

Geologische Beiträge Hannover	2	31-50	9 Abb.	Hannover, Juli 2001
-------------------------------	---	-------	--------	---------------------

Entwicklung und Faziesverteilung eines Riffkomplexes im Korallenoolith (Oberjura) des Osterwaldes (Niedersachsen)

MARKUS REUTER, RUDOLF FISCHER, CARSTEN HELM und IMMO SCHÜLKE

Alle: Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Hannover, Callinstr. 30, 30167 Hannover,
Email: schuelke@geowi.uni-hannover.de

Zusammenfassung

Der Steinbruch am Hainholz (Rohstoffbetriebe Eldagsen, Werk Wülfinghausen) im Osterwald (NW-Deutschland) bietet den eindrucksvollsten Einblick in die oberjurazeitlichen (Korallenoolith, Oxfordium) Korallenvorkommen des Niedersächsischen Beckens. Er erschließt den gesamten Korallenoolith, der hier mit einer nicht weiter gliederbaren, etwa 20 m mächtigen Kalkoolith-Folge einsetzt. Sie wird von einem markanten Hartgrund abgeschlossen, auf den im stratigraphischen Niveau der sogenannten „Oberen Korallenbank“ ein insgesamt 13 m mächtiger Korallenriffkomplex folgt. Der auf ca. 400 m Lateralerstreckung erschlossene Riffkomplex besteht aus zahlreichen stotzenartigen Riffkörpern. Die Korallenfauna dieser in situ-Biokonstruktionen, die sich vermutlich nur wenige m über den Sedimentspiegel erhoben, umfaßt mindestens 37 Taxa, von denen ein Großteil erstmals im NW-deutschen Oberjura belegt ist. Einen wesentlichen Bestandteil der Korallenstotzen bildet Mikrobialith, der wie die Korallen intensiv angebohrt ist. Im unteren Teil des Riff-Horizontes werden die Riffkörper von einem im bewegten Flachwasser abgelagerten Riffschuttkalkstein flankiert, der wiederholt von (drei) bankartigen, im Steinbruchbereich durchhaltenden Korallenlagen unterbrochen wird. Von anderen NW-deutschen Lokalitäten sind solche Riffschuttkalke nicht bekannt. Im Hangenden des Riffschuttkalksteins folgt ein rhaxenreicher, mikritischer Peloidkalkstein mit für den Korallenoolith ungewöhnlich zahlreichen Ammonitenresten (*Dichotomosphinctes* sp., *D. bifurcatoides*). Sein Top ist durch einen Anreicherungshorizont von Nerineen und Kleingastropoden gekennzeichnet, der das Ende des Riffwachstums markiert und zum *humeralis*-Oolith überleitet. Aus der faziellen Abfolge vom Liegenden bis in das Hangende der Oberen Korallenbank wird neben einer Interpretation der steuernden Faktoren der Riffentwicklung und -zerstörung die Entwicklungsgeschichte des Meeresspiegels abgeleitet.

Abstract

The Hainholz quarry in the Osterwald hills of NW-Germany is the most impressive outcrop in the Lower Saxony Basin exposing Late Jurassic (Korallenoolith, Oxfordian) coral buildups. The Korallenoolith deposits in the quarry commence with a oolitic sequence about 20 m thick which is limited by a distinctive hardground at its top. This sequence is overlain by the so called "Obere Korallenbank"-Member about 13 m in thickness which is mainly build up by coral reef complexes. Throughout a lateral extend of about 400 m exposed in the quarry, the Obere Korallenbank Member shows numerous pillar-shaped reefal build ups which are flanked by a reefal debris limestone. The coral fauna of the in situ reefal bioconstructions comprises not less than 37 taxa most of which have been described from the Lower Saxony Basin for the first time. Probably, the pillar-shaped reefs formed a small positive relief of only a few dm against the debris deposits during deposition. The interreef debris limestones in the lower and middle part of the Obere Korallenbank Member show three intercalated biostromal coral layers. In the upper part of the member, the interreef facies is represented by a mikritic peloidal limestone rich in sponge remains and, unusual in such a depositional environment, ammonites (*Dichotomosphinctes bifurcatoides*, *D.* sp.). Additionally, at the top of of the peloidal limestone a layer enriched in nerineids and other gastropods limits the reefal constructions of the Obere Korallenbank Member against the overlying "humeralis-Oolith" sequence. On the basis of the facies development of this depositional sequence the reef formation in relation to sealevel changes is discussed.

Keywords: Late Jurassic, Oxfordian, Korallenoolith, coral reefs, Lower Saxony Basin, Osterwald hills

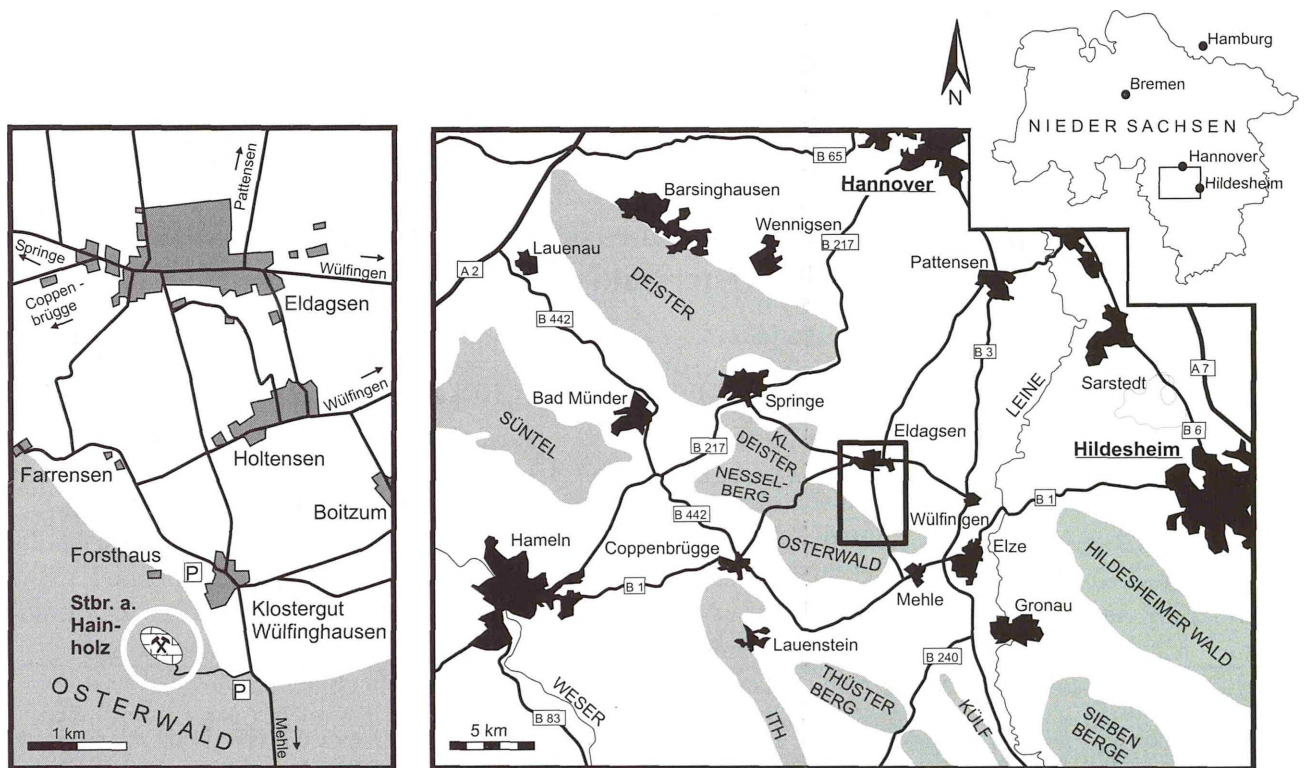


Abb. 1: - Geographische Lage des untersuchten Aufschlusses im Osterwald (NW-Deutschland).

Fig. 1: - Geographic position of the Hainholz quarry (Osterwald Mountains, NW Germany).

EINLEITUNG

Korallen und Korallenriffe werden in NW-Deutschland als selten angesehen (Gramann et al., 1997: 211; Schülke et al., 1998). Auch in jüngeren taxonomischen Arbeiten (Bertling, 1993a) wird die Diversität der Korallenfauna nur mit ca. 30 bis 35 Arten angegeben und erscheint somit im Vergleich mit Riffen der Tethys (Rosendahl, 1985) und dem englischen Oberjura (Negus, 1983) als relativ artenarm. Die bisher bekannten Korallen-Taxa verteilen sich zudem vorgeblich auf mehrere Lokalitäten, von denen nur wenige mehr als 10 Arten führen sollen (Bertling, 1993a). Es schien bisher alles darauf hinzudeuten, daß vorwiegend kleine allochthon/parautochthon überlieferte Fleckenriffe oder Korallenbiostrome mit eurytopischen, r-selektierten Faunen vorherrschen, in denen *Thamnasteria concinna* die Korallenfauna bestimmt und Mikrobialith weitgehend fehlt (Bertling, 1993a; b). Ähnliche Riffe beschreibt Insalaco (1999) aus dem englischen Oberjura.

Die Entdeckung einer Vielzahl weiterer Korallen-Biokonstruktionen in den letzten Jahren durch die Oberjura-Arbeitsgruppe in Hannover ergab jedoch ein gänzlich abweichendes Bild, nämlich ein charakteristisches regionales Verteilungsmuster sehr unterschiedlicher Riffotypen in NW-Deutschland (Helm et al., 2000a; b). So sind innerhalb der riffführenden, lagunären *florigem-*

ma-Bank (Korallenoolith) im Süntel Fleckenriffe aus *Thamnasteria dendroidea*-Gestrüpp weit verbreitet (Helm & Schülke, 1998; 1999; 2000a), dagegen kam es im Deister zur Entwicklung eines Korallenbiostroms und Fleckenriffen aus *Stylosmilia*-Gestrüpp (Helm & Schülke, 2000; Helm et al., 2000a; b). Fast alle dieser größtenteils neu entdeckten Korallenbiokonstruktionen sind mit Mikrobialith assoziiert und in Lebendstellung oder zumindest in situ überliefert. Sie bieten deshalb einen eindrucksvollen Einblick in die damalige Umwelt/Lebewelt.

Im Zuge der Untersuchungen Oberjura-zeitlicher Riffe in NW-Deutschland wurden auch die schon lange bekannten (Wunstorff, 1901; Dahlgrün, 1923; Plote, 1959; Hoyer, 1965; Mönnig & Bertling, 1995; Bertling, 1993a; b; 1994; Bertling & König, 2000) Korallenriffe der „Oberen Korallenbank“, die vermutlich ein fazielles Äquivalent der „*florigemma* Bank“ im Osterwald darstellt, näher bearbeitet (vgl. Reuter, 2000; Reuter et al., 2000). Sie sind derzeit hervorragend in einem Steinbruch am Hainholz (Abb. 1,2) aufgeschlossen. Leider werden sie durch den rasch fortschreitenden Abbau in nächster Zeit fast vollständig abgetragen sein. Die in Riffschutt eingebetteten Korallen-Biokonstruktionen des Osterwaldes zeichnen sich durch ihre hohe Diversität, allein die Korallen sind mit mindestens 37 Arten vertreten, und ihre für NW-deutsche Verhältnisse ungewöhn-

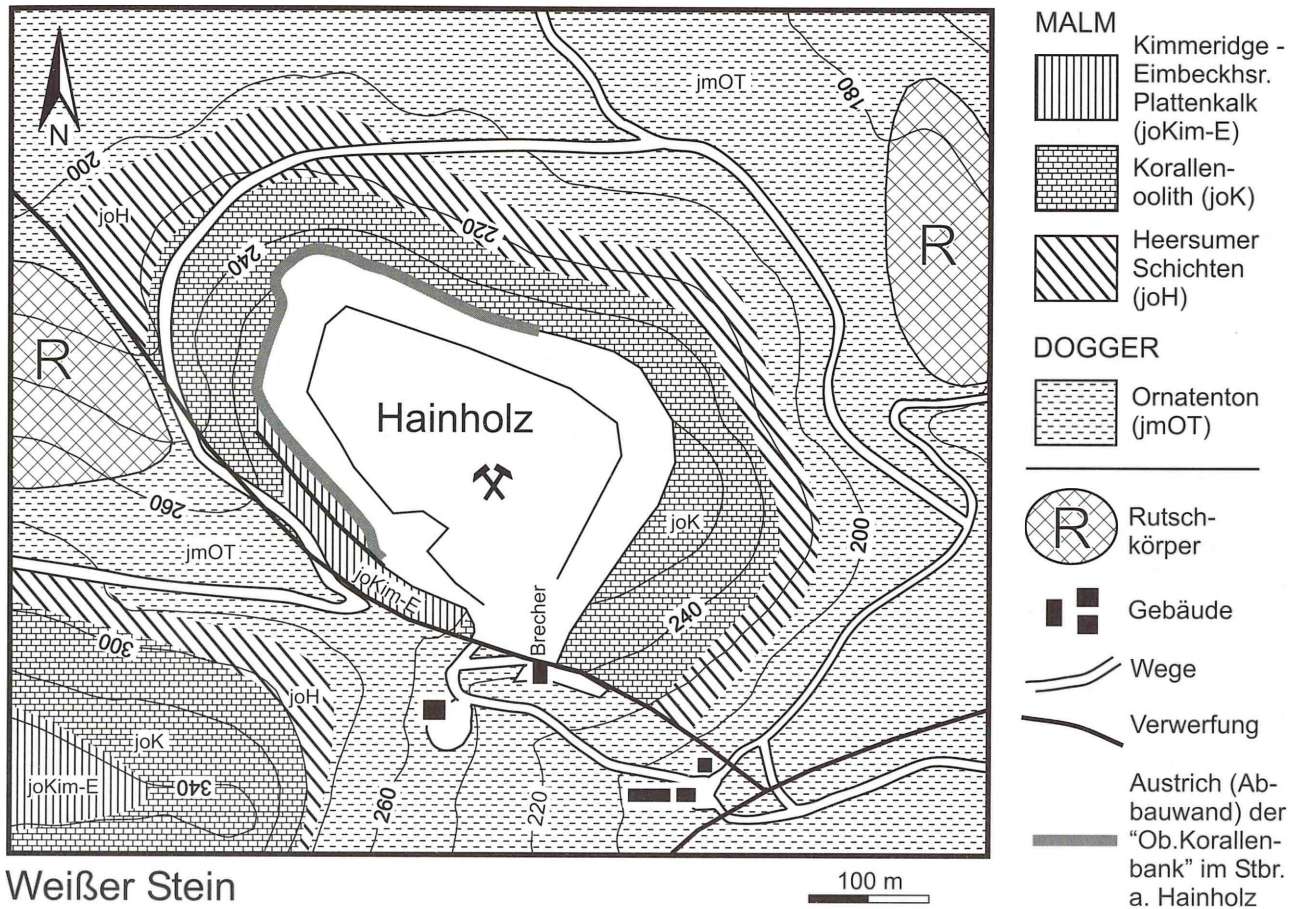


Abb. 2: - Geologische Situation am Hainholz NW Kloostergut Wülfinghausen (Osterwald).

Fig. 2:- Geological map of the Hainholz and adjacent areas (Osterwald hills).

lich großen Mächtigkeiten von bis zu 10 m aus. Korallenriffe mit vergleichbaren Ausmaßen finden sich in NW-Deutschland nur noch im Ith (Helm et al., 2000a).

GEOLOGISCHE SITUATION IM BEREICH DES AUFSCHLUSSES

Der bearbeitete Riffkomplex ist in einem im Abbau befindlichen Steinbruch der Rohstoffbetriebe Eldagsen (Werk Wülfinghausen) aufgeschlossen. Er liegt etwa 1 km SW' der Ortschaft Wülfinghausen am Hainholz im ca. 25 km S' von Hannover gelegenen Osterwald (NW' Leinebergland) (Abb. 1).

Derzeit (2001) erschließt der Steinbruch auf zwei Sohlen eine etwa 60 m mächtige, flach nach SW einfallende Schichtfolge, die stratigraphisch vom Unteren Korallenoolith bis zum Eimbeckhäuser Plattenkalk reicht (Abb.2). Wie im gesamten Osterwald (z.B. Dahlgrün, 1923), sind auch hier Unteres Kimmeridge (1,5 m), Mittleres Kimmeridge (6 m), *gigas*-Schichten (1,5 m) und Eimbeckhäuser Plattenkalk (5 m) mit stark reduzierten Mächtigkeiten ausgebildet. Das Obere Kimmeridge fehlt. Stattdessen wird das Mittlere

Kimmeridge mit erosiven Kontakt von *gigas*-Schichten überlagert (z.B. Hoyer, 1965). Im Bereich der Brechanlage der Steinbruchbetriebe (Abb.2) ist außerdem eine ca. 4 m mächtige Folge erschlossen, die im Bereich des Ornatenton (Callovium) anzusiedeln ist und welche diskordant von Kalksteinen des Korallenoolith überlagert wird. Einige Autoren (Mönnig & Bertling, 1995) interpretieren die Kuppe des Hainholz deshalb als Rutschkörper, der auf Tonsteinen des Ornatenton abgeglitten ist. Frühere Bearbeiter (Wunstorff, 1901; Naumann, 1927; Schönfeld, 1979) deuten den Hainholz dagegen als Bruchscholle, die nach S durch eine NW-SE streichende Abschiebung begrenzt wird. Hierfür spricht, daß die Schichtfolge des auf Ornatenton lagernden Gesteinspaketes (Heersumer Schichten bis Eimbeckhäuser Plattenkalk) vollständig vorhanden ist (Abb. 2) und die Schichtlagerungswerte nicht von den der angrenzenden Höhenzüge (Ahrensberg, Weißer Stein) abweichen (Reuter, 2000). Die oben beschriebene Situation am Brecher des Steinbruchs erklärt sich dadurch, daß an dieser Verwerfung mit einer Sprunghöhe von mehreren 10er m Tonsteine des Ornatenton im S gegen Kalksteine des Korallenoolith im N versetzt sind.

STRATIGRAPHIE

Korallenriffe aus der Oberjura-Zeit kommen im Niedersächsischen Becken hauptsächlich in 2 Horizonten, der „Basiskorallenbank/Unteren Korallenbank“ und der „*florigemma*-Bank“ in der vorwiegend kalkoolithisch ausgebildeten Korallenoolith-„Fazies“ (Mittleres Oxfordium - Unteres Kimmeridgium) vor. Aufgrund der Seltenheit von Leitfossilien beruht die Gliederung des Korallenooliths auf Korrelationsversuchen von lithostratigraphischen Leithorizonten und Diskontinuitätsflächen (z.B. Klüpfel 1931). Den am weitesten verbreiteten dieser Leithorizonte stellt die im Wesergebirge, Süntel, Deister und Kleinen Deister auftretende *florigemma*-Bank - etwa in der Mitte der Korallenoolithfolge (Grenzbereich Mittleres/Oberes Oxfordium) - dar (s. Helm, 1998).

Aufgrund des Fehlens der *florigemma*-Bank im Osterwald ist eine Gliederung des Korallenooliths in eine Kalksteinfolge im Liegenden und Hangenden der *florigemma*-Bank nicht durchführbar. Im höheren Korallenoolith tritt aber auch hier eine „Korallenfazies“ auf (Obere Korallenbank, sensu Hoyer, 1965), die - obwohl faziell abweichend - allgemein als Äquivalent der *florigemma*-Bank angesehen wird (Hoyer, 1965). Sie stellt eine besondere Gesteinsausbildung des Korallenooliths im Osterwald dar und ist hier im gesamten Verbreitungsareal des Korallenooliths nachgewiesen (Hoyer, 1965; Bertling, 1993b). Ihre größte Mächtigkeit von über 10 m (Hoyer, 1965) erreicht sie am Hainholz. Eine exakte Parallelisierung von *florigemma*-Bank und Oberer Korallenbank ist bislang nicht möglich (s.u.).

Im oberen Profilabschnitt werden die Rifffkörper der Oberen Korallenbank von peloidalen Partikelkalksteinen flankiert (Abb. 3). Sie enthalten Ammoniten [*Dichotomoceras* sp. nach Mönnig (frdl. mündl. Mitteil.); *Dichotomoceras bifurcatoides* nach Schweigert (frdl. mündl. Mitteil.)], die eine Einstufung in das frühe Oberoxfordium (nach Schweigert: *stenocycloides*-Subzone der *bifurcatus*-Zone in der submediterranen Ammonoideen-Chronologie) zulassen.

METHODIK

Bereits die makroskopischen Aufschlußbeobachtungen lassen eine Gliederung des Rifffkomplexes in 3 lithofazielle Einheiten (authochthone Rifffkern-Fazies, Rifffschutt-Fazies, Peloidkalkstein-Fazies) zu. Um ihre Verbreitung und Übergänge zu erfassen, wurde zunächst die Steinbruchwand oberhalb der zweiten Sohle kartiert. Aus den einzelnen Faziesbereichen wurden anschließend Proben entnommen und für weitere

mikrofazielle Untersuchungen zu An- und Dünnschliffen verarbeitet. Wegen der Größe des Aufschlusses haben wir uns auf eine repräsentative Probennahme beschränkt. Nur im Übergangsbereich Obere Korallenbank/*humeralis*-Oolith wurde entlang eines 4 m langen Profils engständig beprobt (im ca. 20 cm-Abstand). Für die Inventarisierung der Lebewelt wurde wegen der Seltenheit vieler Organismen auf Lesefunde aus dem Sprenggut zurückgegriffen, die wegen des anhaftenden Sediments i.d.R. zumindest grob ins Rifffprofil eingehängt werden können. Das in dieser Arbeit abgebildete Material ist unter der Katalog-Nr. GPH-2001-II-1-23 im Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Hannover hinterlegt.

KORALLENOOLITH-SCHICHTFOLGE AM HAINHOLZ

Die unteren 42 m der im Steinbruch erschlossenen Schichtfolge gehören zum Korallenoolith. Er folgt unmittelbar auf die Heersumer Schichten im Liegenden und setzt mit einer ca. 4 m mächtigen Wechselfolge von Kalkoolithbänken und geringmächtigen Mergelsteinlagen ein, die im Jahr 2000 temporär aufgeschlossen war. Sie geht zum Hangenden in eine ca. 20 m mächtige, eintönige Kalkoolithfolge über, die von einem Hartgrund gekappt ist. Darüber folgt der insgesamt etwa 13 m mächtige Rifffkomplex der „Oberen Korallenbank“ und im Hangenden etwa 5 m mächtige, gebankte Partikelkalke der *humeralis*-Schichten. Der Rifffkomplex der „Oberen Korallenbank“ ist auf der zweiten Abbausohle an der N-, W- und S-Wand auf 400 m Lateralerstreckung aufgeschlossen und läßt sich wie folgt skizzieren (Abb. 3): An der Steinbruchwand sind oberhalb einer Erosionsfläche zahlreiche nahe beieinander stehende, bis 10 m hohe, massige, stotzenartige, in situ-Biokonstruktionen (im Folgenden: „Korallenstotzen“, Abb. 4) von wenigen m bis dm Durchmesser angeschnitten. Sie entwickeln sich auf einer wenige dm mächtigen Rifffschuttunterlage und erscheinen im Aufschluß als pfeilerartige bis breit-tonnenförmige Gebilde mit steilen Flanken und ebener Dachfläche, die teilweise bis an den *humeralis*-Oolith im Hangenden heranreichen. Benachbarte Stotzen verwachsen nicht miteinander und erstrecken sich oft nur über einen Teil der Vertikalerstreckung der „Oberen Korallenbank“. Sie sind intensiv mit den Zwischenrifffsedimenten verzahnt, jedoch scharf von diesen abgegrenzt. Rifffüberhänge fehlen. Im unteren Profilabschnitt werden sie von einem 9 m mächtigen Rifffschutt-kalkstein umhüllt, in den drei horizontbeständige ca. 1 m mächtige, bankartige Rifffkörper (im Folgenden: „Korallenlagen“) eingeschaltet sind. Aus ihnen entwickeln sich punktuell die Korallenstotzen. Weiterhin kommen in diesem Bereich dünne Mergelsteinlagen vor. Sie haben geringe laterale Erstreckung und sind auf die

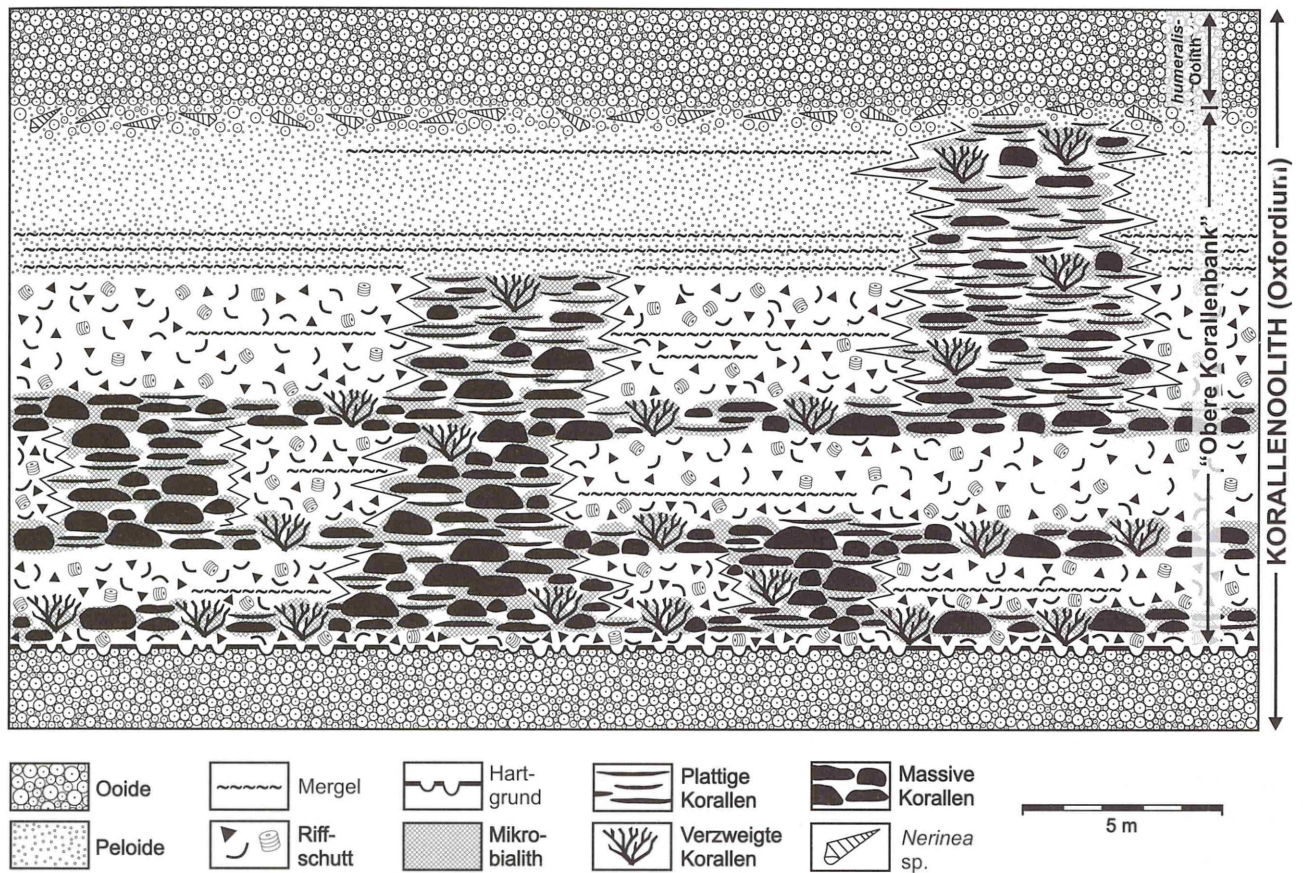


Abb. 3: - Schematische Übersicht der Faziesarchitektur des Hainholz-Korallenriffkomplexes der Oberen Korallenbank.

Fig. 3: - Simplified sketch of facies distribution in the Hainholz reef complex (Obere Korallenbank Member).

unmittelbare Umgebung der Korallenstotzen beschränkt. Der Riffschuttalkstein geht zum Hangenden in einen Peloidkalkstein ebenfalls mit eingeschalteten, geringmächtigen Mergelsteinlagen über. Diese Lagen weisen eine größere laterale Reichweite als die Mergelsteinlagen im Riffschuttalkstein auf und treten gehäuft an der Basis des Peloidkalksteins auf. Die Grenze zum *humeralis*-Oolith im Hangenden ist unscharf und wird durch eine *Nerineen*-Lage (cf. *Nerinea fasciata*) markiert.

Liegendes der „Oberen Korallenbank“

Im Liegenden der „Oberen Korallenbank“ befindet sich eine monotone Abfolge von gebankten, großdimensioniert trogförmig schräggeschichteten Kalkoolithen (Grainstones; Abb. 6/1). Neben Ooiden der Mittelsandfraktion und feinem, oft lagenweise angereichertem Schalendetritus, enthält das Gestein Intraklasten. Auffällig ist der hohe Anteil von Echinodermen- und Bryozoen-Bruchstücken. Unzerbrochene Makrofossilien sind sehr selten und auf wenige Funde von Austern, Gastropoden und Seeigelstacheln (*Paracidaris florigemma*) be-

schränkt. Außerdem kommen nicht näher bestimmte textulariide Foraminiferen und selten *Acicularia*-Reste vor. Einzelne Komponenten sind von nubeculariiden Foraminiferen inkrustiert. Die Kalkoolithfolge schließt mit einem im gesamten Aufschluß und nach eigenen Beobachtungen auch anderorts im NE' Osterwald nachgewiesenen Hartgrund (Muschelbohrungen, z.T. erodiert, Austernbewuchs) ab. Er kennzeichnet einen deutlichen Fazieswechsel (von Oolith- zu Riffschuttsedimentation). Direkt auf dem Hartgrund aufgewachsene Korallen sind im bearbeiteten Aufschluß nicht festgestellt worden.

„Obere Korallenbank“ Autochthone Rifffkern-Fazies

Das rigide Gerüst der Rifffkörper (Korallenstotzen, -lagen) wird von Korallen aufgebaut (Abb. 6/7, Abb. 7). Sie sind fast ausschließlich in Lebendstellung überliefert und kommen mit mindestens 37 Taxa vor, von denen ca. die Hälfte Erstnachweise für das Niedersächsische Becken darstellen (Helm et al., 2000b; s. Abb. 5). Die Korallenfauna wird von wenigen Arten dominiert



Abb. 4: - Steilwandiges, domartiges Korallen-Thrombolith-Riff an der NW-Wand des Hainholz-Steinbruches (Juli 2000). Die geschichteten Riffschutt-kalksteine an den Flanken des Riffkörpers weisen onlap-Strukturen auf, die auf ein ehemals vorhandenes, submarines Relief deuten.

Fig. 4: - Northwestern part of Hainholz quarry (July 2000). Steep, dome-shaped coral-trombolite-reef with surrounding well bedded reef debris limestone showing onlap structures which indicate a submarine relief.

(in alphabetischer Reihenfolge: *Actinarea granulata*, *Fungiastrea arachnoides*, *Isastrea* spp., *Meandראה cf. parallela*, *Microsolena agariciformis* (Abb. 7/2), *Thamnasteria concinna* (Abb. 7/1). Die meisten Arten treten mäßig häufig auf, ein Großteil ist nur durch Einzelfunde belegt (Abb. 5). Korallen mit plattigen und halbkugligen Wuchsformen dominieren deutlich gegenüber phaceloid/dendroid verzweigten Korallen, welche dennoch mit 10 Arten rel. artenreich vertreten sind (Abb. 5). Solitärkorallen, die mit zwei Arten auftreten, sind eher als Riffbewohner, denn als Gerüstbildner anzusehen; ramose Formen fehlen. Die Zusammensetzung der koralligenen Riffgemeinschaft veränderte sich im Laufe der Zeit zugunsten von Korallenarten mit plattigen Morphotypen in höheren Riffbereichen (Abb. 3).

Ein bedeutendes Faunenelement sind microsolenide Korallen (*Microsolena cf. agariciformis*, *Meandראה parallela*, *Dimorpharea* spp., *Comoseris minima*), die an keiner weiteren NW-deutschen Lokalität so artenreich und häufig vertreten sind (vgl. Helm et al., 2000b). Sie kommen meist gemeinsam und häufig im Verband mit *Actinarea* vor. *Dimorphastrea cf. muensteri* ist häufig mit *Microsolena agariciformis* assoziiert. *Fungiastrea arachnoides* baut besonders im höheren Abschnitt des Rifffprofils große (mehrere m³) clusterartige Bestände von zahlreichen übereinanderfolgenden Fladen und „Fächern“ auf. Verzweigte Korallen treten stets in einzelnen, isolierten Kolonien zwischen massiven Korallen auf; sie erreichen nur ausnahmsweise Durchmesser von 1 m (*Calamophylliopsis moreauna*, Abb. 7/3).

Viele Korallenstöcke zeigen eine annuelle Wachstumsbänderung. Bei *Thamnasteria concinna* (dickplattige Kolonien) liegt der maximale jährliche Zuwachs mit 3 mm geringfügig oberhalb des von Insalaco (1996) in Korallenriffen des Schweizer Juras beobachteten Maximalzuwachses von 2,8 mm/a. Der Zuwachs von *Microsolena cf. agariciformis* ist abhängig von der Wuchsform (Nose, 1999) und beträgt bei halbkugligen Morphotypen bis 4 mm/a und bei dünplattigen Morphotypen bis 1,5 mm/a. Diese Werte korrespondieren mit *Microsolena agariciformis*-Zuwachsraten aus dem Oberjura Portugals (schirmförmige Morphotypen: 3-6 mm/a, foliose Morphotypen: 1-1,5 mm/a; Nose, 1999). Die Wachstumsbänderung läßt ferner Rückschlüsse auf das Alter einzelner Korallenstöcke zu. Für *Microsolena cf. agariciformis* konnte so ein Alter bis zu 45 Jahren und für *Thamnasteria concinna* bis zu 120 Jahren ermittelt werden.

Die Korallenstöcke sind allseitig mit cm bis dm starken Thrombolithkrusten überzogen (Abb. 6/6) die erheblich zur „synsedimentären“ Stabilisierung des Rifffgerüsts beitragen (s.u.). Sie fehlen in der Zwischenriff-Fazies, Komponenten des Riffschutts weisen also keine mikrobiellen Karbonatüberzüge auf. Als Inkrustierer (Abb. 8) treten Serpeln, Muscheln (Austern, *Atrypa* sp.), Bryozoen (vorwiegend „Bereniceen“ und andere flächig wachsende Formen), kleine (pharetronide, tetractinellide, sclerospongide) Schwämme (Reuter et al., 2001), Foraminiferen und Thecideen auf. Bioerosionsphänomene sind allgegenwärtig. Träger der Bioerosion sind vor allem Muscheln (*Gastrochaenolithes* ichnospp.) und Polychaeten (*Trypanites* ichnospp.). Die Bohrtätigkeit von cloniden Schwämmen (*Entobia* ichnospp.), die bevorzugt ästige Korallen (*Stylosmilia*, *Goniocora*, *Cladophyllia*) befallen (Reuter et al., 2001; Abb. 8/6), und von Foraminiferen (*Troglotella incrustans*) hat dagegen nur geringe Auswirkungen auf die Riffe. Den destruktiven Effekt, der von der starken Bioerosion auf das Rifffgerüst ausgeübt wird, schwächen mikrobielle Karbonate ab, indem sie einen Großteil der Bohrkavernen schnell wieder plombieren. Zwischen Korallen und Mikrobialithkrusten verbliebene Rifffhohlräume sind mit mikritischem Sediment verfüllt, welches stets mehr oder weniger zahlreich Rhaxen enthält. Außerdem werden die Riffkörper von wenigen cm-mächtigen Mergelsteinlagen durchzogen.

Zwischenriff-Fazies

Die Zwischenriff-Fazies, die die Riffkörper umhüllt, besteht aus gebankten Partikelkalken und gliedert sich in eine grobe Riffschutt-Fazies (im unteren Abschnitt des Rifffprofils) und eine feinkörnigere Peloidkalkstein-Fazies (im höheren Profilabschnitt). Die Kalksteine

zeigen keine Übergußschichtung und werden von geringmächtigen (cm-Bereich) Mergellagen unterbrochen.

Riffschutt-Fazies

Die Riffschutt-Fazies ist eine Besonderheit des im Osterwald erschlossenen Korallenooliths und kommt in Riffen der *florigemma*-Bank nicht (Helm et al., 2000a; 2000b) oder nur untergeordnet vor (vor allem im Deister, Helm & Schülke, 2000). Sie ist überwiegend als gut ausgewaschener Riffschuttkalkstein (Rudstone) ausgebildet, der vorwiegend aus Korallenfragmenten in allen Größen und Stadien der Abrollung, sowie Echinodermen- und Molluskenresten besteht. Daneben führt das Gestein Chaetetiden und Solenoporen, die am Hainholz im Gegensatz zum nahegelegenen Deister und Süntel (z.B. Helm & Schülke, 2000) Ausnahmefunde darstellen. Ebenfalls selten sind eingeschwemmte Holzreste und Kohleschmitzen. Akzesorischer Bestandteil sind Glaukonitkörner. Nach oben hin wird der Riffschutt sukzessive feiner und der Anteil mikritischer Matrix nimmt zu (Floatstone, Abb. 6/2). Oben dominieren feine „Schille“ von microsoleniden Korallen, *Actinarea* und *Fungiastrea*. Auffällig ist der hohe Anteil von Bruchstücken ästig wachsender Korallen (vor allem *Stylosmilia*, *Goniocora*; Abb. 6/2) im Vergleich zur Anzahl der in situ beobachteten verzweigten Korallenstöcke. In seltenen Fällen setzt sich der Riffschutt fast vollständig aus Echinodermenresten in mikritischer Matrix zusammen. Einzigartig für NW-deutsche Verhältnisse ist der hohe Crinoidenanteil (*Millericrinus*- und *Apiocrinites*-Arten). Neben zahlreichen - z.T. mehrere cm langen - Stielfragmenten finden sich häufig inkrustierte Haftscheiben des großwüchsigen Crinoiden *Millericrinus munsterianus*. Auch comatulide Crinoiden (*Solanocrinites costatus*) sind belegt (Helm et al., 2001a).

Vereinzelt treten m³ große, aus den Korallenstotzen umgelagerte Riffkalkblöcke auf, von denen weiteres Riffwachstum ausgehen kann. Ferner kommen autochthone oder parautochthone i.d.R. fladenförmige Korallenstöcke (*Isastrea* spp., microsolenide Korallen, *Stylinia tubulifera*, *Thamnasteria concinna*) vor. Sie sind häufig eingekippt und zeigen manchmal eine (z.T. mehrfache) Änderung der Wachstumsrichtung der Korallite (vgl. Fürsich et al., 1994). Eine Koralle mit Vorliebe für Riffschutthabitats ist *Thecosmilia* sp.. Während sie hier bisweilen mit hohen Individuenzahlen auftritt, stellt sie in den Riffkörpern selbst ein seltenes Faunenelement dar. Eine weitere auf die Riffschuttareale spezialisierte und im Gegensatz zu den oben genannten Arten ausschließlich hier vorkom-

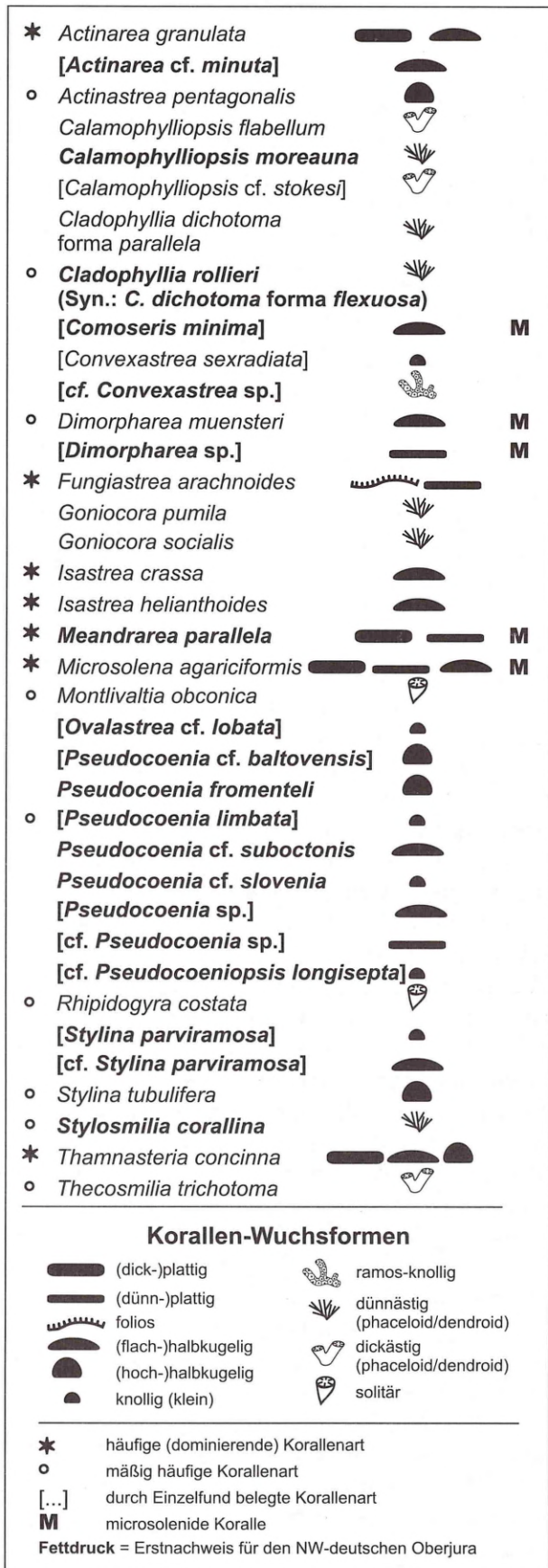


Abb. 5: - Korallen des Hainholz-Rifffkomplexes (Diversität, Wuchsform, semiquantitative Häufigkeiten).

Fig. 5: - Corals of the Hainholz reef complex.

mende Koralle ist die „flabelloide“ Solitärkoralle *Rhipidogyra costata*.

Partienweise ist die mikritische Matrix dolomitisiert. Desweiteren existieren Bereiche im Riffschutt-kalkstein, in denen die Korallen selektiv gelöst sind. Die Lösungshohlräume sind nicht vollständig zementiert und dementsprechend porös. Sie enthalten teilweise bituminöse Substanz.

Peloidkalkstein-Fazies

Der Riffschutt-kalkstein wird von peloidalem, rhaxenreichem, mikritischem Kalkstein (Wackestone; Abb.6/3) überlagert. Er führt in wechselnden Anteilen Riffschutt. Dieser ist generell feiner als im Riffschutt-kalkstein. Das Gestein ist weitgehend ungeschichtet, stellenweise auch bioturbat (*Thalassinoides* ichnosp.). Nur relativ selten ist grobkörniger Riffschutt in gradierten Lagen akkumuliert. Hauptbestandteil des Riffschutts sind Korallenfragmente, die größtenteils von Korallen mit „maschigem“ Skelettaufbau (microsolenide Korallen, *Fungiastrea*, *Actinarea*) stammen. Der Rest besteht überwiegend aus Mollusken- und Echinodermen-resten (meist von regulären Echiniden). Allerdings fehlen die für den Riffschutt-kalkstein charakteristischen Crinoiden. Vereinzelt kommen eingeschwemmtes Holz und Kohleschmitzen vor.

Korallen sind hauptsächlich mit foliosen *Fungiastrea arachnoides*-Kolonien und fladenförmigen Stöcken von *Isastrea* spp., microsoleniden Korallen, *Stylina tubu-lifera* und *Thamnasteria concinna* vertreten. Auch *The-cosmilia* sp. (Abb. 7/7) kommt im Peloidkalkstein vor, tritt hier aber im Vergleich zum Riffschutt-kalkstein zahlenmäßig zurück. Das Gestein ist durch eine reiche Bi-valven- (z.B.: *Plagiostoma* spp., Austern, Lucinidae indet., *Entolium* cf. *corneolium*) und Gastropodenfauna („Turbo“ *princeps*, *Pseudomelania* spp., *Bourguetia striata*, Archaeogastropoden) charakterisiert. Desweiteren finden sich Ammoniten (*Dichotomosphinctes bifurcatoides*, *D.* sp.) und rhynchonellide Brachiopoden (*Lacunoseella* sp., *Septaliphoria pinguis*). Häufig und artenreich sind textulariide Foraminiferen vertreten.

Der Peloidkalkstein schließt mit einer Nerineen-Lage ab, die auch das Ende des Riffwachstums markiert. Neben kleinwüchsigen Nerineen (cf. *Nerinea fasciata*) und verschiedenen nicht näher bestimmten Kleingastro-poden-Arten (Abb. 6/4) enthält sie Ooide, deren Anzahl nach oben hin sukzessive zunimmt und so zum *humeralis*-Oolith im Hangenden überleitet. Ferner treten in diesem Hoizont erstmals die für den *humeralis*-Oolith typischen Foraminiferen *Nautiloculina ooli-thica* und aff. *Otaina* sp. (s.u.) auf.

Abb. 6 (gegenüberliegende Seite): - Mikrofaziestypen

Fig. 6 (opposite page): - Microfacies types

1. Gut klassierter bioklastenführender Oosparit aus dem Liegenden des Riffkomplexes. Die Komponenten sind randlich mikritisiert. Feiner Bruchschill ist lagig angereichert. Dünnschliff GPH-2001-II-11.

1. Oosparite with bioclasts. Oolite below reef complex.

2. Grobkörnige Riffschutt-Fazies aus dem Zwischenriffbereich im unteren Profilabschnitt. Rudstone aus Korallenbruch mit vielen verzweigten Korallen (cf. *Stylos-milia*, *Goniocora*), Mollusken-, Echinodermen- und Mikroalithklasten. Dünnschliff GPH-2001-II-10.

2. Reef debris (Rudstone) with coral (branched corals: cf. *Stylosmilia*, *Goniocora*), mollusc, echinoderm, and microbialite clasts.

3. Biopelmikrit mit Rhaxen und textulariiden Foraminiferen aus dem Zwischenriffbereich im oberen Profilabschnitt. Dünnschliff GPH-2001-II-8.

3. Biopelmicrite rich in rhaxes and textulariid foraminifers. Interreef facies (up-section).

4. Schwach oolithischer, bioklastenführender Pelmikrit mit akkumulierten Gastropoden und großen agglutinierenden Foraminiferen (aff. *Otaina*). Top des Riffkomplexes („Nerineenlage“) im Übergang zum *humeralis*-Oolith. Dünnschliff GPH-2001-II-9.

4. Oolitic to bioclastic Pelmicrite with accumulated gas-tropods and large agglutinating foraminifers (aff. *Otaina*). Top of the reefal complex (nerineid layer), transitional facies to the overlying *humeralis*-Oolith.

5. Oopelsparit mit stark mikritisierten Komponenten aus dem *humeralis*-Oolith. Dünnschliff GPH-2001-II-12.

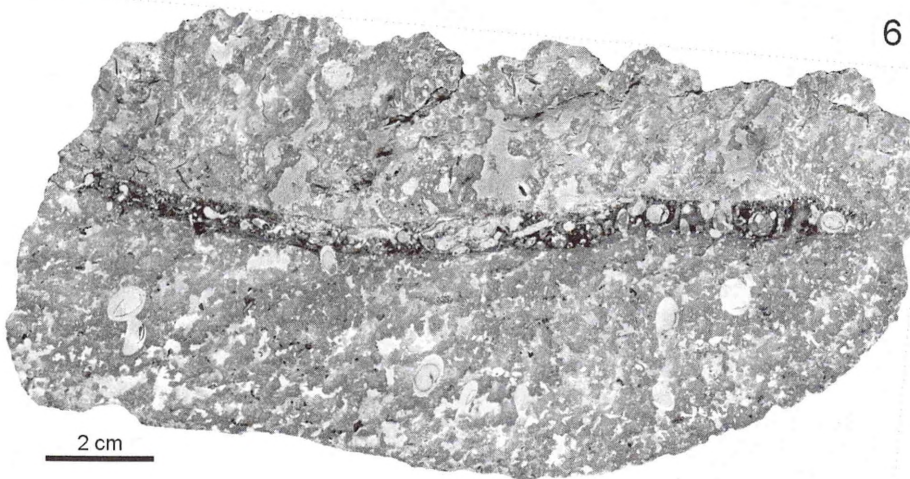
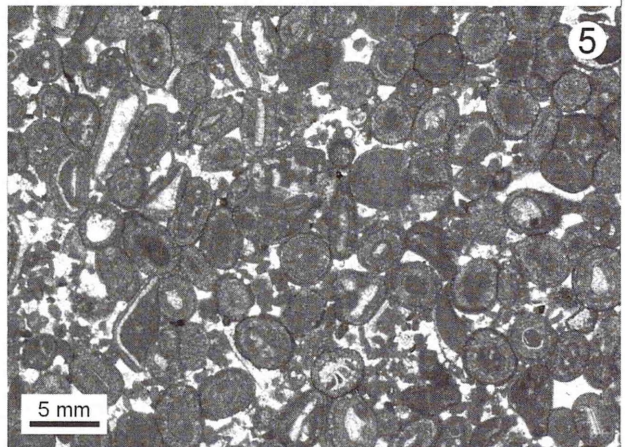
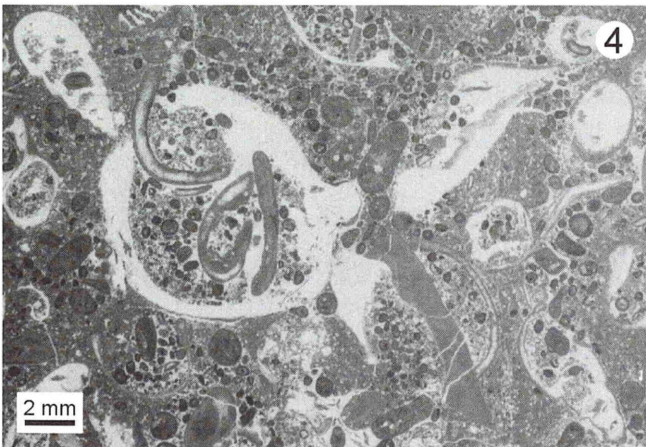
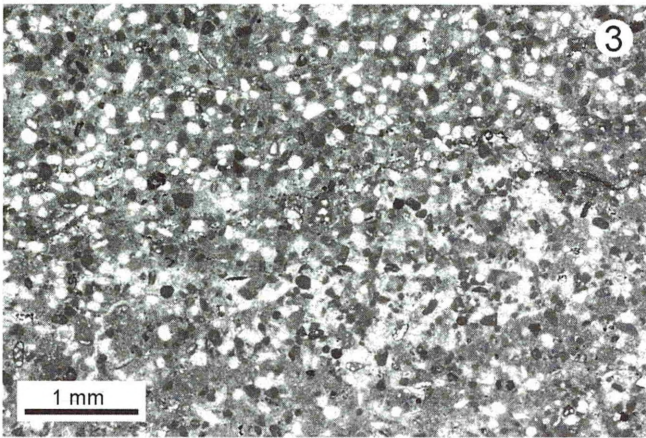
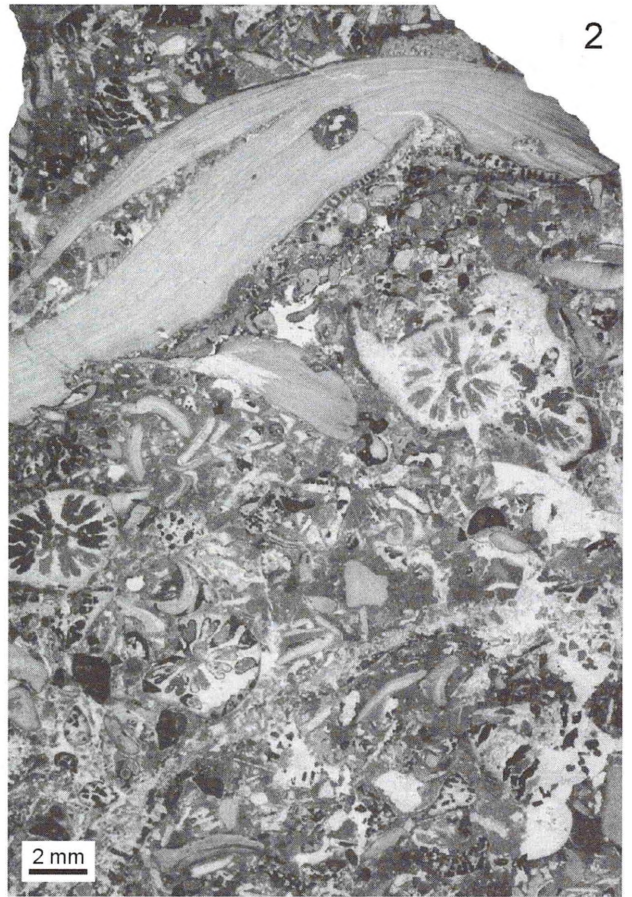
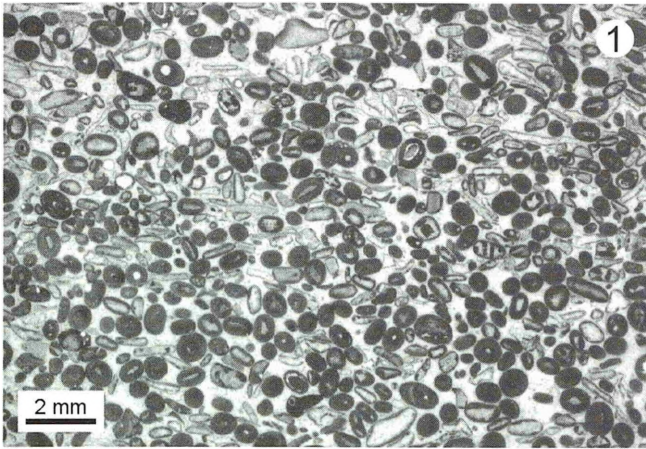
5. Oopelsparite with strongly micritized skeletal and non-skeletal grains.

6. Längsschnitt durch eine Mikroalithkruste mit plattigem Korallenstock im Zentrum (Anschliff). Koralle und Mikroalith sind stark angebohrt (*Gastrochaenolites* ichnosp., *Trypanites* ichnosp.). (GPH-2001-II-6).

6. Polished slab of a thin plate-like coral covered by thrombolite penetrated by borings (*Gastrochaenolites* ichnosp., *Trypanites* ichnosp.).

7. Riffkalk (Anschliff) aus mikrobiell umkrusteten Korallen und mikritischem Sediment als Zwickelfüllung. Bereits auf kleinem Raum spiegelt das Nebeneinander verschiedener Korallenarten (*Montlivaltia obconica* (links oben), *Isastrea* sp. (rechts unten), microsolenide Koralle (links unten)) die hohe Diversität der Korallenfauna des Hainholz-Riffkomplexes wider. (GPH-2001-II-7)

7. Polished slab of reef limestone showing a variety of corals (*Montlivaltia obconica*, *Isastrea* sp., microsolenid coral).



Hangendes der „Oberen Korallenbank“

Im Hangenden der „Oberen Korallenbank“ folgt der *humeralis*-Oolith mit gebankten, matrix-, seltener komponentengestützten Partikelkalksteinen (Packstones, Grainstones; Abb. 6/5). Sie führen i.d.R. Pelotide, stark mikritisierte Ooide (mittelgroß), Bioklasten („Cortioide“) und Intraklasten. Das Gestein ist fossilreich. Sehr häufig sind agglutinierende Foraminiferen (u.a. *Nautiloculina oolithica*), vor allem große agglutinierte Formen, deren Gehäuse Merkmale von *Ammobaculites/Haplophragmium* und *Otaina magna* (s. Ramalho, 1990) vereinen. Serpeln und Muscheln sind ebenfalls sehr häufig. Letztere sind mit mehreren Arten vertreten und machen den Großteil der Bioklasten aus. Ferner kommen Fragmente von Echinodermen, Schwämmen und Korallen, terebratulide Brachiopoden, Fischzähne (*Lepidotes* sp.), *Thalassinoides*-Gangsysteme und eingeschwemmte Pflanzenreste vor.

RIFFENTWICKLUNG UND UMWELTBEDINGUNGEN

Beginn des Riffwachstums

Der Kalkoolith im Liegenden des Riffkomplexes wurde in normalsalinem Milieu (Echinodermen, *Acicularia*, usw.) in einem flachen, stark bewegten (hoher Auswaschungsgrad, rel. große Ooide, starke Fragmentierung von Schalenresten) Flachwasser abgelagert. Der Meeresboden war wahrscheinlich durch Ooidünen gegliedert (großdimensionierte, trogförmige Schrägschichtung).

Das Riffwachstum setzte oberhalb eines angebohrten Hartgrundes ein. Die gleichmäßige und hohe Besiedlungsdichte und die unterschiedliche Größe der Muschelbohrungen weisen auf mehrere Generationen und längeres Freiliegen des Hartgrundes hin. Während mechanischer Erosionsprozesse wurden die obersten Zentimeter des Hartgrundes abgetragen und die Muschelbohrungen gekappt. Anschließend erfolgte die Besiedlung mit inkrustierenden Austern. Irgendwann veränderte sich das Milieu. Statt der bis dahin vorherrschenden Ooidproduktion fand Korallenwachstum statt und der Hartgrund wurde mit Riffschutt zugeschüttet. Da auf dem Hartgrund selbst keine Korallen aufgewachsen sind, muß der Riffschutt von nahegelegenen Korallenvorkommen herangeführt worden sein. Die groben Riffschuttkomponenten dienen Korallenlarven als Substrat und initiierten flächenhaftes Korallenwachstum. Es entstand die erste - basale - Korallenlage, aus der sich lokal Korallenstotzen entwickelten.

Abb. 7 (gegenüberliegende Seite): - Korallen aus dem Korallenriff-Komplex der Oberen Korallenbank im Steinbruch am Hainholz.

Fig. 7 (opposite page): - Corals from the reef complex of the Obere Korallenbank Member (Hainholz quarry).

1. *Thamnasteria concinna* (geweißt) mit *Nanogyra nana*-Bewuchs (GPH-2001-II-1).

1. *Thamnasteria concinna* overgrown by *Nanogyra nana*.

2. *Microsolena agariciformis* (Dünnschliffaufnahme). Die Bohrspur im Zentrum der Abbildung zeigt den für gastrochaenide Muscheln typischen 8-förmigen Aperiturquerschnitt. Dünnschliff GPH-2001-II-13.

2. *Microsolena agariciformis* with boring of gastrochaenide bivalve.

3. *Calamophylliopsis moreauna*, eine seltene phaceloide Koralle aus dem Riff-Komplex. Dünnschliff GPH-2001-II-18.

3. *Calamophylliopsis moreauna*, a rare element of the coral fauna.

4. Herausgewitterte *Stylosmilia corallina*-Kelche. Die Korallite stehen stellenweise so dicht gedrängt, daß sie an den Berührungsflächen miteinander verwachsen. Es entstehen submassive Partien, die die Resistenz der Kolonie gegenüber Welleneinwirkung erhöhen. Geweißt, (GPH-2001-II-2).

4. Typical submassive colony of *Stylosmilia corallina* with densely growing branches which are frequently cemented to each another. They form a three dimensional grid which enhances resistance towards detrimental effects of wave energy.

5. *Pseudocoenia fromenteli*. Geweißt GPH-2001-II-3.

5. *Pseudocoenia fromenteli*.

6. *Actinastrea pentagonalis*. GPH-2001-II-15.

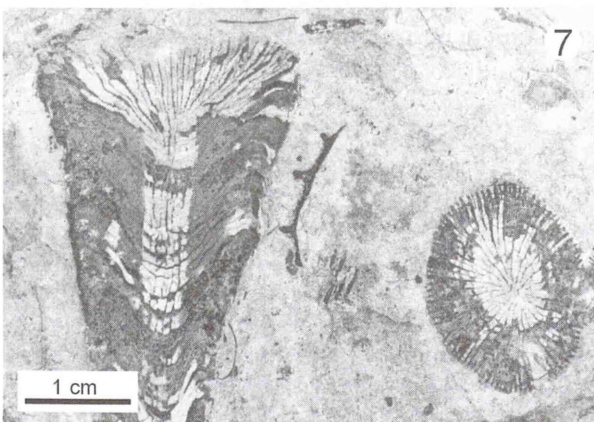
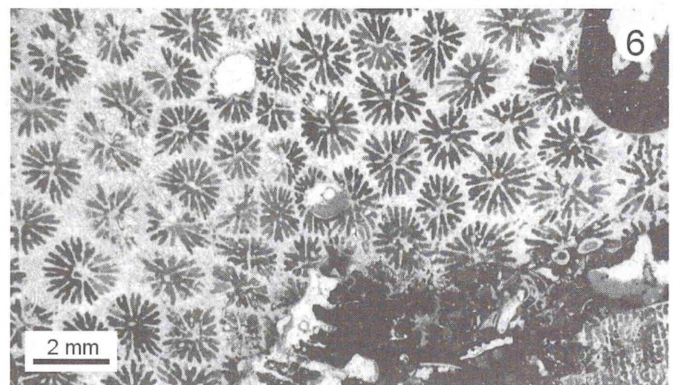
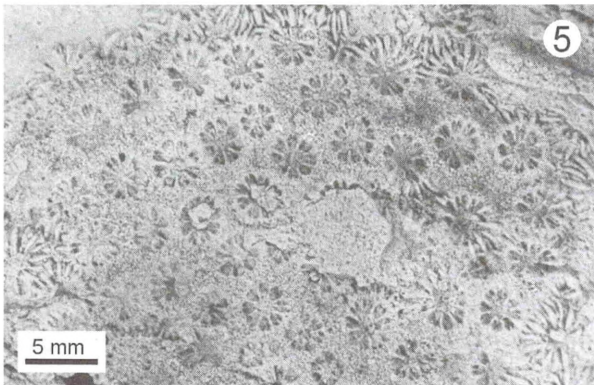
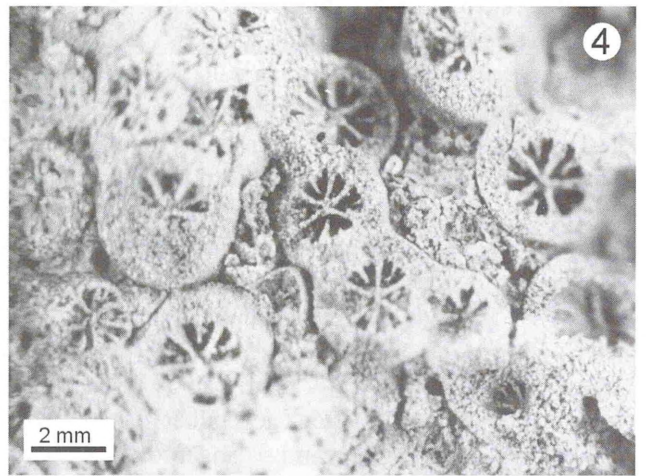
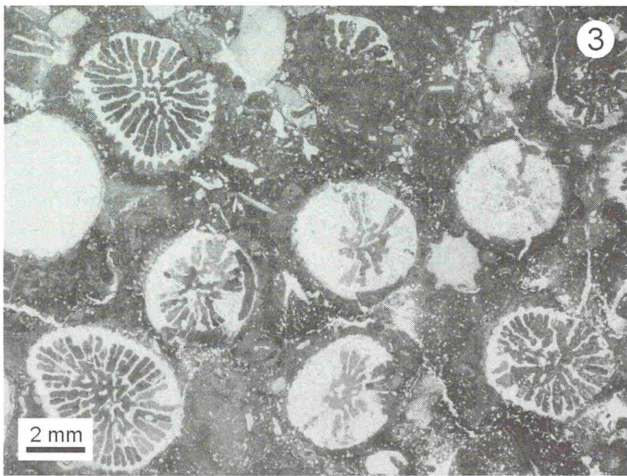
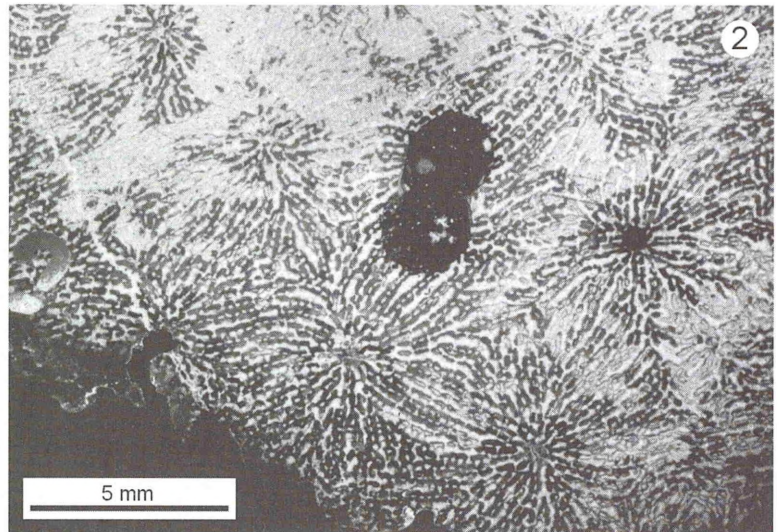
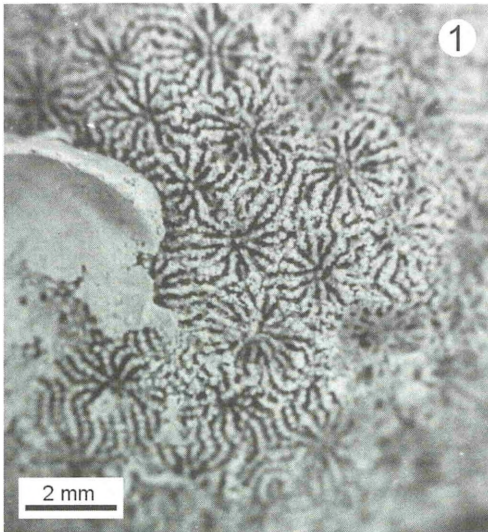
6. *Actinastrea pentagonalis*.

7. Äste von *Thecosmilia* sp. im Längs- und Querschnitt. Diese Koralle kommt bevorzugt im Zwischenriffbereich vor. (GPH-2001-II-4)

7. Corallites of *Thecosmilia* sp. in cross- and longitudinal section. They preferentially occupy interreef settings.

8. *Cladophyllia rollieri* (Foto) bildet submassive Partien, die den Stock stabilisieren. Im Unterschied zu *S. corallina* (Abb. 8/4) deformieren sich benachbarte Korallite gegenseitig. Trotz des engen Kontaktes verwachsen die Äste an den Berührungsflächen nicht miteinander (inkrustierende Foraminiferen im Kontakbereich). Dünnschliff GPH-2001-II-8).

8. *Cladophyllia rollieri* forms similar to *Stylosmilia corallina* (Abb. 8/4) submassive coralla which are stabilized against wave effects. In contrast to *S. corallina*, adjacent corallites do not show mutual intergrowth or fusion features as is indicated by encrusting foraminifers between neighboring branches.



Der Hartgrund bildete sich vermutlich während einer insgesamt transgressiven Meeresspiegelentwicklung. Wahrscheinlich enthält er mehrere hochfrequente Meeresspiegelschwankungen geringer Amplitude wie z.B. die mehrphasige Besiedelungs- bzw. Erosionsgeschichte dieser sedimentären Trennfläche andeuten.

Bathymetrie, Wasserenergie, Durchlichtung

Der Bildungsraum des Riffkomplexes ist insgesamt als flachmarin anzunehmen, wie zahlreiche flachwasseranzeigende Organismen (z.B.: *Koskinobullina socialis* (Nose, 1995; Schmid, 1996), *Solenopora* (Geister & Lathulière, 1991; Nose, 1995; Insalaco, 1996), Chaetetiden (Connolly et al., 1989)) belegen. Er weist jedoch deutliche Meeresspiegelschwankungen auf, auf die ein derartig flaches Ablagerungsmilieu sehr sensibel reagiert. Für den unteren Profilabschnitt belegt der grobe, überwiegend gut ausgewaschene Riffschuttalkstein eine hohe Wasserenergie in geringer Tiefe. Hierauf weisen auch das Fehlen von Bioturbation und die vielen umgelagerten massiven Korallenstöcke. Es kommen aber auch ästige Korallen vor, die im Oberjura allgemein auf Habitats mit geringer Wasserbewegung beschränkt sind (z.B.: Leinfelder, 1994; Nose, 1995). Ihr Auftreten läßt sich folgendermaßen erklären:

Die im Riffkomplex relativ häufig auftretenden Arten weisen eine gewisse Resistenz gegenüber hoher Wasserbewegung auf. Ihre Äste sind so angeordnet, daß submassive Bereiche entstehen, die die Kolonie stabilisieren. Dies geschieht einerseits durch Verzahnen der phaceloiden Äste wie im Fall von *Cladophyllia rollieri* (Abb. 7/8) oder die phaceloiden Äste sind seitlich miteinander verwachsen (*Stylosmilia corallina*; Abb. 7/4), so daß ähnlich vergitterte und mechanisch stabile Kolonien entstehen wie bei der ramosen *Thamnasteria dendroidea* (s. Helm & Schülke 2000a).

Die Korallenäste waren zu Lebzeiten der Koralle von Mikrobialith umkrustet, so daß der Korallenstock gegenüber Welleneinwirkung stabilisiert wurde (Nose, 1995; Helm & Schülke 1998). Die verzweigten Korallen kommen gewöhnlich nur vereinzelt vor. Möglicherweise siedelten sie im Strömungsschatten anderer Korallen (vgl. Schäfer, 1979).

Der Beginn des Riffwachstums im Osterwald geht auf eine transgressive Meeresspiegelentwicklung zurück, vermutlich der Transgressions-Systemtrakt eines Zyklus 3. Ordnung mit erheblicher (10er m-Bereich) Amplitude. Niedrigerfrequente Zyklen (4. Ordnung) bildeten sich z.B. in der Entwicklung der flächigen Korallenlagen ab. Im oberen Profilabschnitt tritt im Zwischenriffbereich anstelle des Riffschuttalksteins Peloidkalk-

Abb. 8 (gegenüberliegende Seite): - Korallen und andere Riff-Organismen aus dem Korallenriff-Komplex der Oberen Korallenbank im Steinbruch am Hainholz.

Fig. 8 (opposite page): - Corals and reef organisms from the reef complex of the Obere Korallenbank Member (Hainholz quarry).

1. Kleine, sclerospongiide Schwämme (*Neuropora* sp.) auf der Ober- und Unterseite eines *Fungiastrea arachnoides*-Fächers. Dünnschliff GPH-2001-II-17

1. Sponges (*Neuropora* sp.) occupying upper surface and underplate of a *Fungiastrea arachnoides* corallum.

2. Akkumulation von Megaskleren eines tetractinelliden Demospongea mit anatrienen Tetraxonen zwischen den Ästen eines *Stylosmilia corallina*-Stocks. Dünnschliff GPGH-2001-II-14.

2. Accumulated megasclerites of a tetractinellid Demospongea with anatriene tetraxons between the branches of a *Stylosmilia corallina* corallum.

3. *Hyposoropora* sp. auf der Unterseite einer microsoleniden Koralle. (GPH-2001-II-5).

3. *Hyposoropora* sp. fixed on the underplate of a micro-solenid coral.

4. *Tentilenticulina latens*, eine bislang nur aus dem englischen Oberjura bekannte (Hitchings, 1980) inkrustierende Foraminifere, die *Bulloporella rostrata* ähnelt. Dünnschliff GPH-2001-II-19.

4. *Tentilenticulina latens*, a hyaline encrusting foraminifer similar to *Bulloporella rostrata* which is up to now only known of Oxfordian coral reefs of southern England (Hitchings, 1980).

5. *Ptychochaetetes polyporus* auf der Oberseite einer microsoleniden Koralle (cf. *Meandrea*). Dünnschliff GPH-2001-II-20.

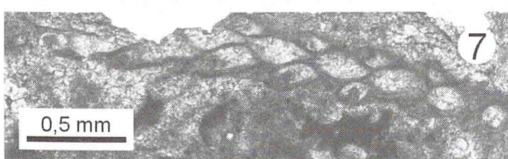
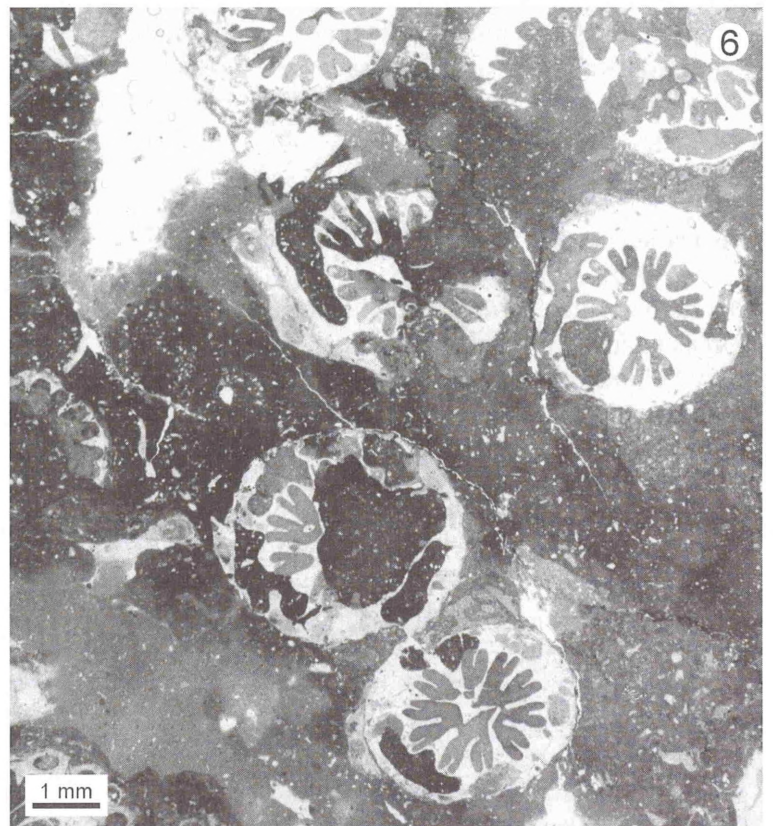
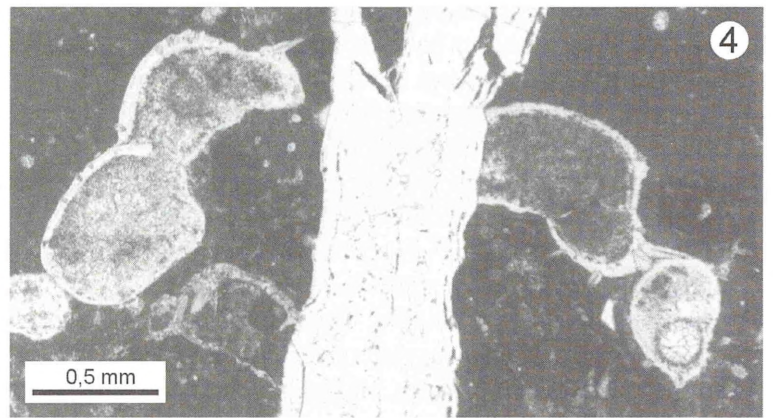
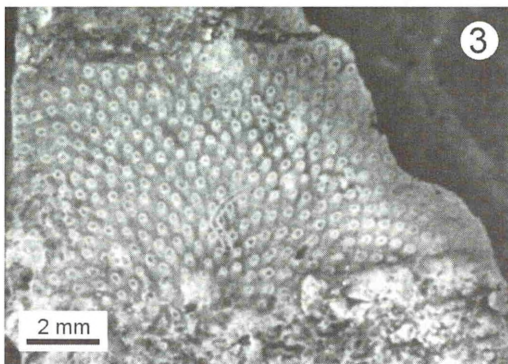
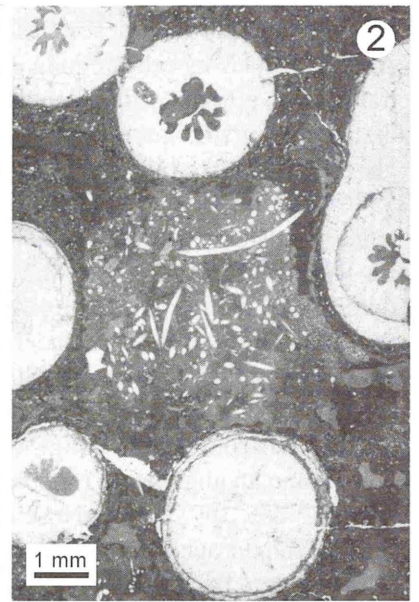
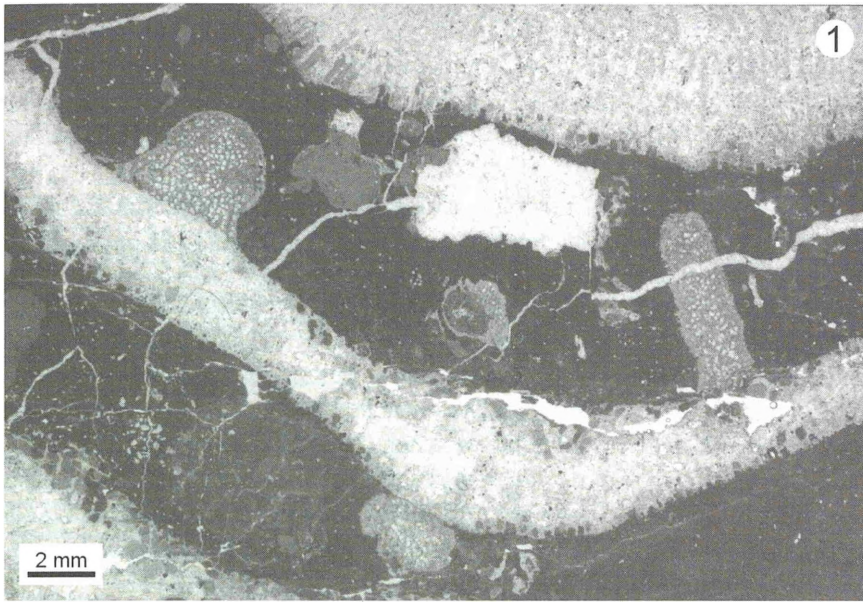
5. *Ptychochaetetes polyporus* intergrown with a micro-solenid coral (cf. *Meandrea*).

6. *Goniocora socialis*-Stock mit Bohrkerfen von cloniden Schwämmen (*Entobia* ichnosp.). Schwammbohrungen treten am Hainholz-Riffkomplex fast ausschließlich bei verzweigten Korallen auf. Dünnschliff GPH-2001-II-23.

6. *Goniocora socialis* with abundant sponge borings (*Entobia* ichnosp.). Such borings are mostly restricted to the epitheca of phaceloid or dendroid branched corals.

7. Längsschnitt einer erecten Bryozoe. Wahrscheinlich handelt es sich um *Tetrapora suevica*, deren abgebrochene Äste häufig in Schlammrückständen vorkommen. Dünnschliff GPH-2001-II-22.

7. Longitudinal section of an erect bryozoan highly re-simulating *Tetrapora suevica*. Such branches are typical constituents of the insoluble residue of a sieving process.



stein auf. Der niedrige Auswaschungsgrad, der relativ geringe Riffschuttgehalt und die geringe Korngröße der Riffschuttpartikel dieses Gesteins deuten auf eine Abnahme der Wasserbewegung und eine zunehmende transgressive Meeresspiegelentwicklung. Weitere Indizien hierfür sind gut erhaltene *Thalassinoides*-Gänge, die auf ein stabiles Substrat hinweisen (Werner, 1986) und zahlreiche im Peloidkalkstein eingeschaltete Mergelsteinlagen. Mergelsteinlagen kommen auch im Riffschuttalkstein vor. Sie sind hier allerdings durch ihre kurze Reichweite gekennzeichnet und treten nur in unmittelbarer Nähe der Korallenstotzen auf. Das weist auf Ablagerung im Strömungsschatten der Korallenstotzen. Bei den Korallen dominieren im oberen Profilabschnitt dünnplattige Morphotypen, die eine Anpassung an ungünstige Lichtverhältnisse darstellen sollen (Nose, 1995; 1999; Nose & Leinfelder, 1997). Ferner könnte auch das Fehlen von *Solenopora* und Chaetetiden für eine verminderte Durchlichtung sprechen. Während schlechte Lichtverhältnisse allein unterschiedliche Ursachen haben können (z.B. Wassertrübung infolge von starkem Planktonwachstum oder terrigenem Sedimenteintrag; Hallock & Schlager, 1986; Leinfelder, 1994), läßt eine Abnahme der Lichtintensität in Kombination mit einer Verringerung der Wasserenergie auf eine Zunahme der Wassertiefe schließen. Diese Annahme wird durch zahlreiche Ammoniten-Funde (*Dichotomosphinctes bifurcatoides*, *D. sp.*) im Peloidkalkstein gestützt. Theoretisch besteht die Möglichkeit, daß sie aus tiefergelegenen Beckenbereichen in den Riffkomplex eingeschwemmt wurden. Entsprechend tiefe Beckenbereiche, die geeignete Habitate für Ammonitenpopulationen bereitgestellt hätten, dürften aber im Niedersächsischen Becken während der Sedimentation des Korallenoolith nicht vorgelegen haben.

Korallenstotzen-Wachstum und Sedimentation

Die für den unteren Profilabschnitt charakteristischen Riffschuttareale nehmen eine weitaus größere Fläche bzw. Volumen als die „in situ-Riffe“ ein. Das Ausgangsmaterial für die Schuttproduktion wurde in den Riffkörpern bereitgestellt, für die die hohen Zuwachsraten der Korallenstöcke dieses Bereichs eine hohe Bioproduktivität belegen. Sie wurden durch die starke Bioerosion und ihre Position im turbulenten Flachwasser abgetragen. Daß große Bereiche der Korallenstotzen erodiert wurden, zeigt sich an dem im Verhältnis zur Zusammensetzung der „in situ-Korallenfauna“ überproportionalen Anteil von Bruchstücken ästig wachsender Korallen am Riffschutt. Dieses Mißverhältnis weist ferner darauf hin, daß es in näherer Umgebung Biokonstruktionen mit größeren Anteilen verzweigter Korallen gab, aus denen Riffschutt in den am

Hainholz aufgeschlossenen Bereich des Riffkomplexes exportiert wurde. Solche Vorkommen mit Dominanz von phaceloiden Korallen (vor allem *Stylosmilia corallina*) sind kürzlich erst aus der *florigemma*-Bank des Deisters bekannt geworden (Helm et al., 2000b; „Fleckenriff-Fazies“ nach Helm & Schülke, 2000b).

In rezenten Korallenriffen besteht in der Regel ein Gleichgewicht zwischen Schuttproduktion, Sediment

Abb. 9 (gegenüberliegende Seite): - Entwicklungsgeschichte des Osterwald-Riffkomplexes am Hainholz. **A** Regressionsphase: Bei moderater Wasserbewegung überwiegt das vertikale Korallenstotzenwachstum. Das Sediment zwischen den Riffkörpern wird permanent umgelagert und von fladenförmigen Korallen, die häufig eingekippt sind, und anderen Spezialisten wie der großwüchsigen Crinoide *Millericrinus munsterianus* besiedelt.

B Tempestit: Im Verlauf von schweren Stürmen werden die Korallenstotzen stark erodiert. Dabei wird viel Riffschutt produziert. Einige Riffstotzen werden eingeebnet und vollständig unter Riffschutt begraben.

C Wiederbesiedlung: Nach dem Sturmereignis beginnt die Wiederbesiedlung. Als Substrat dienen den Korallen insbesondere die eingerumpften Korallenstotzen und seltener auch große Riffkalkblöcke im Schutt.

D Transgressionsphase: Zeitweise ist die Wasserenergie soweit herabgesetzt, daß die Sedimentumlagerung und -zufuhr weitgehend unterbunden wird. Das ermöglicht die flächenhafte Ansiedlung von Korallen (Korallenlagen).

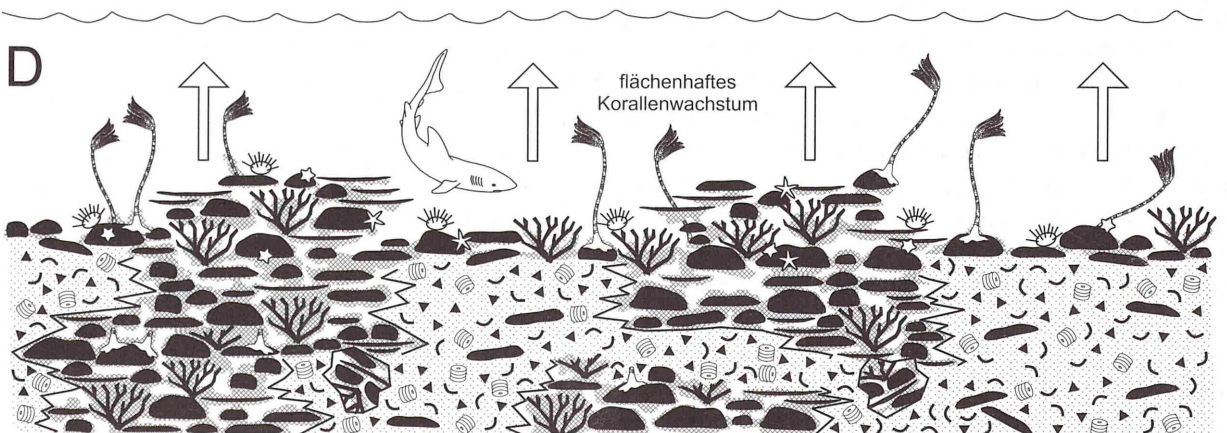
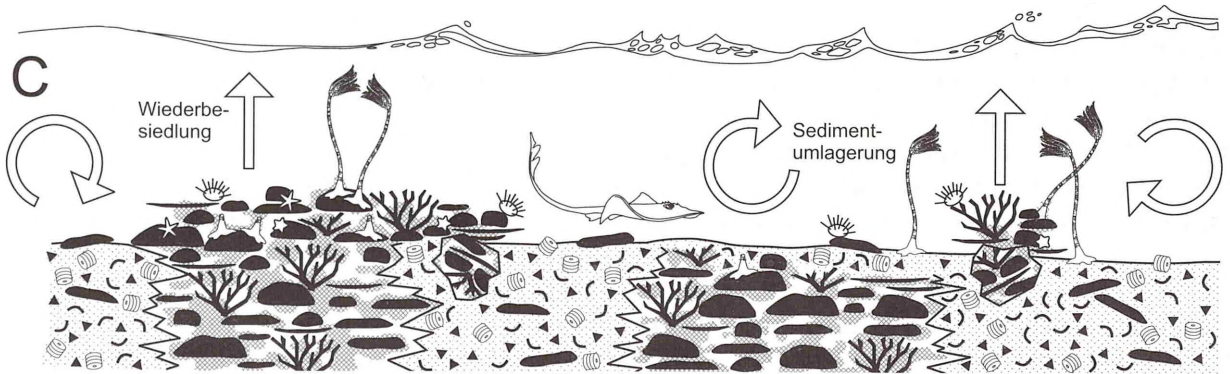
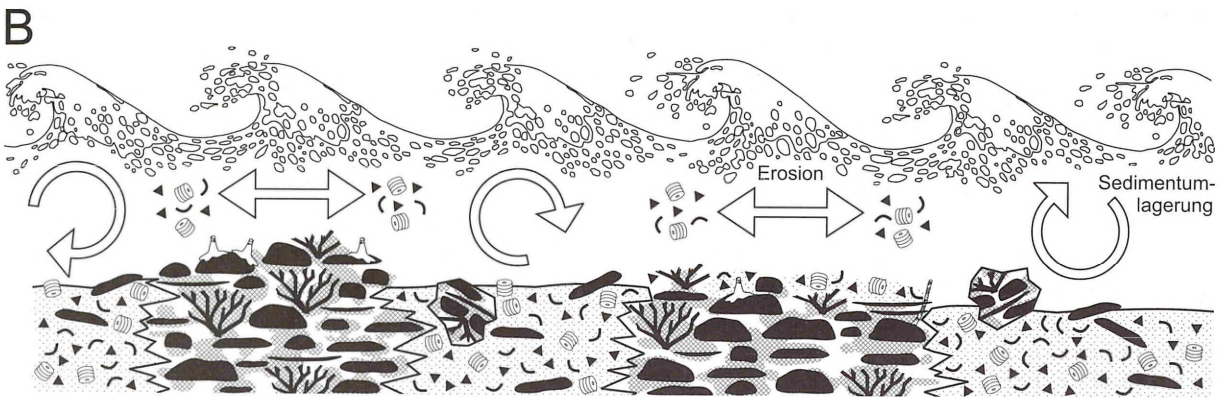
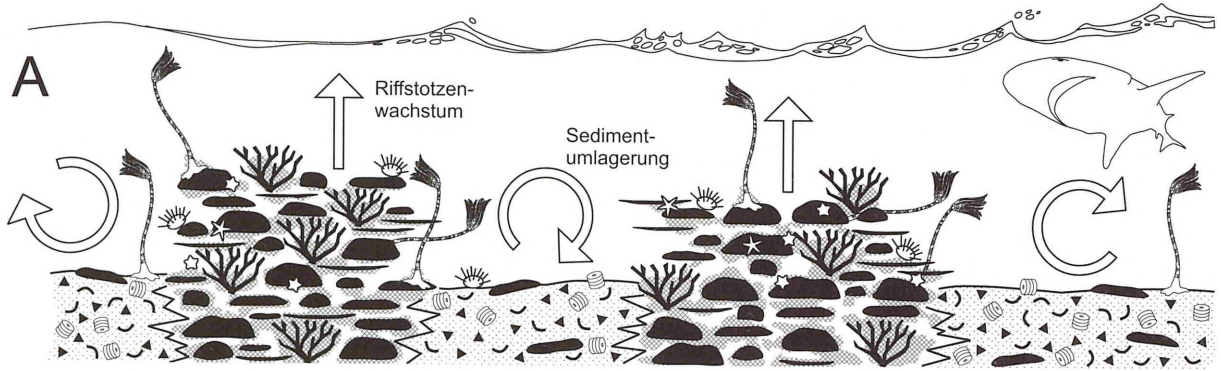
Fig. 9 (opposite page): - Synopsis of reef development and major sedimentary and erosional processes at Hainholz quarry (Obere Korallenbank Member). Note the effects of water currents. Not to scale.

A Regressive semicycle: During phases of low or moderate water energy, the vertical reef growth is undisturbed. Reef debris in interreef depressions is permanently reworked. Large fragments of reef bodies are occupied by frequently tilted plate-like corals. Specialists as *Millericrinus munsterianus* also occur.

B Tempestite phase: Phases of growth were interrupted by high energy events (storms), which lead to extensive erosion of the reefal bodies, produce large amounts of reefal debris, and the level relief. A few bioherms are completely covered by reef debris.

C Recovery phase: Renewed bioherm growth after storm. It took preferingly place on old rises (reef bodies and large blocks of reef debris subordinately).

D Transgressive semicycle: During transgressive semicycles only reduced erosional processes took place. Sediment accumulation of coarse grained debris deposits decreases and allowed biostrome development (coral layers).



export in den Rück- und Vorriffbereich und Stabilisierung des verbleibenden Sediments durch bindende Organismen (ausgeglichene Sedimentbalance, Leinfelder, 1994). Im untersuchten Riffkomplex ist die Sedimentbalance gestört. Wegen des ausgeglichenen Reliefs des Ablagerungsraumes konnte anfallender Riffschutt nicht aus dem Riffkomplex abgeführt werden und wurde in unmittelbarer Umgebung der Riffkörper abgelagert (vgl. Leinfelder, 1994; Herrmann, 1996). Außerdem fehlten bindende Organismen (z.B. Kalkalgen) die das Sediment gegenüber Wellenbewegung stabilisierten (eingekippte, autochthone/paraautochthone Korallenstöcke, Fehlen von Übergußschichtung).

Vermutlich fand die Hauptriffschuttproduktion ereignisbezogen (z.B. bei Stürmen; Abb. 9B) statt. Darauf weist auch der hohe Anteil verzweigter Korallen am Riffschutt, die besonders sturmanfällig sind (Geister, 1975). Die grobkörnigen Riffschuttansammlungen in den gradierten Schillagen im überlagernden Peloidkalkstein können dementsprechend als Tempestite gedeutet werden. Da das hohe Alter einiger Korallenstöcke auf stabile Umweltbedingungen in den Korallenstotzen weist, müssen diese Ereignisse relativ selten gewesen sein, so daß für die Rifforganismen kein Dauerstreß bestand und genügend Zeit zur Regeneration/Wiederbesiedlung gegeben war. In den Riffschuttarealen zwischen den Riffkörpern konnten sich wegen der starken Sedimentmobilität in diesen Bereichen keine stabilen Umweltverhältnisse einstellen (eingekippte Korallenstöcke mit z.T. mehrfacher Änderung der Wachstumsrichtung der Korallite; Abwesenheit von mikrobiellen Krusten).

Obwohl auch den in situ Korallenstöcken der Riffkörper Crinoiden-Haftwurzeln aufsitzen, scheint der Crinoidenreichtum (*Millericrinus munsterianus*, *Apiocrinites* sp.) hauptsächlich an die Riffschuttareale gekoppelt zu sein. So kommen im oberen Bereich des Riffprofils und in den Korallenvorkommen der *florigemma*-Bank, wo solche Riffschuttakkumulationen fehlen, keine oder nur selten Crinoiden vor. Eine vergleichbare Situation beschreiben Hantzpergue (1991) von Kimmeridgium-zeitlichen Korallenriffen am N-Rand des Aquitaine Beckens (Frankreich) und Klikushin (1996) von oberjurassischen Korallenriffen auf der Krim (Schwarzes Meer). Nach Klikushin (1996) besitzen großwüchsige Millericriniden eine Affinität zu grobkörnigem Substrat, wie es z.B. an den Flanken von Korallenriffen auftreten kann. Möglicherweise fanden sie im Riffschutt geeignetes Substrat zur Fixierung, wodurch ihnen sehr viel Siedlungsfläche zur Verfügung gestanden hätte. Am Hainholz deuten hierauf *Millericrinus munsterianus*-Haftscheiben aus dem Riffschutt, die auf Riffschutt-komponenten aufgewachsen sind. Außerdem überragten die um 1 m hohen Millericriniden auf den ebenen Riffschuttflächen sämtliche Nahrungskonkurrenten (vgl.

Klikushin, 1996). Die zahlreichen Crinoidenstiele sprechen darüber hinaus dafür, daß kurzfristig viel Riffschuttmaterial anfiel und häufig nicht weit transportiert wurde, daher rasch Riffschuttakkumulation und Über-einanderstapelung stattfanden (vergleichbar einer Obruptionslagerstätte). Dies erklärt auch, daß Riffschutt-komponenten nicht von Mikrobialith umkrustet sind: Sie stellten zwar geeignetes Substrat dar, wurden aber sehr schnell von Riffschutt verschüttet.

Die im Riffschuttalkstein eingeschalteten Korallenlagen belegen transgressive Phasen in denen die Wasserenergie vermutlich soweit herabgesetzt war (mikritische Matrix), daß die Sedimentumlagerung und der Riffschutteintrag weitgehend unterbunden und das Substrat stabil war (Abb. 9D). Dies ermöglichte den Korallen flächenhaftes Wachstum. In regressiven Phasen, im Verlauf derer die Wasserenergie wieder erhöht war, wurden die Korallenlagen von Riffschutt bedeckt und starben bis auf kleine Bereiche ab, aus denen sich im Anschluß neue Korallenstotzen entwickelten. Es fällt auf, daß sich das Korallenwachstum bevorzugt oberhalb bestehender Korallenstotzen durchsetzte. Möglicherweise prägte sich ihr Relief durch, so daß hier gegenüber der Umgebung ein positives Relief bestand, das einen gewissen Schutz vor Verschüttung bot. Auf diese Weise erklärt sich auch die hohe akkumulative Mächtigkeit der Korallenstotzen. Weitaus seltener geht neues Stotzenwachstum von großen Riffkalkblöcken im Riffschutt aus (Abb. 9C).

Der permanent im Zwischenriffbereich ab- und umgelagerte Riffschutt (Abb. 9A) und die erosiven Vorgänge verhinderten jedoch, daß die Korallenstotzen ein deutliches Relief ausbilden konnten. Hierauf weisen die starke Verzahnung von Korallenstotzen mit Riffschutt und das Fehlen von Riffüberhängen hin. Vermutlich erhoben sich die Riffkörper nur wenige Dezimeter über den Meeresboden. Einige Korallenstotzen konnten die Schuttakkumulation/-umlagerung nicht durch ihr Wachstum kompensieren und wurden unter Riffschutt begraben.

Im oberen Zwischenriffbereich nimmt die Schuttproduktion ab und Riffschutt tritt nur noch untergeordnet im Peloidkalkstein auf. Für den Rückgang der Riffschuttanlieferung ist vermutlich die bereits diskutierte Verminderung der Wasserenergie infolge weiteren Meeresspiegelanstiegs verantwortlich. Trotz des wahrscheinlich geringen Sedimenteintrags gibt es in diesem Profilabschnitt ebenfalls keine Hinweise auf ein ausgeprägtes Relief der Korallenstotzen. Eine denkbare Ursache ist die geringe vertikale Zuwachsrates der hier dominierenden dünnplattigen und foliosen Korallen (vgl. Nose, 1999). In den Riffkörpern selbst wurde nur wenig grobkörniges, bioklastisches Material und dafür

verstärkt Kalkschlamm, wahrscheinlich z.T. als Produkt der Bioerosion und terrigener Ton abgelagert. Im Gegensatz zum Zwischenriffbereich, wo diese feinkörnigen Komponenten weitgehend ausgewaschen sind, waren sie in den Zwischenräumen des Riffgerüsts vor starker Wasserbewegung geschützt (vgl. Scoffin, 1993). Die groben Riffschuttbestandteile konnten dagegen nicht in die meist sehr kleinen Hohlräume eindringen und wurden aus den Riffkörpern in die tiefergelegenen Zwischenriffbereiche gespült.

Mikrobalith fungierte in den Riffkörpern als Sedimentbinder. Außerdem hatten die bereits syndementär verfestigten (Bohrspuren, Inkrustierer) Krusten noch einen weiteren Effekt, der wesentlich zum Überleben der Riffkörper beitrug. Sie stabilisierten das Riffgerüst und erhöhten so seine Resistenz gegenüber erosiven Vorgängen.

Ende des Riffwachstums

Die Nerineen-Bank im obersten Profilabschnitt zeigt die Umkehr des längerfristigen Meeresspiegeltrends (3. Ordnung) und das Ende des Riffwachstums an. Mit dem Einsetzen dieses Horizonts fand erneut Ooid-Produktion statt, die ebenso wie der zum Hangenden hin zunehmende Auswaschungsgrad des Gesteins auf eine Erhöhung des Energieniveaus deutet. Dabei wurde vermutlich in kurzer Zeit sehr viel Material produziert. Die an niedrige Sedimentationsraten angepaßten, dünn-plattig und folios wachsenden Korallen (Nose, 1995; 1999; Leinfelder, 1994; Nose & Leinfelder, 1997) konnten die hohe Sedimentanlieferung wahrscheinlich nicht durch ihre geringen Zuwachsraten kompensieren und wurden verschüttet. Außerdem verhinderten die Mobilität und die geringe Korngröße des Substrats die neuerliche Ansiedlung von Korallenlarven (vgl. Geister, 1975).

Nerineen sind generell an Plattformkarbonate gebunden und treten häufig massenhaft auf und bilden „Nerineenbänke“, wie sie auch im Korallenoolith und im NW-deutschen „Kimmeridge“ ausgebildet sind. Nach Huckriede (1967) entstanden die Nerineen-Horizonte im NW-deutschen Kimmeridge unter hypersalinaren Verhältnissen. Die des Korallenoolith (z.B.: Credner, 1863; Helm et al., 2001b) entstanden dagegen unter „normalen“ Bedingungen, worauf auch die normal-marine Fauna (Echinodermen, Brachiopoden, Korallen) der Kalksteine im Hangenden des untersuchten Riffkomplexes hinweist. Korallenfragmente im *humeralis*-Oolith deuten ferner darauf hin, daß auch noch nach Absterben der Riffkörper zumindest in näherer Umgebung, vermutlich beckenwärtig des Untersuchungsgebietes, Korallenwachstum stattfand.

Nerineen-Horizonte, die im Verlauf regressiver Hemi-zyklen abgelagert wurden, kommen in oberjurassischen Flachwasser-Karbonaten häufig vor und sind sowohl regional (Hoyer 1965; Helm & Schülke 2001), als auch überregional (z.B. Werner 1986) belegt. Sie stellen regional leicht verfolgbare sedimentäre Trennflächen dar und sind in diesem Fall eine Sequenzgrenze 3. Ordnung.

AUSBLICK

Der Osterwald-Riffkomplex stellt aufgrund der erheblichen Riffschuttproduktion einen Ausnahmetypus im Vergleich zu anderen Riffen im NW-deutschen Oberjura-Becken dar. Inwieweit die große Bedeutung von Riffschuttkalksteinen auf die gesamte im Osterwald aufgeschlossene „Obere Korallenbank“ übertragbar ist, müssen nachfolgende Untersuchungen weiterer Aufschlüsse zeigen. In diesem Zusammenhang verdienen insbesondere die bisher unbekanntenen Korallenvorkommen im ca. 10 km SW' gelegenen Ith eine nähere Betrachtung. Außerdem weist die Korallenfauna mit über 37 Taxa eine ebenfalls nicht in vergleichbarer Form gefundene Diversität auf. Der untersuchte Riffkomplex belegt in beispielhafter Weise, daß Riffe und Riffentwicklung im Korallenoolith NW-Deutschlands eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere Faunenvergleiche zu Riffen außerhalb des NW-deutschen Beckens (z.B. Tethys, S-England usw.) legen einen deutlichen submediterranen Einfluß in der Korallenoolith-Zeit, besonders im mittleren Korallenoolith, nahe. Die Ähnlichkeit der Faunen- und Florenelemente zu denen der Tethys ist verglichen mit denen z.B. S-Englands größer, so daß das Niedersächsische Becken als Teil der submediterranen Provinz und nicht, wie bislang angenommen, als Teil der borealen Faunenprovinz eingestuft werden muß (s. Helm et al., 2001b).

Weitere Untersuchungen an den Riffen des NW-deutschen Beckens werden insbesondere hinsichtlich ihrer Bildung im Rahmen der gesamten Beckenentwicklung durchgeführt. So ist trotz umfangreicher Untersuchungen bisher keine allgemeingültige biostratigraphische Gliederung entwickelt worden, die eine hochauflösende Korrelation der Riff-führenden Horizonte erlaubt. Daher können hinsichtlich der stratigraphischen Position des Osterwald-Riffkomplexes im Verhältnis zu z.B. den Riffen der *florigemma*-Bank keine endgültigen Angaben gemacht werden. Ob die „Obere Korallenbank“ des Osterwaldes auch ein zeitliches und nicht nur ein fazielles Äquivalent darstellt, ist bislang unklar. Es besteht auch die Möglichkeit, daß die Sohlfläche des Riffhorizontes im Osterwald die gleiche Sequenzgrenze 3. Ordnung wie die sog. „Hauptdiskontinuitätsfläche“ im Hangenden der *florigemma*-Bank darstellt. Auch die

Nerineenbank, die den Riffkomplex nach oben abschließt, könnte im Sinne der „Event-Stratigraphie“ eine Korrelation ermöglichen. Anknüpfungspunkte bestehen einerseits zur „Nerineenbank“ im Dachbereich der *florigemma*-Bank, wie sie im Süntel ausgebildet ist, und andererseits zu einer Nerineenbank wenige m im Hangenden der *florigemma*-Bank im Deister (Helm & Schülke, 2000b). Entsprechende Untersuchungen werden von der Arbeitsgruppe in Hannover derzeit angestellt, die jedoch auch die Einflüsse syndimentärer Tektonik in den einzelnen Korallenoolith-Aufschlußgebieten berücksichtigen muß.

DANKSAGUNG

Wir bedanken uns bei den Rohstoffbetrieben Eldagsen (Werk Wülfiginghausen), insbesondere bei Herrn Famulla, für die Erlaubnis zum Betreten des Steinbruchs. E. Mönnig (Coburg) danken wir uns für die Bestimmung der Ammoniten. Dieses Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG; Projekt.-Nr.: Fi 136/27-1) finanziell unterstützt.

LITERATUR

- Bertling, M.** (1993a) Riffkorallen im Norddeutschen Oberjura - Taxonomie, Ökologie, Verteilung. *Paläontographica*, **A 226**(4-6), 77-123, Stuttgart.
- Bertling, M.** (1993b) Ecology and distribution of the Late Jurassic Scleractinian *Thamnasteria concinna* (Goldfuss) in Europe. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **105**, 311-335, Amsterdam.
- Bertling, M.** (1994) Ökologie und Taxonomie koraleninkrustierender Bryozoen des Norddeutschen Malm. *Paläont. Z.*, **68**(3/4), 419-435, Stuttgart.
- Bertling, M.** und **König, W.** (2000) Der Korallenoolith von Wülfiginghausen im Osterwald. *Arbeitskr. Paläont. Hannover*, **28**(4), 100-110, Hannover.
- Connoly, W.M., Lambert, L.L.** und **Stanton, R.J.** (1989) Paleoecology of Lower and Middle Pennsylvanian (Upper Carboniferous) *Chaetetes* in North America. *Facies*, **20**, 139-168, Erlangen.
- Credner, H.** (1863) *Über die Gliederung der oberen Juraformation und der Wealdenbildung im nordwestlichen Deutschland + Anhang. Über die Nerineen und Chemnitzien im oberen Jura Norddeutschlands*, 192 S., Prag.
- Dahlgrün, F.** (1923) Tektonische, insbesondere kimmerische Vorgänge im mittleren Leinebergland. *Jb. Preuß. Geol. L.-Anst.*, **42**, 723-763, Berlin.
- Fürsich, F.T., Pandey, D.K., Oschmann, W., Jaitly, A.K.** und **Singh, I.B.** (1994) Ecology and adaptive strategies of corals in unfavourable environments: Examples from the Middle Jurassic of the Kachchh Basin, Western India. *N. Jb. Geol. Paläont.*, **194**(2/3), 269-303, Stuttgart.
- Geister, J.** (1975) Riffbau und geologische Entwicklungsgeschichte der Insel San Andres (westliches Karibisches Meer, Kolumbien). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, Ser. B, **15**, 203 S., Stuttgart.
- Geister, J.** und **Lathuilière, B.** (1991) *Jurassic coral reefs of the northeastern Paris Basin (Luxembourg and Lorraine). Excursions-Guidebook, VI Int. Symp. of fossil Cnidaria*, 112 S., Münster.
- Gramann, F., Heunisch, C., Klassen, H., Kockel F., Dulce, G., Harms, F.-J., Katschorek, T., Mönnig, E., Schudack, M., Schudack, U., Thies, D.** und **Weiss, M.**, (1997) Das Niedersächsische Oberjura-Becken - Ergebnisse interdisziplinärer Zusammenarbeit. *Z. dt. geol. Ges.*, **148**, 165-236, Stuttgart.
- Hallock, P.** und **Schlager, W.** (1986) Nutrient excess and the demise of coral reefs carbonate platforms. *Palaios*, **1**, 389-398, Tulsa.
- Hantzperque, P.** (1991) *The Jurassic Reef formations on the northern margin of the aquitaine basin. I.U.G.S. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy. 3rd International Symposium on Jurassic Stratigraphy. Post-Symposium field trip September 28-29, 1991*, 57 S., Pointiers.
- Helm, C.** (1998) Paläokarst-Erscheinungen im Oberjura (Oxfordium, Dachfläche der *florigemma*-Bank, Korallenoolith, Hauptdiskontinuität) von NW-Deutschland (Süntel). *Ber. Naturhist. Ges. Hannover*, **140**, 99-120, Hannover.
- Helm, C., Fischer, R.** und **Schülke, I.** (2000a) Fauna und Fazies oberjurassischer Korallenriffe (*florigemma*-Bank, Korallenoolith, Oxfordium) in NW-Deutschland. *Terra Nostra*, **00**(3), 44, Coburg.
- Helm, C., Fischer, R.** und **Schülke, I.** (2000b) Fazielle Ausbildung und „Riffe“ der *florigemma*-Bank (Korallenoolith, Oxfordium, Oberjura) im Niedersächsischen Becken (NW-Deutschland). *unveröff. Abschlußbericht (DFG)*, 16 S., Hannover (Dezember 2000).
- Helm, C., Reuter, M.** und **Schülke, I.** (2001a): Oberjurassische comatulide Crinoiden (Haarsterne) aus Riff-Habitaten (Korallenoolith, NW-Deutschland). 71. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft (Vorträge und Poster), Oldenburg [in Vorb.].
- Helm, C.** und **Schülke, I.** (1998) A Coral-microbialite Patch Reef from the Late Jurassic (*florigemma*-Bank, Oxfordian) of NW Germany (Süntel Mount-ains). *Facies*, **39**, 75-104, Erlangen.
- Helm, C.** und **Schülke, I.** (1999) Ein „Tethys-Riff“ im Korallenoolith (Oxfordium) von Nordwestdeutschland. *Zbl. Geol. Paläont.* Teil I, **1998**(5-6), 399-414, Stuttgart.
- Helm, C.** und **Schülke, I.** (2000a): Contact reactions and fusion of Upper Jurassic ramsose coral *Tham-*

- nasteria dendroidea* in a patch reef environment. *Coral Reefs*, **19**, 89-92, Berlin.
- Helm, C. und Schülke, I.** (2000b) Der Korallenoolith (Oxfordium) im Deister (NW-Deutschland): Eine Re-Evaluation der Fazies, Stratigraphie und Mächtigkeit. *Ber. Naturhist. Ges. Hannover*, **142**, 233-25, Hannover.
- Helm, C., Schülke, I. und Fischer, R.** (1999) Tethydische Foraminiferen aus dem subborealen Oberjura von NW-Deutschland. *Terra Nostra*, **99**(8), 34, Zürich.
- Helm, C., Schülke, I. und Fischer, R.** (2001b) Paläobiogeographie des Korallenoolith (Mittleres Oxfordium - Unteres Kimmeridgium, NW-Deutschland, Niedersächsisches Becken). *Geol. Beitr. Hannover*, **2**, Hannover.
- Herrman, R.** (1996) Entwicklung einer oberjurassischen Karbonatplattform: Biofazies, Riffe und Sedi-mentologie im Oxfordium der Zentralen Dobrogea (Ost-Rumänien). *Berliner geowiss. Abh.*, **19**, 1-101, Berlin.
- Hitchings, V.H.** (1980) *Tentilenticulina latens*, n. gen., n. sp., a new foraminifer from the Corallian (Jurassic), Great Britain. *Micropaleontology*, **26** (2), 216-221, New York.
- Hoyer, P.** (1965) Fazies, Paläogeographie und Tektonik des Malm im Deister, Osterwald und Süntel. *Beih. geol. Jb.*, **61**, 249 S., Hannover.
- Huckriede, R.** (1967) Molluskenfaunen mit limnischen und brackischen Elementen aus Jura, Serpult und Wealden NW-Deutschlands und ihre paläogeographische Bedeutung. *Beih. geol. Jb.*, **67**, 1-263, Hannover.
- Insalaco, E.** (1996) Upper Jurassic microsolenid-biostromes of northern and central Europe: Facies and depositional environment. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **121**, 169-194, Amsterdam.
- Insalaco, E.** (1999) Facies and palaeoecology of Upper Jurassic (Middle Oxfordian) coral reefs in England. *Facies*, **40**, 81-100, Erlangen.
- Klikushin, V.G.** (1996) Late Jurassic crinoids from Sudak environs (Crimea). *Palaeontographica*, **A 238** (5/6), 97-151, Stuttgart.
- Klüpfel, W.** (1931) Stratigraphie der Weserkette (Oberer Dogger und Malm unter besonderer Berücksichtigung des Ober-Oxford). *Abh. preuß.-geol. L.-Anst.*, N.F., **129**, 13-423, Berlin.
- Leinfelder, R.R.** (1994) Karbonatplattformen und Korallenriffe innerhalb siliziklastischer Sedimentationsbereiche (Oberjura, Lusitanisches Becken, Portugal). *Profil*, **6**, 1-207, Stuttgart.
- Leinfelder, R.R.** (1997) Coral reefs and carbonate platforms within a siliciclastic setting: General aspects and examples from the Late Jurassic of Portugal. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.*, **2**, 1737-1742, Panama City.
- Mönnig, E. und Bertling, M.** (1995) Exkursion C. - 65. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft (Exkursionsführer). *Terra Nostra*, **95**(5), 84-124, Hildesheim.
- Naumann, E.** (1927) Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Lfg. 265, Blatt Eldagsen (Nr.2088). *Preuß. geol. L.-Anst.*, 57 S., Berlin.
- Negus, P.** (1983) Distribution of the British Jurassic corals. *Proc. Geol. Assoc.*, **94**, (3), 251-257, London.
- Nose, M.** (1995) Vergleichende Faziesanalyse und Paläökologie korallenreicher Verflachungsabfolgen des iberischen Oberjura. *Profil*, **8**, 1-237, Stuttgart.
- Nose, M.** (1999) Environmental control on the morphology and the linear growth rate of *Microsolena agariciformis* Etallon (Scleractinia) from the Upper Jurassic of Portugal. *Profil*, **16**, 125-133, Stuttgart.
- Nose, M. und Leinfelder, R.R.** (1997) Upper Jurassic coral communities within siliciclastic settings (Lusitanian Basin, Portugal): Implications for symbiotic and nutrient strategies. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.*, **2**, 1755-1760, Panama City.
- Plote, H.** (1959) *Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Korallenoolith zwischen Wesergebirge und Gifhorner Trog*. Diss. TH Braunschweig, 76 S. [unveröff.]
- Ramalho, M.M.** (1990) *Otaina magna* n. gen., n. sp., foraminifère nouveau du Kimméridien du Portugal. *Commun. serv. geol. Portugal*, **76**, 55-60, Lissabon.
- Reuter, M.** (2000) *Geologische Kartierung des NE' Osterwaldes (Umgebung des Weißen Stein, SW Klostergut Wülfighausen) (Quartär abgedeckt) und Untersuchung eines oberjurassischen Riffkomplexes (Korallenoolith, Mittel-Oxfordium) im östlichen Osterwald (Werk Wülfighausen der Rohstoffbetriebe Eldagesen, Hainholz)*. Dipl.-Kart. u. -Arb. Univ. Hannover, 89 S., Hannover
- Reuter, M., Fischer, R., Helm, C. und Schülke, I.** (2000) Aufbau eines oberjurassischen Riffkomplexes aus dem Korallenoolith des Osterwaldes (Niedersächsisches Becken). *Mitt. Ges. Geol. Bergbau-stud. Österr.*, **43**, 114-115, Wien.
- Reuter, M., Fischer, R., Helm, C. und Schülke, I.** (2001) Schwämme in oberjurassischen Korallen-Mikrobialith-Riffen – eine Fallstudie aus dem Riffkomplex des Osterwaldes („Obere Korallenbank“, Korallenoolith; NW-Deutschland). 71. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft (Vorträge und Poster), Oldenburg [in Vorb.].
- Rosendahl, S.** (1985) Die oberjurassische Korallenfazies von Algarve (Südportugal). *Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart.*, N.F., **82**, 1-125, Stuttgart.

- Schäfer, P.** (1979) Fazielle Entwicklung und palökologische Zonierung zweier obertriadischer Riffstrukturen in den nördlichen Kalkalpen ('Oberrhät'-Riff-Kalke, Salzburg). *Facies*, **1**: 3-245, Erlangen.
- Schmid, D.U.** (1996) Marine Mikrobolithe und Mikroinkrustierer aus dem Oberjura. *Profil*, **9**, 101-251, Stuttgart.
- Schönfeld, M.** (1979) Stratigraphische, fazielle, paläogeographische und tektonische Untersuchungen im Oberen Malm des Deisters, Osterwaldes und Süntels (NW-Deutschland). *Clausthaler Geol. Abh.*, **35**, 270 S., Clausthal-Zellerfeld.
- Schülke, I., Delecat, S. und Helm, C.** (1998) Oberjura-Riffe in NW-Deutschland: Ein Überblick. *Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover*, **38** (Groetzner-Festschrift), 191-202, Hannover.
- Schülke, I. und Helm, C.** (2000) A new thecideidid species (Brachiopoda, Spiriferida) from the Late Jurassic (Oxfordian) of Northwestern Germany. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **2000**(6), 257-270, Stuttgart.
- Schulze, K.H.** (1975) Mikrofazielle, geochemische und technologische Eigenschaften von Gesteinen der Oberen Heersumer Schichten und des Korallenoolith (Mittleres bis Oberes Oxfordium NW-Deutschlands) zwischen Weser und Leine. *Geol. Jb., D*, **11**, 3-102, Hannover.
- Scoffin, T.P.** (1993) *Microfabrics of Carbonate Muds in Reefs*. In: **R. Rezak und D.L. Lavoie** (Hrsg.), *Carbonate Microfabrics*, 65-74, Springer, New York.
- Werner, W.** (1986) Palökologische und biofazielle Analyse des Kimmeridge (Oberjura) von Consolaçao, Mittelportugal. *Zitteliana*, **13**, 1-109, München.
- Wunstorff, W.** (1901) *Die geologischen Verhältnisse des Kleinen Deisters, Nesselberges und Osterwald*. Diss. Univ. Göttingen, 36 S., Göttingen.