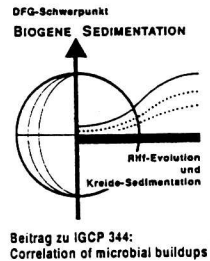


Mikrobialith-Porifera Fazies eines Exogyren/Korallen Patchreefs des Oberen Korallenooliths im Steinbruch Langenberg bei Oker (Niedersachsen)

Joachim REITNER

unter Mitarbeit von Gabriele BÖTTCHER, Johannes BRÜNING,
Björn KRÜGER, Jörg MAURER, Kurt OPPERMANN und Arnim OTTO



Mikrobialith-Porifera Fazies eines Exogyren/Korallen Patchreefs des Oberen Korallenooliths im Steinbruch Langenberg bei Oker (Niedersachsen).- Joachim REITNER, unter Mitarbeit von Gabriele BÖTTCHER, Johannes BRÜNING, Björn KRÜGER, Jörg MAURER, Kurt OPPERMANN und Arnim OTTO, Berliner geowiss. Abh. (E) 13: 397-417; Berlin.

Zusammenfassung: Im oberen Korallenoolith (Oxford-Kimmeridge) von Oker entwickelten sich kleine lagunäre Riffe, deren Gerüst aus Exogyren, Serpeln und großen einzelnen Korallenstöcken gebildet wurde. Die umgebende Fazies besteht aus stabilen Weichböden mit reicher Molluskenfauna (Nerineen, Lamellibranchiata). Gerüstbildende Algen werden nicht beobachtet. Dasycladaceen sind selten. In Zwickeln, Kleinhöhlen und leeren Exogyren-Schalen siedelte sich eine diverse Poriferen-Fauna an, die von tetractinelliden Demospongiae dominiert wird. Durch Umwandlung von Teilen des Schwammgewebes in Automikrit kam es zu einer *in situ* Erhaltung vieler Porifera-Skelette (bakterielle Ammonifikation). Neben diesen autigenen Mikritbildungen spielen weitere stromatolithische und thrombolithische Mikrobialithe bei der Stabilisierung der lagunären Patchreefs eine erhebliche Rolle.

Abstract: In the uppermost facies of the Oxfordian/Kimmeridgian "Korallenoolith" of Oker small lagoonal patchreefs are present. They are constructed of exogyrid oysters, serpulids, and large single scleractinians. Framebuilding algae are absent. The surrounding sediments were stable soft bottoms with large numbers of nerineid gastropods and semi-infaunal bivalves. Dasycladacean algae are rarely present. Within small caves, empty conches of exogyrids, and inter biogene spaces settled a large number of cryptic sponges (mainly tetractinellid demosponges). Caused by bacterial ammonification part of the sponge soft tissues were altered in automicrite. Therefore the sponge skeletons exhibit more or less their entire shapes. Beside this type of automicrite stromatolitic and thrombolitic microbialites play an important role in stabilizing the patchreef frame.

Adresse des Autors und Mitarbeiter: Institut für Paläontologie der Freien Universität Berlin, Malteser Str. 74-100, Haus D, 12249 Berlin

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist Ergebnis einer Lehrveranstaltung "Faziesmodelle flachmariner, riffartiger Environments, Mikrofazies 3", die im SS 1993 und WS 1993/94 am Institut für Paläontologie der Freien Universität Berlin abgehalten wurde. Ziel dieser Lehrveranstaltung war es, über Geländearbeit, Laborauswertung, Literaturarbeit und graphische Darstellungen eine wissenschaftliche Arbeit bis zur Publikationsreife zu bringen. Das Engagement der beteiligten Studenten und die erreichte

Zielsetzung hat gezeigt, daß dieses Experiment gelungen ist. Diese Art der Ausbildung sollte in Zukunft verstärkt Eingang finden in die fortgeschrittene Ausbildung von Studenten der Geologie/Paläontologie.

Der Langenberg bei Oker war und ist traditionell Ziel vieler studentischer Exkursionen und wissenschaftlicher Arbeiten. Die "Rohstoffbetriebe Oker" bauen dort Kalke u.a. für die Zementherstellung und Brandkalk ab. Die Jura-Schichtfolge am Langenberg liegt überkippt, so daß große Flächen

von Schichtunterseiten aufgeschlossen sind, die einen hervorragenden Einblick in das Sedimentationsgeschehen und paläologische Phänomene erlauben. Das Juraprofil wird diskordant von Unterkreide überlagert. In neuerer Zeit sind eine Reihe unterschiedlichster geologischer und paläontologischer Untersuchungen am Langenberg durchgeführt worden. Hervorzuheben sind vor allem die Aktivitäten der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. R. FISCHER (Inst. Geol. Paläont., Univ. Hannover), die mit einer Vielzahl von Examensarbeiten die Jura-Schichtfolge bearbeiten.

Das Profil des Steinbruchs ist von PAPE (1970) und ZIHRUL (1990) stratigraphisch und lithologisch ausführlich beschrieben worden. Für die vorliegende Arbeit sind vor allem die Arbeiten von DENGLER 1954 und DENGLER & SIMON 1969 von Interesse, die sich mit den Korallenoolith dieser Grube beschäftigen.

Arbeiten zur Paläontologie und eine detaillierte moderne Faziesanalyse des Korallenoolith ist bis *dato* nicht gemacht worden.

Die vorliegende Detailstudie über die Porifera-Fauna und Mikrobialithe eines kleinen Patchreef wird als ein Beitrag zu einer modernen Karbonatfaziesanalyse verstanden. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Bedeutung von Porifera und Automikritbildungen auch für kleine lagunäre Riffbildungen aufzuzeigen. Die aufgefundenen Phänomene werden mit Beobachtungen in rezenten Vorkommen verglichen.

2. Material, Lokalitäten und Methoden

Das untersuchte Patchreef (Patchreef 2, Abb.1) befindet sich am NE-Rand der oberen Sohle (Sohle 1) des Steinbruchs Langenberg, Rohstoffwerke Oker (Blatt Vienenburg 4029; R 4396750; H 5752900-5753100) (Abb.1). Weitere Vorkommen sind im Bereich der Zwischensohle aufgeschlossen (Patchreef 1).

Patchreef 2 wurde im Detail kartiert und vermessen. Aus allen kartierten Fazieszonen wurden repräsentativ orientiert Proben entnommen. Die im Gelände erkennbaren Makrofossilien wurden kartographisch und photographisch erfaßt, um ihre Verbreitung und mögliche Biozönosen zu erfassen.

Von 40 Proben wurden große Dünnschliffe hergestellt (7 x 9 und 10 x 15cm). Ein Teil der Dünnschliffe wurde mit einer Lösung aus Kaliumhexacyanoferrat III und Alizarin S angefärbt um verschiedene Karbonatminerale zu erkennen. Mit dieser Technik lassen sich sehr gut kalzifizierte Porifera-Skelette erkennen, die im Gegensatz zu anderen Komponenten oft in Fe-Kalzit umgewandelt sind, sich mit der Färbetechnik blau oder bläulich anfärben lassen.

Die rezenten Proben stammen aus Riffhöhlen der Lizard Island Inselgruppe im Großen Barriereriff (Australien). Diese wurden klassisch biologisch fixiert, mit histologischen Methoden gefärbt und mit einem Hartteilmikrotom geschnitten (Ausführliche Beschreibung der Methoden in REITNER 1993).

3. Stratigraphie

Das untersuchte Patchreef gehört in den oberen Abschnitt des Korallenoolith. Diese Übergangszone ist charakterisiert durch einen rapiden Rückgang des Karbonatgehaltes und einer Zunahme von tonigen Einschaltungen. Die eingeschalteten Bänke zeigen aber immer noch einen erheblichen Anteil an Ooiden und kleinen Onkoiden, wie sie typisch sind für die liegenden Sandbarren des eigentlichen Korallenooliths. Ein Teil der Ooide ist aufgearbeitet, aber nicht alle. Die Patchreef-Zone gehört unseres Erachtens noch in das Faziesinventar des Korallenooliths. Von FISCHER (1991) wird dieser Bereich (seine Banknummern 24-37) als Oberer Korallenoolith bezeichnet und zeitlich dem unteren Kimmeridgium zugeordnet, allerdings mit großen Zweifeln. An der Basis der Patchreef-führenden Bank wurde ein Ammonit gefunden, der als *Lithacoceras cf. subachilles* bestimmt wurde (FISCHER 1991). Faziell und biofaziell hat dieser Bereich allerdings noch starke Anklänge an das Oxfordium (Korallenoolith s.str.) (Abb.2)

4. Patchreef 2

4. 1. Beschreibung der Biofazies-Zonen

Das untersuchte Patchreef 2 liegt an der NE-Ecke der Sohle 1 und ist ca. zur Hälfte erhalten. Der westliche Teil fehlt. Das fladenartige Riff hat eine Ausdehnung von ca. 2x4 Meter und ist in seinem Zentrum ca. 40cm mächtig. Durch die überkippte Lagerung ist die Unterseite der flachen Riffscheibe aufgeschlossen, so daß der initiale Riffkern aufgeschlossen ist. Die Riffscheibe ist in ein mergeliges Sediment eingebettet (Abb.3, 4; Taf.1, Abb.1).

4. 1. 1. *Nerineal/Mytiloides* Zone (Abb.3, 4)

Die Randzone der Riffscheibe wird von einem stabilen Weichboden-Sediment gebildet, dessen Karbonatgehalt zum eigentlichen Riff hin zunimmt, in Abb.3 durch eine Zunahme der Rasterung angedeutet. In dieser Zone befinden sich typische Weichbodenbewohner. *Thalassinoides*-Bauten sind häufig und haben alle möglichen Sedimentstrukturen zerstört. Als kennzeichnende autochthone Organismen finden sich hier häufig

Steinbruch Langenberg

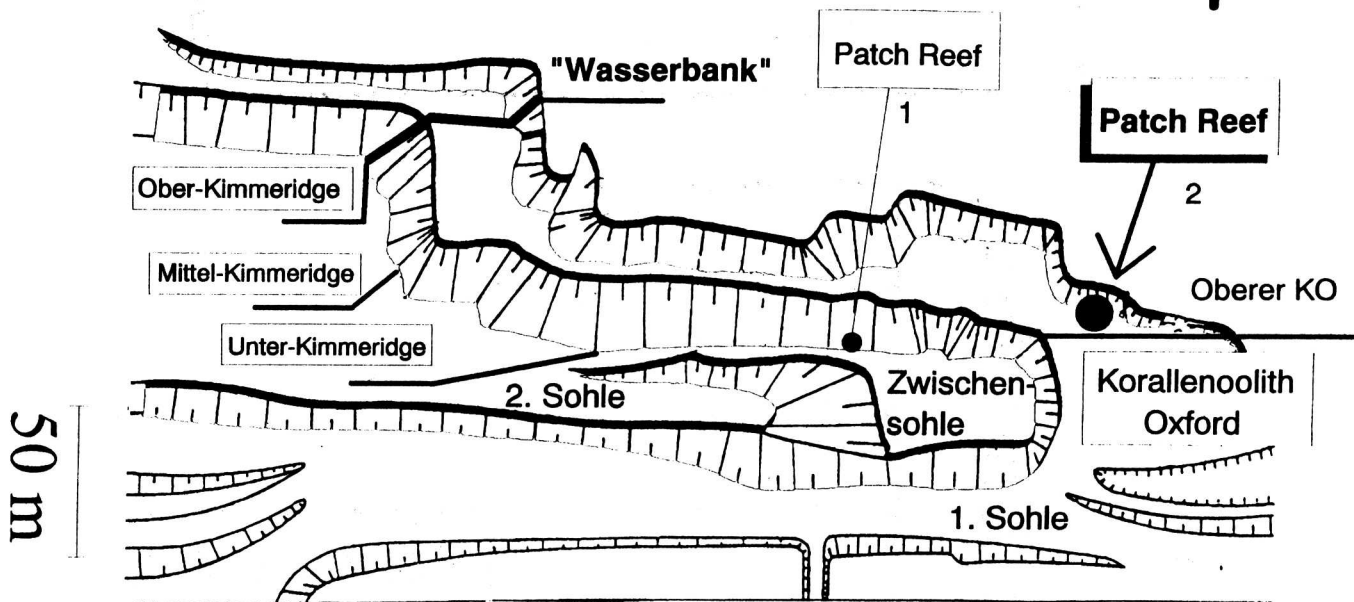


Fig.1 Vereinfachte Lageskizze des Steinbruchs Langenberg bei Oker (verändert nach R.Fischer 1991) (KO = Korallenoolith)

kleine *Nerinea* sp. (cf. *visurgis*) und große inoceramide Muscheln (aufgrund prismatischen Kalzitschalen), die vermutlich zur Formengruppe *Mytiloides* gehören. Selten sind große dickschalige prismatische Kalzitschalen der Muschel *Trichites* sp.. Beide Muscheltypen sind vermutlich Formen, die teilweise im Sediment steckten und mit Byssusfäden eine zusätzliche Stabilität erzeugten. Gelegentlich häufig sind Reste regulärer Echiniden (*Paracidaris* sp.). Mikrofaziell handelt es sich um Packstones bis Floatstones. Die Komponenten sind erheblich unsortiert. Eine quantitative Auswertung (Abb. 5) der Komponenten ergab eine Dominanz von Ooiden und kleinen Onkoiden, die als "coated grains" bezeichnet wurden. Die Ooide sind mit Sicherheit allochthon, allerdings nicht sehr weit transportiert. Nur ca. 10% zeigen deutliche Erosionsspuren. Die "coated grains" sind unseres Erachtens weitgehend autochthon. Die stromatolithischen Strukturen zeigen erhebliche Übereinstimmungen mit den Mikrobialithen der Korallen/Serpel-Zone.

4. 1. 2. *Exogyra* Zone (Abb.3, 4)

Die Auster Zone löst die Weichboden Zone horizontal ab. Der Kalkgehalt nimmt erheblich zu und die Struktur ist stabil. Es zeigen sich keine *Thalassinoides*-Bauten mehr. Allerdings gibt es noch *Mytiloides* und *Trichites* (Taf.1, Abb.5), so daß die

karbonatischen Sedimente längere Zeit weich gewesen sein mußten. Die Grabaktivitäten wurden durch die Prominenz rigider Austerkolonien weitgehend unterbunden. Die Auster (*Exogyra*) sind zu kleinen knollenförmigen Strukturen zusammengewachsen und bilden kleine Riffe. Serpeln treten vereinzelt auf. Spongien und Mikrobialithe (sensu BURNE & MOORE 1987) kommen vor, sind aber noch kein kennzeichnendes Strukturelement. Mikrofaziell handelt es sich um Floatstones und Boundstones mit gelegentlich häufigen Pellet-Strukturen (Abb.6). Ooide sind immer noch ein wichtiges Element allerdings nicht mehr so häufig wie in *Nerineal/Mytiloides* Zone. Nicht näher bestimmbare Gastropoden treten häufiger auf. Brachiopoden sind durch wenige Theciiden und terebratellide Formen (*Zeilleria*) vertreten.

4. 1. 3. Korallen/Serpel Zone (Abb.3, 4)

Die *Exogyra* Zone wird abgelöst von der **Korallen/Serpel Zone**, die, neben immer noch häufigen *Exogyren*, charakterisiert wird durch häufige Serpel-Kolonien ("*Glomerula*"-Kolonien), die das *Exogyren* Gerüst zusätzlich stabilisieren. Im Kern der Struktur befinden sich große Kolonien (10-40cm Durchmesser) von *Allocoenia* sp. einer dick-

Korallenoolith

Top Fazies

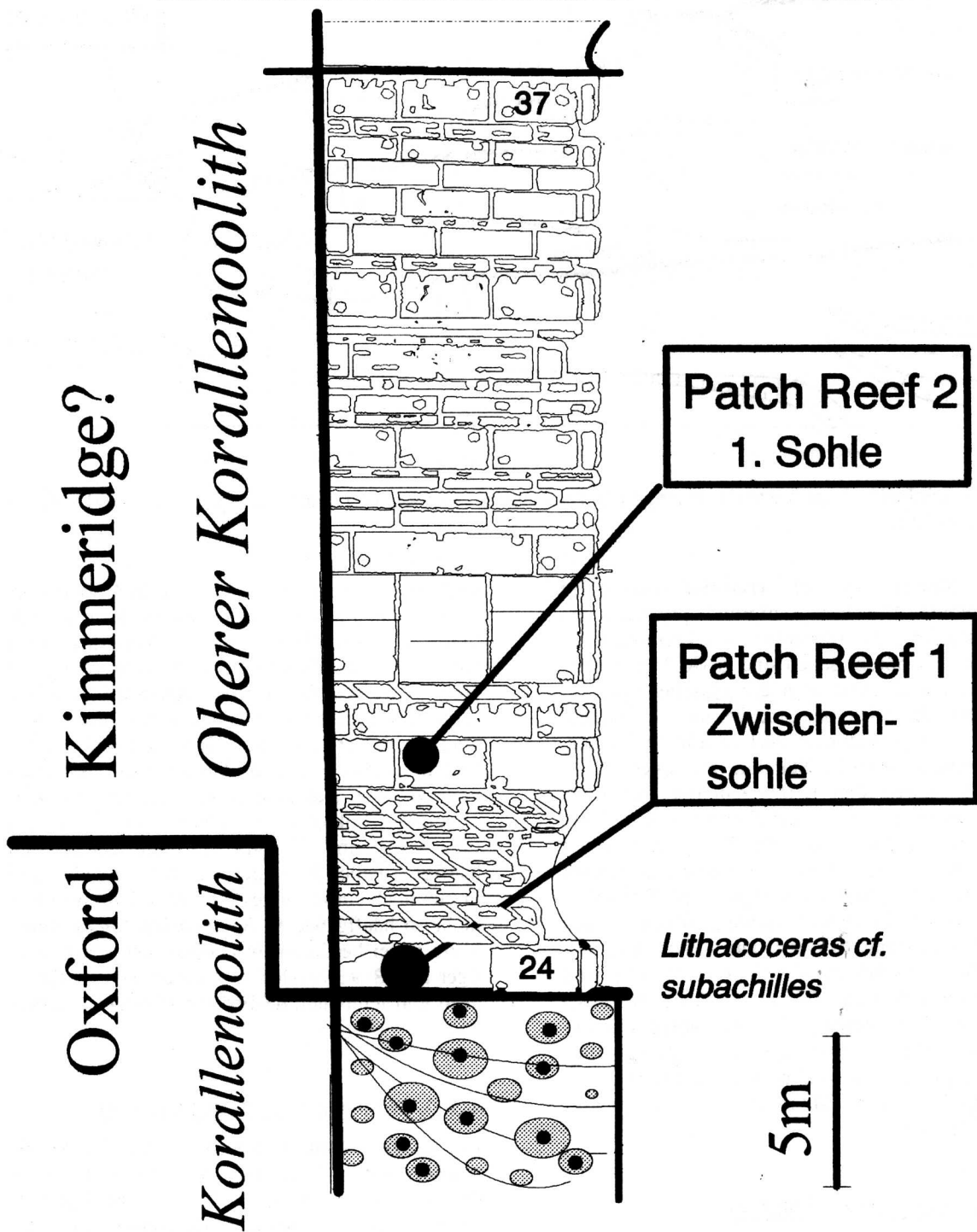


Fig.2 Profilabschnitt des oberen Korallenoolith mit lagunären Exogyren/Serpel Patch Reefs (Banknummern nach Fischer 1991)

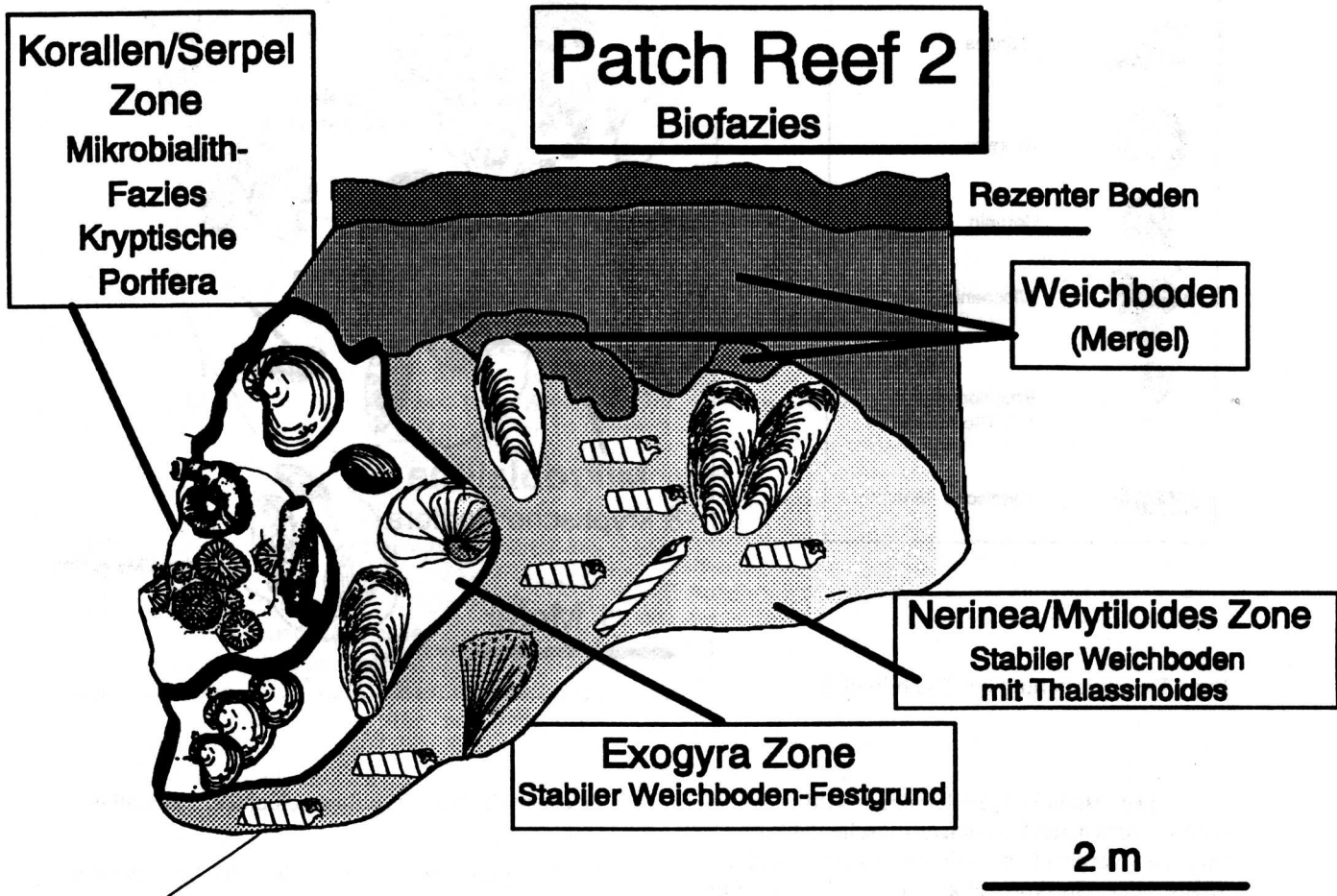


Fig.3 Biofazies-Karte des Patch Reef 2 auf der 1. Sohle

krustigen *Scleractina* Form (Taf.1, Abb.3, 4). Diese Korallen liegen dem stabilen Weichboden der **Exogyra Zone** auf und können als initialer Kern des Patchreefs interpretiert werden. FISCHER (1991) hat am Patchreef 1 beobachtet, daß eine *Nautilus*-Schale den Kern des Riffs bildet. Mikrofazial handelt es sich überwiegend um einen Boundstone.

Ooide sind nur noch vereinzelt zu finden. Gelegentlich gibt es Foraminiferen der *Lenticulina*-Gruppe. In den geschützten Bereichen dieser Zone sind Porifera (überwiegend Kieselschwämme) häufig, die sich noch in ihrer ursprünglichen Lebensstellung befinden (vgl. Tafel 3).

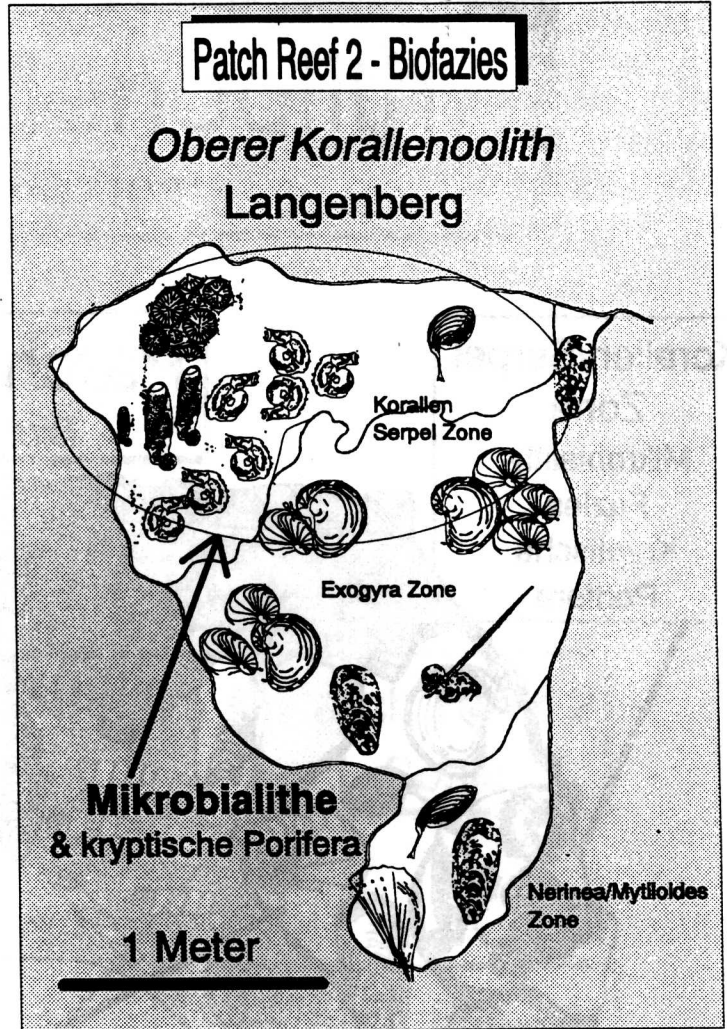
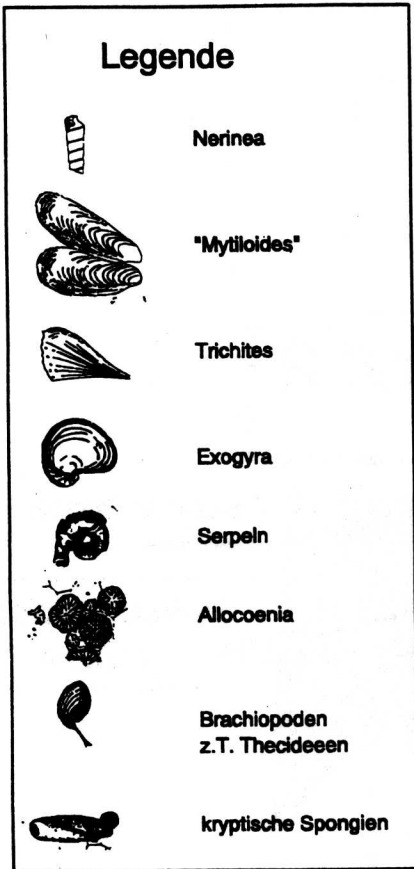


Fig.4 Detailkartierung des Patch Reef 2

Der Boundstone-Charakter wird verstärkt durch überwiegend stromatolithische Mikrobialithe, die vergleichbar mit modernen corallinen Algen, der Struktur eine zusätzliche Stabilität geben (Taf.1, Abb.7, Taf.2, Abb. 2; Taf.4, Abb.6, 8) Der gesamte Bereich dieser Zone wird durch sog. Automikrite dominiert.

5. Automikrite

5. 1. Grundlagen der Automikrit Bildung (Matrizen-Theorie)

Automikrite sind mikrokristalline Kalke (1-3 μ m Korngröße) (FOLK 1959), die *in situ* gebildet werden (WOLF 1965, FLÜGEL 1982) und keinen detritischen Charakter aufweisen, wie die Allomikrite. Die Automikritbildung kann grundsätzlich auf drei Arten erfolgen:

1. gesteuert über phototrophe Organismen, wie Algen und Cyanobakterien,
2. über hetero- und chemolithotrophe Mikroben, wie z.B. Bakterien und Pilze, deren äußere Poly-

saccharid-reiche Membranschichten verkalken, und

3. über freie, nicht unmittelbar an Organismen gebundene organische Makromoleküle (REITNER et al.1994, NEUWEILER & REITNER 1993). Diese spezielle Art der Mineralisation wird auch als "matrix mediated" bezeichnet (WEINER et al. 1983, LOWENSTAM & WEINER 1989).

Der steuernde Prozess der Automikritbildung liegt im Vorhandensein von großen organischen Molekülen (Proteine und Zucker), die als Nukleierungsmatrizen fungieren (ADDADI & WEINER 1985, 1989, 1992; REITNER 1993, REITNER et al. 1994). Man versteht unter diesen Makromolekülen normalerweise polyanionische Polymere (Polypeptide) mit abgehenden Ketten von kleineren Molekülen wie Aminosäuren und/oder Zucker. Sie sind in der Regel in Faltblatt-artigen Sekundärstrukturen (β -sheets) organisiert, die molekulare Einzellagen darstellen ("monolayers").

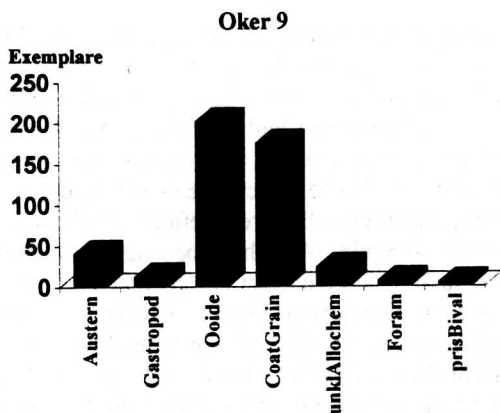


Fig. 5 Komponentenanalyse der *Nerinea* - *Mytiloides*-Zone

Diese Sekundärstrukturen benötigen allerdings eine neutrale Basisfläche, auf der sie sich ordnen können. Die Basisfläche wird auch konstruktive oder als EDTA unlösliche Matrix bezeichnet. Diese Ca-bindenden Matrixmoleküle weisen in der Regel stets spezifisch hohe Anteile an sauren Aminosäuren auf (Asp, Glu), deren freie negativ geladene Carboxyl-Gruppen divalente Kationen binden können (GAUTRET et al 1994, REITNER et al. 1994). Die Ca-bindenden Matrixmoleküle bestehen nur in den wenigsten Fällen aus reinen Polyamminosäuren. Normalerweise handelt es sich um zuckerreiche Moleküle. Von den Polypeptidketten gehen vertikale Zuckerseitenketten ab, deren negativ geladene Sulfatgruppen ebenfalls eine Ca-bindende Wirkung haben können. Von zentraler Bedeutung sind die Abstände freier Carboxyl (COO^-)-Gruppen, zwei von ihnen fixieren ein Ca^{2+} Ion. Haben die COO^- Gruppen definierte Abstände (z.B. $4,99\text{\AA}$ = Kalzit, $4,96\text{\AA}$ = Aragonit) so können basale Kristallflächen entstehen (001), die als Keimbildungsflächen fungieren (ADDADI & WEINER 1989, WHEELER & SIKES 1989). Das Wachstum der Kristalle erfolgt dann epitaktisch aus Ca-übersättigtem Meerwasser. Die für die Kristallbildung notwendigen HCO_3^- und CO_3^{2-} Ionen stammen z.T. ebenfalls aus dem Meerwasser und zu einem erheblichen Teil aus bakteriellen Abbauprozessen organischer Substanzen. Zentrale Bedeutung haben dabei Ammonifizierungsprozesse ($2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-}$; $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$; $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + 2(\text{N}) + 6(\text{H}) \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4^+$) und Sulfat-reduzierende Vorgänge ($2\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$) (BERNER 1968, 1980, JEANS 1980, GERDES & KRUMBEIN 1987, KRUMBEIN 1979).

Chromatographische Analysen rezenter Automikrite haben gezeigt, daß ca. 0,5-2% intrakristalline organische Matrix vorhanden ist. Die Asp & Glu Werte der analysierten Proteine waren mit durchschnittlich 20-35% erheblich.

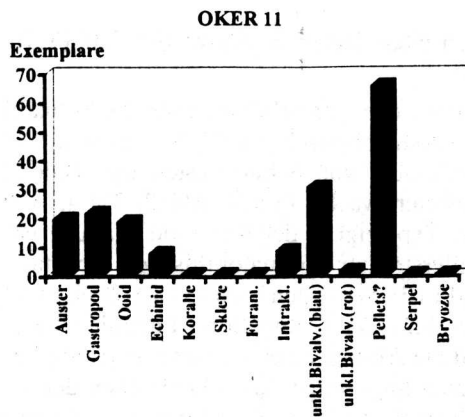


Fig. 6 Komponentenanalyse der *Exogyra* Zone

In fossilen Kalken lassen sich allerdings mit den zur Verfügung stehenden Methoden keine Makromoleküle mehr nachweisen.

5. 2. Automikrit Typen der Patchreefs

5. 2. 1. Mikrobialithische Automikrite (Taf.2; Taf.4)

In allen vier Hauptfaziesbereichen treten in unterschiedlicher Form mikrobialithische Strukturen auf (vgl. BURNE & MOORE 1987). In den beiden Randzonen sind diese auf z.T. allochthone onkoidische und ooidische Komponenten beschränkt, die sich vermutlich aus nahegelegenen Oolith-Plattformen ableiten lassen.

Von zentralen Interesse sind krustenförmige, z.T. knollige Lagen in der *Exogyra*- und Korallen/Serpulith Zone, die dem Patchreef-Kern eine erhebliche Stabilität verleihen und ein echtes Gerüst bilden (mikrobialithische Framestones) (Taf.2, Abb.1, 2, 3). Diese Lagen können bis zu 2cm dick sein, im Druchschnitt allerdings nur wenige Millimeter. In kleinen Höhlungen sind diese im Aufschluß als knollige Oberfläche erkennbar (Taf.1, Abb.7). Im Dünnschliff zeigen die Lagen eine oft wolkige, sehr dichte Struktur, die aus einer sehr feinen Lamination aufgebaut wird. Die Laminae besitzen Abstände von 20-50 μm . Der Mikrit der Laminae zeigt oft eine traubige Mikrostruktur (Taf.2, Abb.1, 2, 5b).

Es lassen sich strukturell ein thrombolithischer und stromatolithischer Typ unterscheiden (Taf.2, Abb.1, 2) Der thrombolithische Typ zeigt vor allem eine traubige Anordnung einzelner Mikritaggregate (Taf.2, Abb.1, 5b), die in unregelmäßigen Laminae angeordnet sind. Zwischen den unregelmäßigen Laminae gibt es kleinere Hohlräume, die mit einem peloidalen Mikrit verfüllt sind. Der Automikrit ist dunkel, ist gelegentlich von Serpeln überwachsen und durchsetzt. Dieser thrombolithische Typ befindet sich bevorzugt an

den Innenseiten leerer Exogyren-Schalen (Taf.2, Abb.1, 4).

Neben dem thrombolithischen Mikrobialith tritt ein stromatolithischer auf, der bevorzugt an den Außenseiten von Schalenresten und anderen Komponenten wächst (Taf.2, Abb.2; Taf.4, Abb.6). Dieser Typ zeigt in der Regel die charakteristische Pfeilerstruktur stromatolithischer Strukturen (LLH und LLH-SH Typen nach LOGAN et al. 1964) (Taf.2., Abb.2). Die Lamination ist deutlich ausgeprägt und die Abstände der Laminae ist gering (20-30µm), allerdings zeigen die Oberflächen der Laminae ebenfalls traubige Strukturen von wenigen Mikron Durchmesser. Detritische Komponenten lassen sich nicht finden, so daß davon ausgegangen werden kann, daß es sich um authigene Bildungen handelt. Die Lamination zeigt oft einen deutlichen Wechsel zwischen braunen (-limonitischen) und grauen Lagen (Taf.2, Abb.2; Taf.4, Abb.6). Die limonitischen Laminae sind vermutliche mineralisierte Fe/Mn-Mikrobenbiofilme, wie sie auch aus rezenten Vorkommen bekannt sind (REITNER 1993, ZANKL 1993). Auf den Laminae krustieren oft Foraminiferen der *Nubecularia*-Gruppe (Taf.2, Abb.5), Serpuliden und selten Bryozoen.

Thrombolithe und Stromatolithe zeigen deutliche Hinweise auf *in situ* verkalkte Biofilme. Die Anordnung der traubigen Aggregate läßt auf verkalkte kokkale Mikroben schließen. Ähnliche Strukturen wurden auch in den riesigen Mikrobialith-Pfeilern des alkalischen Van-Sees (Türkei, Ostanatolien, KEMPE et al. 1991, und eigene Untersuchungen) beobachtet, die sich eindeutig auf verkalkte kokkale Mikrobenhüllen zurückführen lassen. Allerdings zeigen die kapselartigen Mikroben der Van-See Mikrobialithe etwas größere Dimensionen (um 5µm), so daß die verkalkten Mikrobenaggregate 20-100µm besitzen. Zu den modernen kryptischen Mikrobialithen der Lizard Island Riffe (Australien, Großes Barriere Riff) gibt es nur wenig Übereinstimmungen, abgesehen von den Fe/Mn-Biofilmen, die als wichtiges Strukturelement in beiden Fällen auftreten können (REITNER 1993). Die mikrobialithischen Strukturen zeigen keine Beziehungen zu höheren Algen, z.B. coralline Algen.

5. 2. 2. Peloidale Automikrite (Taf.2, Abb.4)

Die oben genannten automikritischen Strukturen lassen sich mit ziemlicher Sicherheit auf verkalkte Mikrobenhüllen zurückführen. Diese zeigen aber in keinem Fall einen sog. peloidalen Charakter.

Peloide sind kein bestimmender Anteil der Mikrofazies der inneren Patchreef Zonen. Ihr Vorkommen ist auf abgeschlossene Bereiche, wie in leeren Exogyren-Schalen und Zwickeln in Mikrobialithen, beschränkt (Taf.2, Abb.1, 4). Die Peloide haben im Durchschnitt einen Durchmesser von 20-50µm, sind sphärisch bis eiförmig gebaut und besitzen einen feinkritischen Kern mit einer Randzone aus kurzen (3-4µm) dentaten Mg-

Kalzitkristallen. Sie sind meistens in unregelmäßigen Laminae angeordnet, die oft in wechselnden Winkeln zueinander stehen. Eine geopetale Orientierung wird in keinem Fall beobachtet. Der peloidale Mikrit zeigt oft an der Basis von kleinen Einheiten eine sehr dichte Zone ohne deutliche dentate Zemente, die in ein offeneres Gefüge mit dentaten Zementen übergeht. Alle hier beobachteten Phänomene lassen sich auch bei den rezenten peloidalen Mikriten beobachten. Die von CHAFETZ (1986) gemachte Annahme, daß Peloide verkalkte Mikroben Kapseln sind konnte nicht bestätigt werden. Die Analyse der rezenten Peloid-Bildung hat ergeben, daß freie organische Schleime, die reich sind an Ca-bindenden Makromolekülen verantwortlich sind für die Bildung von peloidalen Strukturen (REITNER 1993, REITNER et al.1994, NEUWEILER & REITNER 1993). Allerdings weisen diese Schleime z.T. erhebliche Anteile der bakterientypischen Diaminopimelin-Säure auf, die vermutlich auf lysierte Bakterien zurückzuführen ist. Die Übereinstimmung der fossilen peloidalen Mikrostrukturen und das Vorkommen in geschlossenen Räumen (NEUWEILER 1993), läßt einen unmittelbaren Vergleich mit den beobachteten Prozessen in modernen Vorkommen zu.

Eine spezielle Form der Peloiden wird in verkalkten Porifera-Gewebe beobachtet. (Näheres siehe Abschnitt "Porifera")

5. 2. 3. Aphanitische Automikrite (Taf. 4, Abb. 2, 7, 8)

Es handelt sich dabei um extrem feinkörnige Mikrite, die ziemlich reine Mudstones darstellen. Diese treten ebenfalls in geschützten Zwickeln und Hohlräumen auf, vergleichbar mit den peloidalen Mikriten (Taf.4, Abb.2, 7, 8). Dieser Typ tritt auch in den Bohrlöchern lithophager Muscheln auf (Taf.1, Abb.4). In rezenten Vorkommen wird dieser Typ ebenfalls häufig in vergleichbaren Bereichen beobachtet (z.B. in Bohrlöchern von Lithophagen) und zeigt eine sehr helle, oft weiße Farbe ("white fine micrite" sensu REITNER et al. 1994). Resthohlräume sind oft mit Allochemen verfüllt, die einen erheblichen Anteil an Allochemen aufweisen (Taf.1, Abb.4). Die enorme Gleichförmigkeit des Mikrits (0,5-1µm Korndurchmesser) läßt auf eine authigene Bildung schließen. Diese Annahme wird durch die Beobachtungen an rezenten Vorkommen gestützt. Der feine weiße Mikrit kristallisiert in polysaccharidreichen organischen Schleimen. Gelegentlich werden Anhäufungen Fecal-Pellets beobachtet (Taf.4, Abb.7), die ebenfalls über den Abbau organischer Substanzen verkalken. Ein vergleichbarer Vorgang wurde vom Autor bei Gastropoden Fecal-Pellets in Mikrobialithen des rezenten Satonda-Kraters See (Indonesien) beobachtet.

5. 2. 4. Aphanitische Automikrite mit mycelartigen Bohrspuren (Taf.2, Abb.6 & 7, Taf. 4, Abb.5, 6).

Eine Besonderheit der Patchreef-Mikrite sind mikritische Partien (reine Mudstones), die von einem Geflecht sich verzweigender dünner Röhren durchzogen sind. Die Röhren haben Durchmesser von 5-10µm und sind mit einem feinkristallinen Sparit (Taf.2, Abb.7), oder Allomikrit verfüllt (Taf. 4, Abb.6). Diese Geflechte sind räumlich begrenzt (max. 1cm) und zeigen oft eine halbkugelige Anordnung. Die Röhren zeigen keine Kompaktionsmuster. Der umgebende Mikrit mußte deshalb schon eine erheblich feste Konsistenz gehabt haben. Die Röhren selbst zeigen keine weitere Strukturierung oder spezielle Randzonen, jedoch sind die Grenzen zum Mikrit sehr scharf. Mikrofaziell ist er vergleichbar mit den strukturlosen aphanitischen Automikriten allerdings zeigt er eine dunklere Farbe, die vermutlich auf höhere organische Anteile schließen läßt. Das Röhrengeflecht ist mycelartig und die Röhren ("Hyphen") zeigen keine Segmentierungen und werden deshalb auf einen einfachgebauten Pilz zurückgeführt. Gestützt wird diese Ansicht durch gelegentliche Verdickungen an den Hyphen, die eventuell Reste von Sporen darstellen können. Gelegentlich läßt sich das Mycel bis auf die rigiden Mikrobialithe verfolgen, zersetzt diese aber nicht. Vermutlich hatte der umgebende Mikrit einen erheblich hohen Anteil an organischen Substanzen (mikrobielle Matten?), die der Pilz aufbereitete. Porifera Gewebe wurden allerdings nie von dem Pilz attackiert.

5. 2. 5. Allomikrite (Taf.1, Abb.4; Taf.4, Abb.2, 4, 7)

Allomikrite spielen nur eine untergeordnete Rolle und sind nur mit ca. 20% an der Mikritfazies beteiligt. Sie lassen sich mit Kaliumhexacyanoferrat III Lösung intensiv blau färben, d.h. die primäre Porosität war erhöht, so daß meteorische Wässer leichter migrieren konnten. Sie sind schlechter sortiert und weisen erhebliche Anteile an differenzierten Allochemen auf. Allomikrite stellen in der Regel das letzte mikritische Stadium dar, lassen sich somit deutlich von den autigen mikritischen Bildungen unterscheiden. In einigen Resthohlräumen befinden sich dünnchalige Ostrakoden, die an einem terminalen Allomikrit gebunden sind (Taf.4, Abb.7). Dieses Stadium mit Ostracoden wird öfters beobachtet und stellt bis *dato* ein ungeklärtes Problem dar (REITNER 1987, NEUWEILER 1993).

6. Porifera

6. 1. Verkalkte Poriferagewebe

Eine Besonderheit der Innenzonen der Patchreefs sind sehr häufige kleine Porifera, die in geschützten kryptischen Bereichen zu finden sind. Es handelt sich ausschließlich um Porifera, die keine

zementierten oder andere rigide Sklerenskelette aufweisen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, daß die Skleren nicht disloziert sind, d.h. sie sind weitgehend noch in ihrer ursprünglichen anatomischen Position. Als Besonderheit werden erhaltene Dermalbereiche mit Mikroskleren beobachtet. Unter normalen Umständen hätten die Poriferen keine Chance eine solche Erhaltung aufzuweisen. Diese spezielle Erhaltung ist auf eine sehr rasche Verkalkung von Poriferen-Weichgewebe zurückzuführen, wie sie auch in modernen Mikrobialithen zu beobachten ist (Taf.5) (REITNER 1993, REITNER et al. 1994). Diese Verkalkung wird auf mikrobielle Ammonifizierung der Proteine des Gewebes zurückgeführt, die eine beträchtliche Erhöhung der Karbonatalkalität in diesen Mikromilieus zur Folge hat und somit die CaCO₃ Bildung begünstigt (s.o.). Dieser Umsatz kann schon erfolgen, wenn noch Teile des Schwamms aktiv leben (Taf.5, Abb.1&6). Es lassen sich zwei verschiedene Automikrit-Typen beobachten, zum einem eine mikropeloidale Struktur (Taf.3, Abb.6 & 7, Taf.4, Abb.2 & 3; Taf.5, Abb.3, 4, 5) und zum anderen eine wolkige, z.T. aphanitische Struktur ohne erkennbare peloidale Muster (Taf.3, Abb.4, Taf.4, Abb.). Es besteht offensichtlich ein enger Zusammenhang mit den histologischen Besonderheiten des Spongiengewebes. Moderne Taxa mit einem hohen Anteil an symbiontischer Bakterien im Mesohyl (40-50% der Gesamt-Biomasse des Schwammes) zeigen häufig einen mikropeloidalen Automikrit, die mit weniger Mikroben dagegen einen mini-mikritischen Kalk (vgl. Taf.5). Diese Beobachtung läßt sich auch auf die fossilen Schwämme übertragen. Desmen-tragende Demospongiae zeigen in der Regel stets einen mikropeloidalen Mikrit (Taf.5, Abb. 3-5). Gleiches gilt für die meisten tetractinelliden Demospongiae (Taf.3, Abb.1, 3, 6, 7, Taf.4, Abb.2, 3). Demospongiae mit monaxonen Skleren und häufigen Spongin-Skeletten ("Ceractinomorpha") zeigen nur sehr selten einen mikropeloidalen Mikrit (Taf.4, Abb.1; Taf.5, Abb.1,2,7). Gleiches gilt auch für die Calcareia. Fossile und rezente pharetronide Calcareia zeigen keine deutlichen mikropeloidalen Strukturen sondern meistens unregelmäßige wolkenartige Mikrite (Taf.3, Abb. 2) und aphanitische Mikrite (Taf.3, Abb.4). Die verkalkten Porifera-Gewebe haben mit rund 30% an den Automikriten einen signifikanten Anteil am mikritischen Gerüst (Taf.3, Abb.5). Je nach Typus bleiben ca. 30-40 % des ursprünglichen Gewebevolmens erhalten. Ein Teil dieser Erhaltungsphänomene wurden von FRITZ (1958) als "Schwamm-Mumien" bezeichnet.

Die häufigsten beobachteten Porifera-Typen sind tetractinellide Demospongiae. Die meisten davon besitzen triäne und caltropse chonosomale Megaskleren (Taf.3, Abb.1, 3; Taf.4, Abb.2, 3, 4). In einem Fall ist die Dermallage mit Sterraster-Mikroskleren erhalten (Taf.3, Abb.1), so daß diese Form als ein Vertreter der Geodiidae bestimmt

werden kann. Formen mit überwiegend caltropfen Megaskleren sind vermutlich Vertreter der Pachastrellidae (Taf.3, Abb.3; Taf.4, Abb.3, 4). Ebenfalls zu Geodiidae zu zählen sind die Formen, die nur die nierenförmigen Mikroskleren zeigen (Schnittlageneffekt) (Taf.3, Abb.6,7).

Demospongiae mit monaxonen Sklerenbündeln sind seltener. Dominiert werden diese von Taxa, die ausschließlich Style und Oxen besitzen, und vermutlich den Halichondrida zu zuordnen sind (Taf.4, Abb.1). Haploscleride Demospongiae sind nur durch den Bohrschwamm *Aka* vertreten (vgl. REITNER & KEUPP 1991). Die Skleren der Kieselschwämme sind stets als Kalzit-Pseudomorphosen erhalten, die sich mit Kaliumhexacyanoferrat III intensiv blau färben lassen (Fe-Kalzit) (Taf.4, Abb.3). Dieses Phänomen ist ein typisches diagenetisches Merkmal von Kieselschwämmen (REITNER 1992) und hilft Kieselskrepseudomorphosen in Sedimenten zu erkennen. Kalkschwämme zeigen in Regel dieses Phänomen nicht. Deren Spiculae sind meistens noch als Einkristalle oder gelegentlich als paucikristalline Strukturen erhalten, ohne in diagenetischen Fe-Kalzit umgewandelt zu sein.

Kalkschwämme (*Calcarea*) sind relativ häufig. Ein Taxon pharetronider *Calcaronea* wurde beobachtet. Von besonderer Bedeutung sind allerdings die erhaltenen "weichen" Kalkschwämme, die in dieser Form noch nie beschrieben wurden (Taf.3, Abb.2, 4). Leider reicht die Erhaltung nicht aus um eine genauere Klassifizierung vorzunehmen. Aufgrund der Dimension der Spicula handelt es sich sehr wahrscheinlich um Vertreter der *Calcaronea*.

Eine ausführliche taxonomische Beschreibung der kryptischen Patchreef Porifera ist in Vorbereitung.

7. Diskussion

Die untersuchten kleinen fladenförmigen Patchreefs des oberen Oxfordium zeigen einen erheblichen Anteil an Automikriten. Diese sind verantwortlich für die erhebliche Stabilität dieser kleinen Riffe. Dies gilt sowohl für die Wellenresistenz, wie sie vor allem von echten Coralgalerüsten moderner Riffe bekannt ist, als auch wenig anfällig für diagenetische Beeinflussungen durch vadose und spätere meteorische Wässer. Alle untersuchten Automikrite waren ursprünglich Mg-Kalzite (erhöhte Mg-Gehalte im Gegensatz zu den Allomikriten, EDX Messungen). Fast der gesamte innere Hohlraum der Struktur ist mit Automikriten/Mikrobialithen durchsetzt. Nur ca. 20% sind allochthone Mikrite und Resthohlräume, die mit einem spätigenetischen meteorischen Tief Mg-Kalzit oder Fe-Kalzit geschlossen sind. Die überwiegende Mehrheit der Automikrite war kurz nach der Bildung fest und bildete rigide Strukturen. Es finden sich aufgearbeitete angulare Automikrit-

Klasten in den Allomikriten (vgl. NEUWEILER 1993). Einige waren bei der Entstehung allerdings nur semi-lithifiziert, wie die Mycel-Mikrite und ein Teil der aphanitischen Mikrite. Von erheblicher Festigkeit waren die Automikrite des umgewandelten Poriferengewebes. Typische Tuberoide wurden allerdings nicht beobachtet und sind vermutlich auf rigide lithistide Spongien beschränkt. Von besonderer Bedeutung sind die kryptischen thrombolithischen und stromatolithischen Mikroben-Mikrobialithe, die keine phototaktischen Strukturen zeigen und sehr wahrscheinlich keine phototrophen Mikroben darstellen. Die Mikroben sind vermutlich *in situ* mineralisiert und bildeten so die feine Lamination.

Die Patchreefs stellen Strukturen dar, die einen hohen Reifegrad aufweisen. Basierend auf verschiedenen Beobachtungen an fossilen und modernen Riffen, stellt ein hoher Anteil von Automikriten in kryptischen Milieus ein relativ altes, stabiles System dar, dessen innere Hohlräume durch mikrobielle Mineralisierungsaktivitäten (direkter und indirekter Art) aufgefüllt werden. In dieses Reifestadium gehören auch die Mikrobialith-Riffe des tieferen Wassers (REITNER et al. 1994). Von besonderer Bedeutung sind dabei die mikrobiellen Abbau-Prozesse organischer Materie (z.B. Ammonifizierung). Die im Detail untersuchten Vorkommen kryptischer Mikrobialithe in Riffen des nördlichen Großen Barriere Riffs (Lizard Island) haben diesen Prozess deutlich gezeigt. Die jüngeren Riffbereiche (bis ca. 200 Jahre) sind frei von mikrobialithischen Strukturen und verbundenen Benthosgemeinschaften (K-Strategen), die sich allerdings in den älteren Abschnitten stets beobachten lassen (REITNER 1993, REITNER et al. 1994, REITNER & NEUWEILER 1994). In älteren Riffen des frühen und mittleren Holozäns rund um Lizard Island ist der innere Hohlraum fast vollständig mit Mikrobialithen durchsetzt (z.B. Insel Nymph-Island), in vergleichbarer Weise wie hier in den jurassischen Patchreefs beobachtet wurde. Poriferen spielen in allen untersuchten Fällen immer eine zentrale Rolle. Die Verbindung zwischen Poriferen, symbiontischen Mikroben in Poriferen und externe Mikroben-"Gärten" (Biofilme) begünstigen in allen Fällen die Mineralisierung organischer Matrizen und das epitaktische Wachstum der Automikrite oder Organominerale.

8. Zusammenfassung

1. Die Patchreefs des oberen Korallenoolith am Langenberg bei Oker zeigen eine deutliche Zonierung in vier Bereiche: 1. eine äußere Weichbodenzone ohne größere fazielle Differenzierung; 2. eine innere Weichbodenzone mit Gastropoden (*Nerinea* sp.) und semi-infaunale Muscheln (*Mytiloides*, *Trichites*); 3. eine Zone mit stabilen Weichböden und Festgründen mit häufigen Exogyren (*Exogyra*-Zone) mit wenigen autochthonen Mikrobialithen;

4. eine Riffkernzone mit Serpeln, Exogyren, kryptischen Porifera und Korallen (KSZ), die stabilisiert wird durch Mikrobialithe und rigide andere Automikrite.

2. Die beobachteten thrombolithischen und stromatolithischen mikrobialithischen Strukturen stabilisieren das Riff und können auf direkt verkalkende Biofilme zurückgeführt werden.

3. Neben den Mikrobialithen treten peloidale und aphanitische Automikrite auf. Ein Teil der aphanitischen Mikrite ist mit Pilz-Mycelien durchzogen. Mikropeloidale Automikrite repräsentieren verkalkte Porifera-Gewebe. Algen Mikrite oder höhere Algen werden mit Ausnahme einiger Dasycladaceen nicht beobachtet.

4. Kryptische Porifera sind sehr häufig und werden überwiegend durch nicht rigide tetractinellide Demospongiae vertreten (60%). Als Besonderheit sind Dermallagen mit Mikroskleren erhalten. Nicht rigide Kalkschwämme werden erstmals fossil beobachtet.

5. Das untersuchte Patchreef stellt ein ökologisch längerfristig stabiles System dar, belegt durch die fast vollständig durch Automikrite und Mikrobialithen geschlossenen inneren Räume. Die beobachteten Faziesabfolgen sind grundsätzlich vergleichbar mit ähnlichen rezenten Milieus.

9. Dank

Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. R. FISCHER für die großzügige Überlassung von seltener Literatur und Einblick in die Examensarbeiten, die unter seiner Betreuung am Langenberg durchgeführt wurden. Die Werksleitung der "Rohstoffbetriebe Oker" erlaubte uns freundlicher Weise das Betreten des Steinbruchs und die Durchführung von wissenschaftlichen Arbeiten. Die Arbeit wurde z.T. mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt (Re 665/ 3, 4). Außerdem danken wir Herrn Dipl.-Geol. F. NEUWEILER (Berlin) für die kritische Durchsicht des Manuskript.

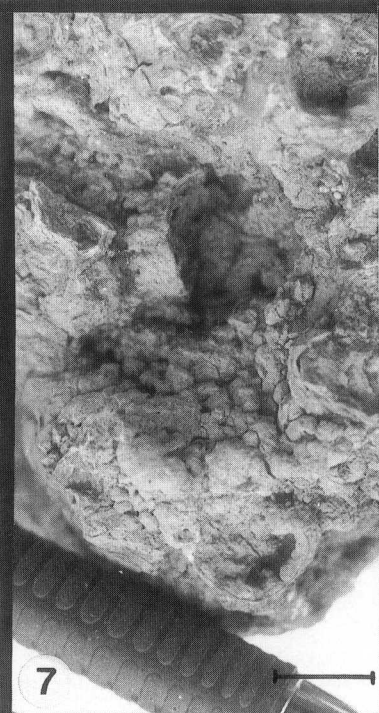
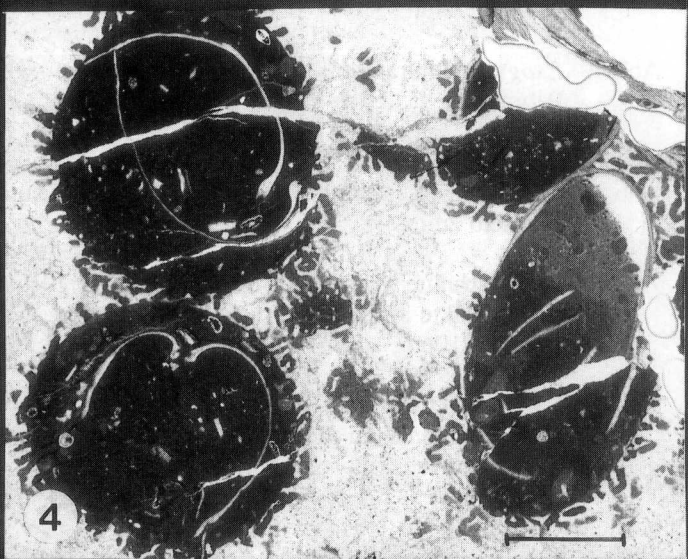
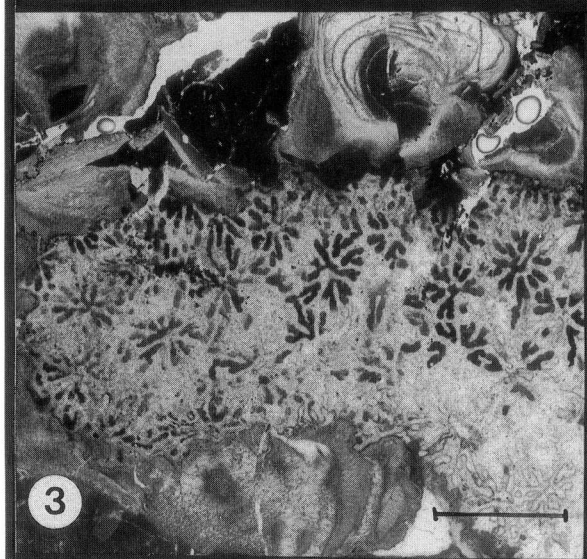
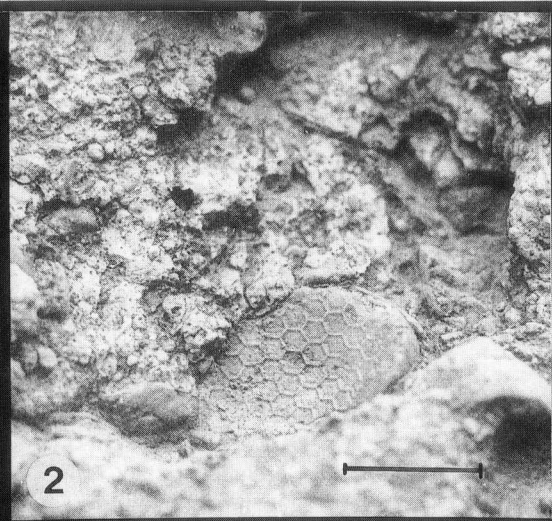
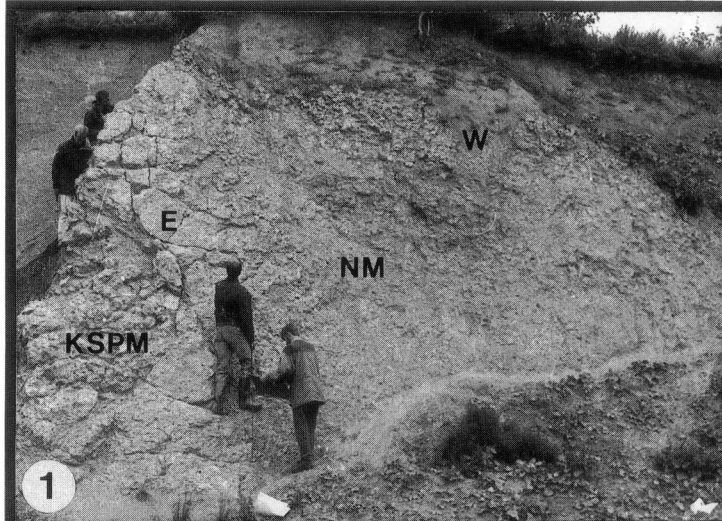
10. Literatur

- ADDADI, L. & WEINER, S. (1985) - Interactions between acidic proteins and Crystals: Stereochemical requirements in biomineralization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **82**, 4110-4114.
- ADDADI, L. & WEINER, S. (1992) - Kontroll- und Designprinzipien bei der Biomineralisation.-*Angew. Chemie*, **104**, 159-176; Weinheim.
- BERNER, R.A. (1968) - Calcium carbonate concretions formed by the decomposition of organic matter. *Science*, **159**, 195-197.
- BERNER, R.A. (1980): Early diagenesis. A theoretical approach; 237 S.; Princeton (Princeton Univ.Press)
- BURNE, R. V. & MOORE, L. S. (1987) - Microbialites: Organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios*, **2**, 241-254.
- CHAFETZ, H. S. (1986) - Marine Peloids: A Product of Bacterially induced Precipitation of Calcite. *J. Sed. Petrol.*, **56**, 812-817.
- DENGLER, H. (1954): Das Eisenerzlager im Unteren Korallenoolith der Grube Hansa.- *Römeriana*, **1**: 273-288; Clausthal-Zellerfeld
- DENGLER, H. & SIMON, P. (1969): Das Eisenerzlager im Unteren Korallenoolith der Grube Hansa.- *Beih.geol.Jb.*, **79**: 221-232; Hannover
- FISCHER, R. (1991): Die Oberjura-Schichtfolge vom Langenberg bei Oker.- *Arbeitskreis Paläontologie Hannover*, **19** : 21-34; Hannover
- FLÜGEL, E. (1982) - *Microfacies Analysis of Limestones*.-633 p.; Berlin (Springer)
- FOLK, R.A. (1959) - Practical petrographic classification of limestones. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **43**, 1-38.
- FRITZ, G. K. (1958) - Schwammstotzen, Tuberoide und Schuttbreccien im Weißen Jura der Schwäbischen Alb. *Arb. Geol. Paläont. Inst. TH Stuttgart, N.F.*, **13**, 118p.
- GAUTRET, P., REITNER, J. & MARIN, F.(1994): Mineralization events during growth of the coralline sponges *Acanthochaetetes* and *Vaceletia*.- *Bull. Inst. Océan. Monaco*, Num. spec. **13**: 000-000.
- GERDES, G. & KRUMBEIN, W. E. (1987) - *Biolaminated Deposits. Lecture Notes in Earth Sciences*, **9**, 283 p.; Berlin
- JEANS, V.C. (1980): Early submarine lithification in the Red Chalk and Lower Chalk of eastern England: A bacterial control model and its implications.- *Proc.Yorkshire Geol.Soc.*, **43** (Teil 2): 81-157;
- KEMPE, S., KAZMIERCZAK, J., LANDMANN, G., KONUK, T, REIMER, A. & LIPP, A. (1991): Largest know microbialites discovered in Lake Van, Turkey.- *Nature*, **349**: 605-608;
- KRUMBEIN, W. E. (1979) - Photolithotrophic and Chemoorganotrophic Activity of Bacteria and Algae as Related to Beachrock Formation and Degradation. *Geomicrobiol.J.*, **1**, 139-203; New York
- LOGAN, B. W., REZAK, R. & GINSBURG, R.N.(1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites.- *J.Geol.*, **72**: 68-83;
- LOWENSTAM, H.A. & WEINER, S. (1989): *On Biomineralisation*.-324 S.Oxford (Oxford Univ.Press)

- NEUWEILER, F. (1993) - Development of Albian Microbialites and Microbialite Reefs at Marginal Platform Areas of the Vasco-Cantabrian Basin (Soba reef Area, Cantabria, N.Spain). *Facies*, 29, 232-251.
- NEUWEILER, F. & REITNER, J. (1993): Initially indurated structures of fine-grained calcium carbonate formed in place (automicrite).- Abstracts, 7th International Symposium on Biomineralization, Monaco: p. 104.
- PAPE, H.-G. (1970): Die Malmschichtfolge vom Langenberg bei Oker (nördl.Harzvorland).- *Mitt.geol.Inst.TU Hannover*, 9: 41-134; Hannover
- REITNER, J. (1987): Mikrofazielle, palökologische und paläogeographische Analyse ausgewählter Vorkommen flachmariner Karbonate im basko-Kantabrischen Strike Slip Fault-Becken (Nordspanien) an der Wende von der Unterkreide zur Oberkreide.- *Documenta naturae*, 40: 1-239; München.
- REITNER, J. (1992) - "Coralline Spongien" Der Versuch einer phylogenetisch-taxonomischen Analyse. *Berliner Geowiss.Abh. (E)*, 1, 352 S.; Berlin
- REITNER, J. (1993) - Modern cryptic microbialite/metazoan facies from Lizard Island (Great Barrier Reef, Australia) Formation and Concepts. *Facies*, 29, 3-39.
- REITNER, J. & NEUWEILER, F. (Koordination) (1994): Autmicrites and Mudmounds. Concepts, Case Studies, and suggested Formation.- *Facies*, 31 (im Druck)
- REITNER, J., GAUTRET, P., MARIN, F., NEUWEILER, F. & CUIF, J.P. (1994): Automicrites in a modern marine microbialite Formation model via organic matrices (Lizard island, Great Barrier Reef, Australia).- *Bull. Inst. Océan. Monaco*, Num. spec. 13: 000-000.
- WEINER, S., TRAUB, W. & LOWENSTAM, H. A. (1983) - Organic matrix in calcified exoskeletons.- In: WESTBROEK, P. & de JONG, E. W.(Eds.). *Biomineralization and Biological Metal Accumulation*, 205-224.
- WHEELER, A. P. & SIKES, C. S. (1989) - Matrix-Crystal interactions in CaCO₃ Biomineralization.- In: MANN, S., WEBB, J. & WILLIAMS, R. J. P. (eds.): *Biomineralization*.- 95-131, Weinheim (VCH).
- WOLF, K.H. (1965) - Littoral environment, indicated by open-space structures in algal limestones. *Palaeo-3*, 1, 183-223.
- ZANKL, H. (1993): The Origin of High-Mg-Calcite Microbialites in Cryptic Habitates of Caribbean Coral Reefs - their Dependence on Light and Turbulence.- *Facies* 29: 55-60; Erlangen
- ZIHRUL, B. (1990): Mikrobiostratigraphie, Palökologie und Mikropaläontologie in Gesteinen des Unteren und Mittleren Malm am Langenberg bei Goslar/Oker.- *Clausthaler geowiss.Diss.*, 38: 220 S.; Clausthal-Zellerfeld

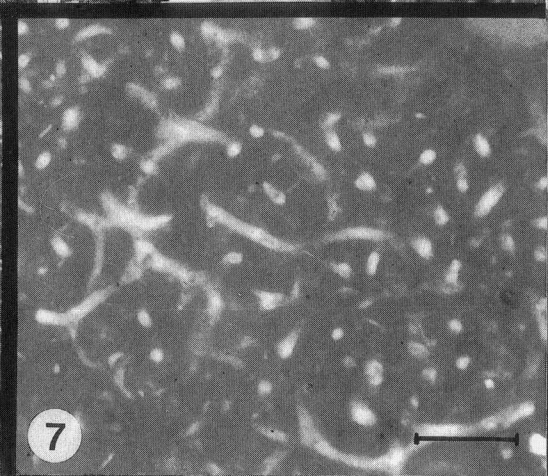
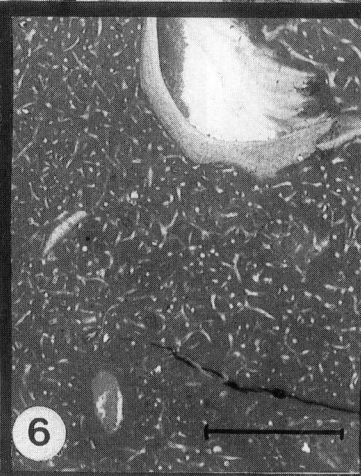
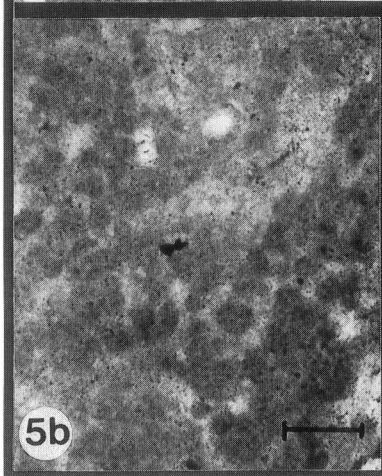
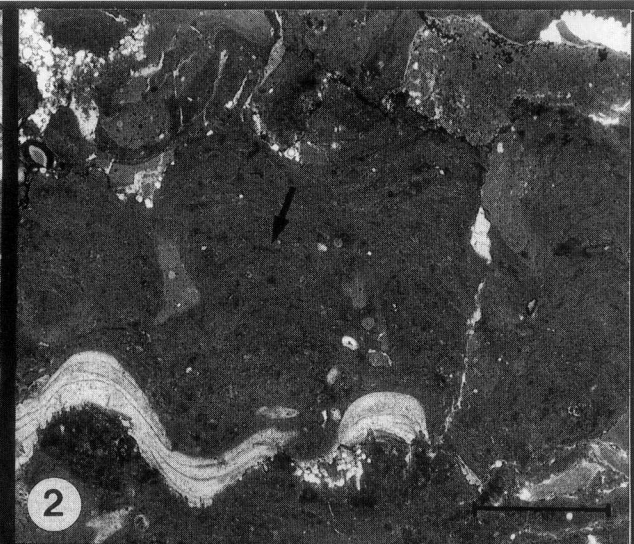
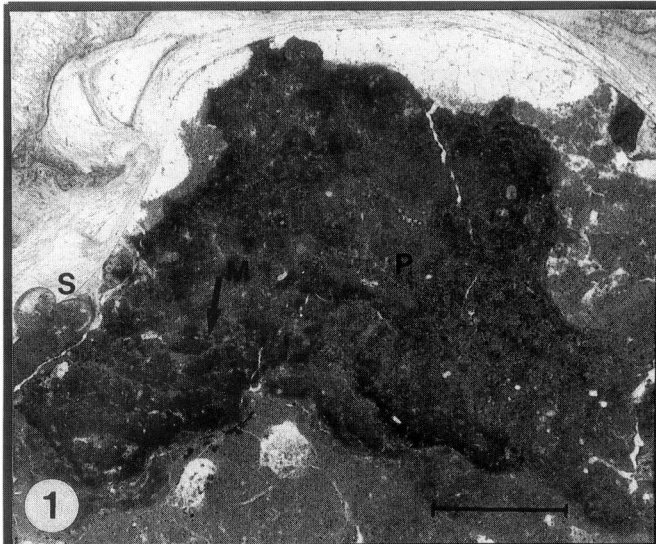
Tafel 1

- Abb.1 Überkippt liegendes (65°) Patch Reef 2 (Oberoxford-Unterkimmeridge) am NE-Rand der Sohle 1 im Steinbruch Langenberg bei Oker. KSPM = Korallen/Serpel Zone mit Mikrobialithen und kryptischen Porifera; E = "Exogyra"-Zone; NM = *Nerinea/Mytiloides* Zone; W = undifferenzierter Weichboden (vgl.Textabb.1 & 3).
- Abb.2 Große Kalkalge (Dasycladales; *Goniolina geometrica*) aus der "Exogyra"-Zone. Das ursprünglich aragonitische Skelett der Alge wurde von einer Auster überwachsen, so daß ein Abdruck der Oberfläche erhalten blieb.
Maßstab 1cm
- Abb.3 Korallite einer großen Korallenkolonie (*Allocoenia* sp.), die den Kern der KSPM-Zone bilden. Es wird nur diese Art beobachtet. Die massigen Kolonien werden von Austern der *Exogyra*-Gruppe überwachsen.
Maßstab 1cm
- Abb.4 Die *Allocoenia* Kolonien sind intensiv von lithophagen Muscheln zerbohrt.
Maßstab 5mm
- Abb.5 Kleine Serpel-Kolonie (S) mit prismatischen Kalzitschalen von *Mytiloides* sp. (I) (E-Zone)
Maßstab 4cm
- Abb.6 Kalzitröhren des Polychaeten *Glomerula* sp. (KSMP-Zone)
Maßstab 1cm
- Abb.7 Knollige Struktur kleiner Mikrobialith-Körper in einer offenen Kleinhöhle (KSMP-Zone).
Maßstab 1cm



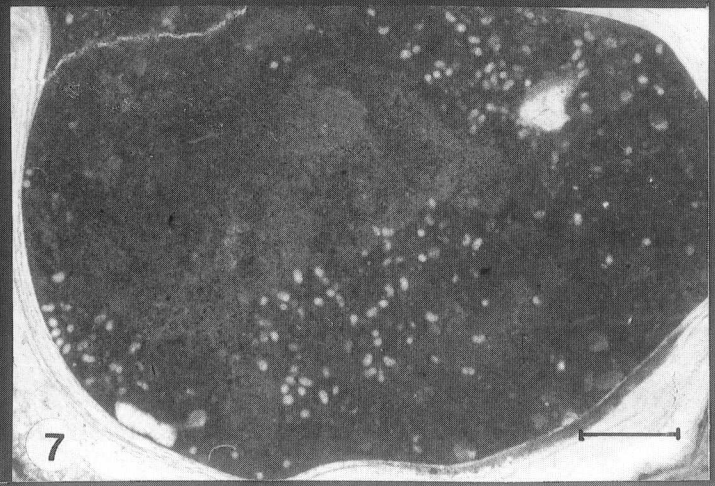
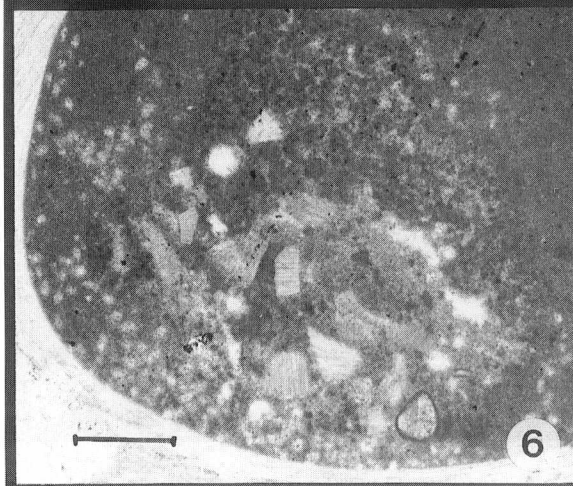
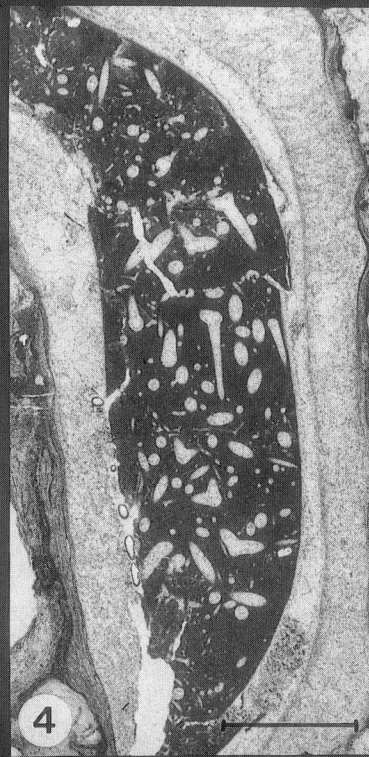
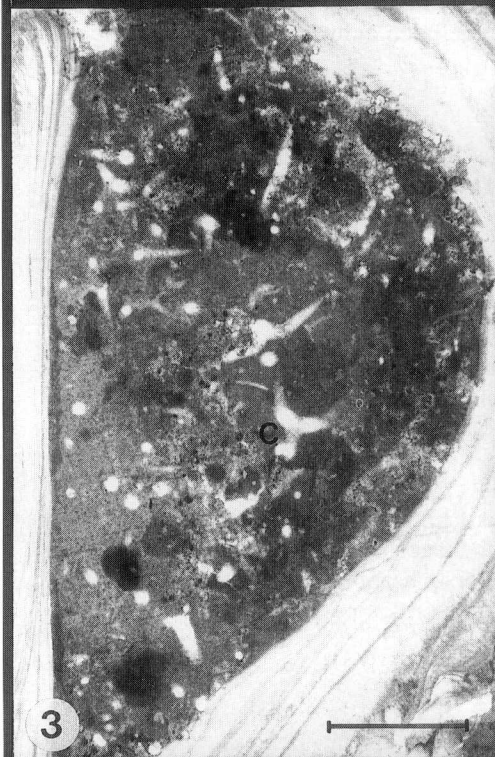
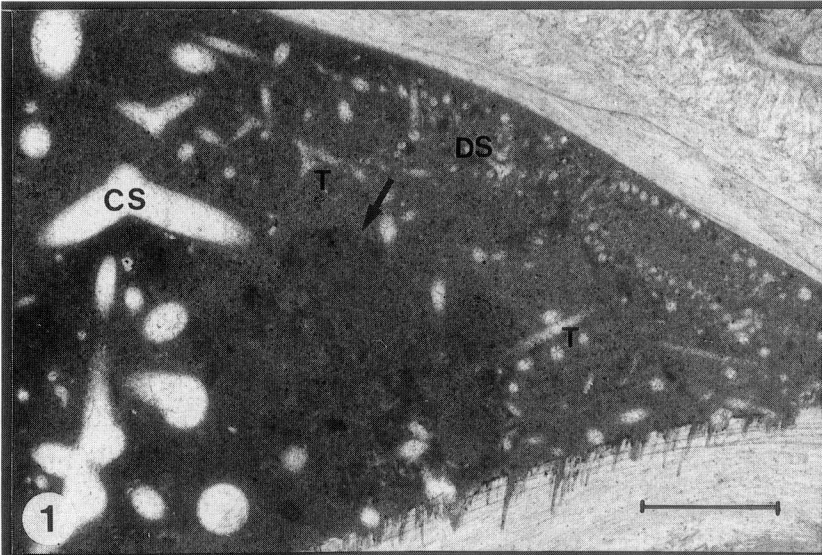
Tafel 2**Mikrofazies der KSMP-Zone**

- Abb.1 Thrombolithischer Mikrobialith, der aus dunklen traubigen Automikritaggregaten (verkalkte Mikroben M) gebildet wird. Die helleren Zwischenräume bestehen aus autochthonen Peloiden (P). Die Mikrobialithe werden gelegentlich von Serpeln überwachsen (S).
Maßstab 2mm
- Abb.2 Stromatolithischer Mikrobialith, aufgewachsen auf einer Austernschale. Die dunklen Zwischenlagen sind Fe/Mn-Krusten (Pfeil), die ebenfalls auf mikrobielle Aktivitäten zurückgeführt werden können.
Maßstab 1mm
- Abb.3 Schnitt durch die linke Schale einer *Exogyra*, die mit einem thrombolithischen Mikrobialith teilweise verfüllt ist. Dieser Automikrit-Typ stellt vermutlich ein diagenetisches Schwammgewebe dar. Die hellgrauen Bereiche sind autochthone Peloiden. Die Austernschale ist von einem anderen thrombolithischen Automikrit überwachsen, der direkt auf Mikroben zurückgeführt werden kann.
Maßstab 1mm
- Abb.4 *Exogyra*-Hohlraumfüllung, aus einem aphanitischen strukturlosen Mikrit und einem autochthonen Pelmikrit.
Maßstab 1mm
- Abb.5a Stromatolithischer Mikrobialith mit kleinen krustösen Foraminiferen (*Nubecularia* sp.?) (Pfeil)
Maßstab 2mm
- Abb.5b Detailstruktur von 5a mit deutlichen kugelig traubigen Aggregaten (vgl. Abb.1), die wahrscheinlich auf verkalkte Mikroben zurückzuführen sind.
Maßstab 10µm
- Abb.6 & 7 Automikrit, der durchzogen ist von einem Geflecht aus Röhren, die mit Sparit verfüllt sind. Das Geflecht könnte ein endolithisches Mycel darstellen.
Maßstäbe Abb.6: 1mm; Abb.7: 100µm



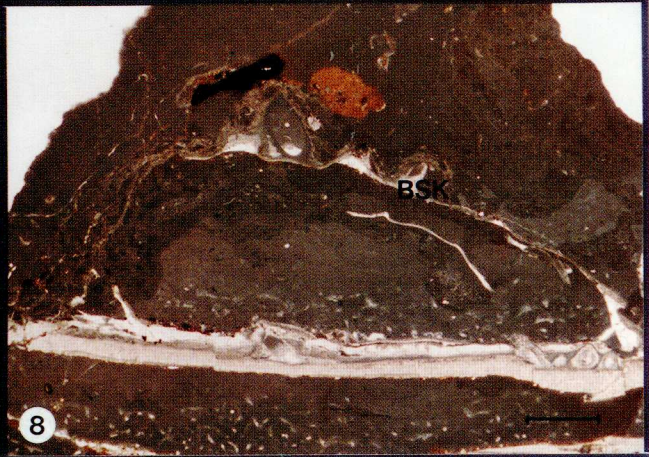
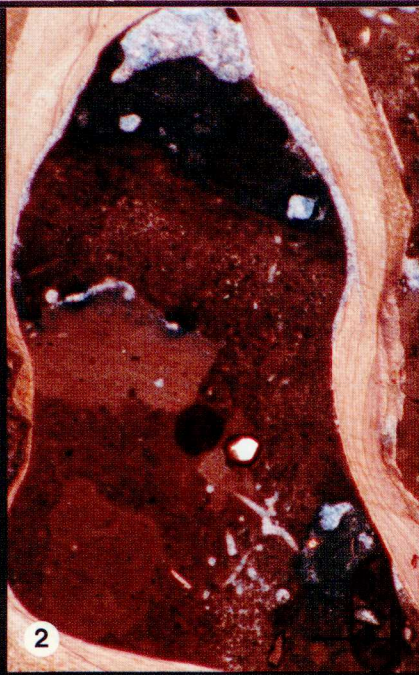
Tafel 3**Autochthone kryptische Porifera in Kleinhöhlen und leeren *Exogyra*-Schalen**

- Abb.1 Tetractinellider Demospongia (Geodiidae) mit erhaltenen spikulären Deralskelett (DS) aus Sterrastern (Rhaxen). Die choanosomalen Skleren sind mehrachsig und groß (CS). Die einachsigen Sklerenschnitte sind z.T. dünne Triäne (T). Der Mikrit zeigt die typische mikropeloidale Struktur kalzifizierten Spongiengewebes, z.T. angeordnet in dunklen traubigen Strukturen, die typisch sind für verkalkte Mikroben (Pfeil).
Maßstab 1mm
- Abb.2 Kollabierter sycettider Kalkschwamm mit charakteristischen triaxonen Skleren (Pfeil). Der Mikrit zeigt das typische mikropeloidale Gefüge.
Maßstab 2mm
- Abb.3 Pachastrellider Demospongia (Tetractinellida) mit diversen Schnittlagen caltropser Skleren (C). Die Skleren sind von mikropeloidalen, kalzifizierten Spongiengewebe umgeben.
Maßstab 2mm
- Abb.4 Tetractinellider Demospongia eingebettet in einem feinkörnigen Mikrit, der keine mikropeloiden Gefügemerkmale aufweist.
Maßstab 2mm
- Abb.5. Kleinhöhlen und andere kryptische Bereiche mit Porifera (Pfeile)
Maßstab 5mm
- Abb.6 Mikroskleren-Anreicherung (Sterraster), unterlagert von mikropeloidalem Gefüge. Schnitt durch die Dermallage eines geodiiden Schwammes (vgl. Abb.1)
Maßstab 500µm
- Abb.7 Mikroskleren-Anreicherung (Sterraster), unterlagert von mikropeloidalem Gefüge. Schnitt durch die Dermallage eines geodiiden Schwammes (vgl. Abb.1)
Maßstab 500µm



Tafel 4

- Abb.1 Monaxone Sklerenbündel eines halichondriden Demospongiae fixiert durch kalzifiziertes Schwammgewebe.
Maßstab 1mm
- Abb.2 Kaliumhexacyanoferrat III / Alizarin gefärbter Dünnschliff. Die blau gefärbten Bereiche sind reich an Fe-Kalzit und repräsentieren die allomikritischen Anteile. Die Skleren zeigen in der Regel ebenfalls eine Anreicherung von spätdiagenetischen blockigen Fe-Kalzit. Die Schalen der Austern zeigen eine deutliche rote Färbung, die die primäre Kalzit Mineralogie bestätigt. Die Automikrite zeigen eine schmutzige rötliche Färbung, die auf einen ursprünglichen Mg reichen Kalzit schließen läßt.
Maßstab 1mm
- Abb.3 Tetractinellider Schwamm (Kaliumhexacyanoferrat III / Alizarin gefärbt) mit kalzifizierten Geweberesten (mikropeloidale Gefüge).
Maßstab 200µm
- Abb.4 Kleinhöhle zwischen einer *Exogyra*-Schale und einer nicht mehr identifizierbaren dünnen Schale. Die Außenseite der *Exogyra*-Schale ist von einem stromatolithischen Mikrobialith bewachsen. Der Raum zwischen den Schalen wird Relikten eines verkalkten tetractinelliden Schwammes gebildet. Die verbleibenden Hohlräume sind einem Allomikrit verfüllt.
Maßstab 1mm
- Abb.5 Koralle mit aufgewachsenen Serpeln, die von mikrobialithischen Strukturen umwachsen sind. Der überlagernde Mikrit zeigt das mycelartige Röhrengeflecht (M).
Maßstab 2mm
- Abb.6 Stromatolithischer Mikrobialith mit Anreicherungen von dünnen mikrobiellen Fe-Krusten.
Maßstab 1mm
- Abb.7 Schalenhohlraum mit verschiedenen Mikrittypen (Kaliumhexacyanoferrat III / Alizarin gefärbt). A: Automikrit mit Fecalpellets; B: thrombolithischer Mikrobialith; C: aphanitischer Automikrit; D: aphanitischer Allomikrit mit kryptischen Ostrakoden; E: verkalktes Spongiengewebe.
Maßstab 1mm
- Abb.8 Querschnitt durch eine vollständige *Mytiolides*-Schale (linke und rechte Klappe). Die bewegliche Schalenklappe (BSK) ist von Serpeln und Mikrobialithen überwachsen. Die Innenseite der BSK ist auch von Mikrobialithen bewachsen, die marginal auf die fixe Klappe übergreifen. So bleibt der Schalenzusammenhang erhalten. Diese Beobachtung bestätigt die frühe postmortale Bildung der rigiden Mikrobialithe.
Maßstab 2mm



Tafel 5

Spongien Diagenese; holozäner Mikrobialith, Lizard Island (Großes Barriere Riff)

- Abb.1 Halichondrider Demospongiae mit teilweise zementierten Skleren in einem Automikrit. Der obere Teil ist noch mit dem lebenden Schwamm besetzt (LS).
Maßstab 150µm
- Abb.2 Haplosclerider Demospongiae in einer Kleinhöhle durchsetzt mit unreifen Automikrit, der durch Zersetzung des Schwammgewebes entstanden ist.
Maßstab 100µm
- Abb. 3a, b Sublithistider Demospongiae (*Monanthus* ?) dessen Gewebe in einem peloidalen Automikrit umgewandelt wurde (Desmen siehe Pfeile); Abb.3b x Nicols
Maßstab 200µm
- Abb.4 Sublithistider Demospongiae (*Monanthus* sp.) dessen Gewebe in einen minimikritischen Automikrit umgewandelt wurde.
Maßstab 100µm
- Abb.5 Sublithistider Demospongiae (*Monanthus* ?) dessen Gewebe in einem peloidalen Automikrit umgewandelt wurde.
Maßstab 100µm
- Abb.6 Poecilosclerider Demospongiae, dessen Gewebe als Minimikrit erhalten ist (LS lebendes Schwammgewebe).
Maßstab 300µm
- Abb.7 Haplosclerider Bohrschwamm *Aka*.
Maßstab 200µm

