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments. – *Amer. Ass. Petrol. Bull.*, **64**: 461–487; Tulsa.
- MAY, J. A. & PERKINS, R. D. (1979): Endolithic infestation of carbonate substrates below the sediment-water interface. – *J. sedim. Petrol.*, **49**: 357–378; Tulsa.
- RIOULT, M. & DANGEARD, L. (1967): Importance des cryptogames perforantes marines en géologie. – *Le Botaniste*, **50**: 389–413; Paris.
- SCHNEIDER, J. (1976): Biological and inorganic factors in the destruction of limestone coasts. – *Contrib. to Sedimentology*, **6**, 112 S.; Stuttgart.
- TORUNSKI, H. (1979): Biological erosion and its significance for the morphogenesis of limestone coasts and for nearshore sedimentation (Northern Adriatic). – *Senck. marit.*, **11**: 193–265; Frankfurt.
- ZEFF, M. L. & PERKINS, R. D. (1979): Microbial alteration of Bahamian deep-sea carbonates. – *Sedimentology*, **26**: 175–202; Oxford.

Bei der Tübinger Schriftleitung eingegangen am 20. August 1984.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. KLAUS BANDEL, Geologisch-Paläontologisches Institut, Bundesstr. 55, D-2000 Hamburg 12; Dr. WOLF-CHRISTIAN DULLO, Institut für Paläontologie, Loewenichstr. 28, D-8520 Erlangen.