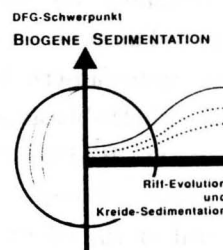


Karbonatbänke mit *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT / *Bacinella irregularis* RADOICIC.

Paläobathymetrie, Paläoökologie und stratigraphisches Äquivalent zu thrombolithischen Mud Mounds

von

F. Neuweiler & J. Reitner



Zusammenfassung: Aus dem Unter-/Mittelalb von Nordspanien wird ein Profil mit bis zu 8 m mächtigen *Lithocodium/Bacinella* Boundstones vorgestellt. Die mikrofazial-sedimentologische Analyse des Profils ergibt für die *Lithocodium/Bacinella* Bänke eine bathymetrische Position vom tieferen Subtidal bis flachsten Subtidal/Intertidal. Die maximale Tiefenposition ist an die photische Zone gebunden, die wiederum durch das Ausmaß toniger Suspensionen beeinflusst wird. Die bathymetrische Obergrenze ist mechanisch kontrolliert (z.B. Wellenenergie, Tidenströme). *Lithocodium/Bacinella* ist zusammen mit anderen Algen/Mikroben ein charakteristischer Bestandteil thrombolithischer Mud Mounds (z.B. Gandara Mound). Die funktionelle Rolle von *Lithocodium/Bacinella* bei der Mud Mound Genese umfaßt Baffling und Binding, Automikrit-Produktion durch Kalzifizierung innerhalb organischer Schleimhüllen und eine Mikritproduktion über intensive Bohraktivitäten an eingelagerten karbonatischen Hartteilen. Das massenhafte Auftreten von *Lithocodium/Bacinella* und diversen Algen/Mikroben kann mit einer längerfristigen Eutrophierung des Lebensraumes oder mit Schwankungen der Karbonat-Alkalinät des Meerwassers erklärt werden.

Abstract: A section including *Lithocodium/Bacinella* boundstones with a thickness of up to 8 m is reported from the Lower/Middle Albian of northern Spain. According to microfacies and sedimentological analyses the bathymetric position of the *Lithocodium/Bacinella* banks ranges from deeper subtidal to shallowest subtidal/intertidal conditions. The maximum depth is related to the photic zone, which itself is controlled by the amount of muddy suspension. The upper bathymetric limit is mechanically defined and corresponds to increased depositional energy (i.e. waves and tidal currents). Together with other algae and microbes *Lithocodium/Bacinella* is a major constituent of thrombolitic mud mounds (Gandara mound). In the context of mud mound genesis the functional role of *Lithocodium/Bacinella* includes baffling and binding, the production of micrite via the calcification inside of mucilagenous sheaths, and via intensive boring activities upon and inside of skeletal hardparts. The mass occurrence of *Lithocodium/Bacinella* with associated algae and microbes may be explained by a longer ranging eutrophism of the environment or by shifts in seawater carbonate alkalinity.

Key words: Unterkreide - Alb - Urgon - Nordspanien - *Lithocodium aggregatum* - *Bacinella irregularis* Algen/Mikroben - Mud Mounds - Karbonatplattform

1. Einleitung

Seit der Erstbeschreibung von *Lithocodium aggregatum* (Codiaceae) durch ELLIOTT (1956) und *Bacinella irregularis* (Alge *incertae sedis*) durch RADOICIC (1959), besteht eine Diskussion hinsichtlich der Synonymie beider Arten resp. Gattungen, sowie ihrer systematischen Stellung. SEGONZAC & MARIN (1972) interpretieren *B. irregularis* als ontogenetisch jüngeres Wachstumsstadium von *L. aggregatum*, nehmen aber keine systematische Einstufung vor. Aufgrund des zellulär-blasigen Gefüges bei *Bacinella(?) sterna* RADOICIC ordnet MASSE (1979) diese Form den Cyanophyceae (Chroococcales) zu, allerdings ohne Anführung weiterer Argumente, die diese Zuordnung rechtfertigen würden (z.B. Zellorganisation und Zelldimensionen). RIDING (1991) behandelt die "*Lithocodium/Bacinella* Gruppe" als kalzifizierte Cyanobakterien, weist aber auf deren unsichere systematische Stellung hin. CAMOIN & MAURIN (1988) verwenden den Begriff eines "bacinelliden Gefüges" generell als mikrobielles Produkt.

Die Synonymie von *Lithocodium* und *Bacinella* und eine Zuordnung zu den Codiaceae betonen z.B. POIGNANT (1968) und BANNER et al. (1990), eine Trennung auf Gattungsebene befürwortet z.B. JAFFREZO (1974).

Die Beschreibung von Übergangstypen (SEGONZAC & MARIN 1972) und die mögliche Differenzierung über ein unterschiedliches Maß der Kalzifizierung (BANNER et al. 1990) konnte am eigenen Material nachvollzogen werden. Folglich wird im Rahmen dieser Arbeit die Synonymie von *Lithocodium* und *Bacinella* akzeptiert. Sind nachweislich keine Kortextmerkmale erhalten, so wird dieses Stadium nachfolgend als bacinelloid bezeichnet resp. bei Erhaltung der Kortextzone der Begriff lithocodoid verwendet. Es erscheint uns sinnvoll die zitierte Literatur begrifflich entsprechend anzupassen.

Die bei BANNER et al. (1990) gegebene zusammenfassende Darstellung der stratigraphischen und paläobiogeographischen Verbreitung von *Lithocodium* kann hier ergänzt werden. Die

ältesten uns bekannten Nachweise gehäufte Vorkommen stammen aus der Obertrias (Nor/Rhät) der Nördlichen Kalkalpen (FLÜGEL 1979: 575; SENOWBARI-DARYAN & SCHÄFER 1979: Taf.1; Fig.6; SADATI 1981; hier: "*Bacinella bicellularis*"). Vereinzelt Vorkommen sind aus dem jüngsten Paläozoikum (Oberperm) beschrieben und abgebildet (VACHARD & MONTENAT 1981: 15; Taf.2, Fig.11,12). Den angeführten paläobiogeographischen Rahmen können wir anhand von eigenem Probenmaterial (JR) aus dem Unteren Alb des Mural Limestones (Arizona) ergänzen (vgl. dazu SCOTT 1990).

Im Gegensatz zu der intensiven paläontologischen Diskussion, stehen Analysen von gehäuften oder massiven Vorkommen von *Lithocodium* in bezug zu Fazies, Sedimentologie, Paläobathymetrie und Paläoökologie im Hintergrund. FLÜGEL (1979) betont die Beteiligung von *Lithocodium* im Riffkern-Bereich und das Auftreten in onkolithischen Serien. Generell in Übereinstimmung dazu stehen die Darstellungen bei SENOWBARI-DARYAN & SCHÄFER (1979). SCOTT (1990: 38) beschreibt "amoeboidal oncolites" mit bacinelloider Internzone als Bildungen ausgesprochen stabiler und energiearmer Ablagerungsbereiche. Neben den Beschreibungen aus voll-marinen Sedimenten existieren auch Angaben, die bacinelloide Onkoide primär mit supratidalen Tümpeln in Verbindung bringen (GASIEWICZ 1983; Oxford, Polen).

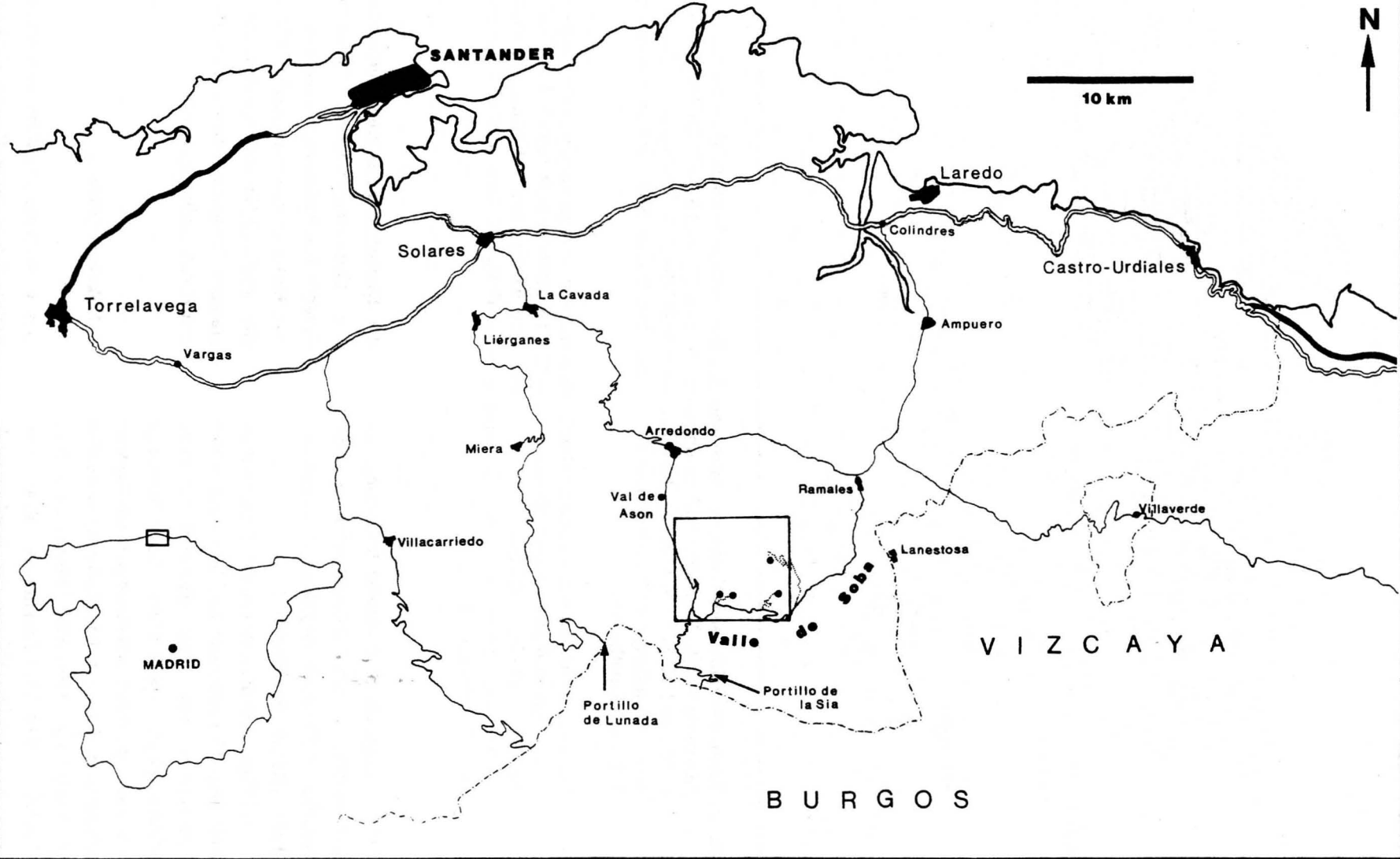
Massive und 3-40 m (!) mächtige *Lithocodium*-Boundstones sind aus der Plattformentwicklung der Shuaiba Formation (Apt, Vereinigte Arabische Emirate) als flachmarine Bildungen unterhalb der Wellenbasis beschrieben worden ("*Bacinella*-Boundstones" nach ALSHARHAN 1985). ALSHARHAN (1987) beschreibt eine Buildup-Phase ("*Lithocodium*-Boundstone Buildup"), die großflächige Algen-Boundstones überlagert und schließlich zu einer Rudisten-Riff Entwicklung überleitet. Vergleichbare *Lithocodium*-Buildups mit entsprechendem Unterlager sind als thrombolithische Mounds (Mud Mounds) aus dem Alb Nordspaniens beschrieben (PASCAL & PRZYBLA 1989; NEUWEILER 1992). ALSHARHAN (1985, 1987) und BANNER et al.

Abb. 1: Provinz Cantabria und Lage des Arbeitsgebietes

MAR CANTABRICO



10 km



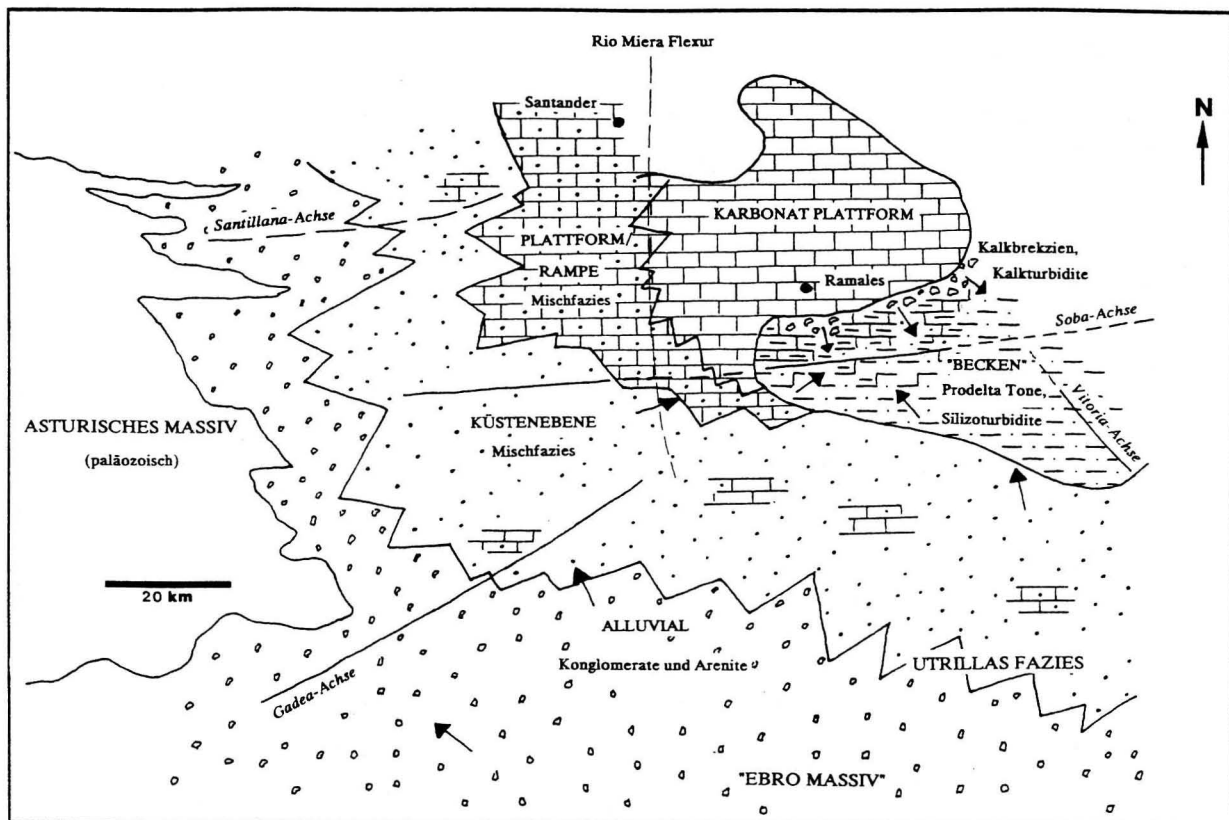


Abb.2: Paläogeographie und Fazies am Westrand des Basko-Kantabrischen Beckens für den Zeitraum Unter-/Mittelalb. Verändert und zusammengefaßt nach GARCIA-MONDEJAR (1990), PASCAL (1985) und REITNER (1987,a). Erweitert nach WILMSEN & WIESE (pers. Mitt.) im Bereich westlich Santander und eigenen Daten (FN) aus dem Val de Soba und angrenzenden Gebieten. Teilweise hypothetisch.

Fig.2: Paleogeography and facies (Lower/Middle Albian) at the western margin of the Basque-Cantabrian Basin. Compiled and redrawn according to GARCIA-MONDEJAR (1990), PASCAL (1985) and REITNER (1987,a). Additional datas are from the western area of Santander (WILMSEN & WIESE pers. comm.) and from the working area of Val de Soba and adjacent regions (FN). Partially hypothetical.

(1990) betonen die ökonomische Bedeutung dieser Horizonte als Erdöl/Erdgas-Speichergesteine (Porosität 18-25 %; Permeabilität 10-38 md; aus ALSHARHAN 1985, Tab.1).

Diese Arbeit stellt massive *Lithocodium*-Bänke resp. Horizonte aus der Unterkreide (Alb) Nordspaniens vor. Die paläobathymetrische Position dieser spezifischen Algen/Mikroben Fazies wird präzisiert und deren paläoökologische Aussagekraft diskutiert. Die Vorkommen werden mit denen des Mittleren Ostens verglichen. Schließlich wird die funktionelle Rolle von *Lithocodium* bei der Genese von Mud Mounds beschrieben.

Die vorliegende Arbeit ist Teil des von

der Deutschen Forschungsgemeinschaft getragenen Forschungsprojektes: "Steuerungsfaktoren dynamischer Sedimentationsvorgänge, Diagenese und Biofazies unterkretazischer Plattformränder" (Re 665/3-1,2) im Rahmen des Schwerpunktprogrammes "Biogene Sedimentation: Riff-Evolution und Kreide-Sedimentation".

2. Lokalität (Abb.1)

Der vorgestellte Profilabschnitt stammt aus der Region Val de Soba, Provinz Cantabria (Abb.1). Die Aufnahme erfolgte entlang des ersten östlich des Ason-Tales gelegenen Einschnittes etwa auf

Höhe des Ason-Paß, 620 m ü. NN; R: 452800; H: 4784100-4785400. (Kartengrundlage: Spanische Militärkarte 1:50000; Blatt: Villacarriedo, Nr.19-5). Das Profil stammt aus dem Übergangsbereich von der oberen Las Camas Formation in die Las Alisas Formation. Die biostratigraphische Einstufung mittels Orbitolinen entspricht vermutlich der höheren *subconcava*-Zone (Unter/Mittel-Alb; vgl. SCHRÖDER 1975).

3. Paläogeographischer Rahmen (Abb.2)

Die aufgeschlossenen Einheiten gehören dem Urgon-Komplex (vgl. RAT 1959: 100-101) an, gelegen am westlichen Randbereich des Basko-Kantabrischen Becken. Das durch eine ausgeprägte Strike Slip Fault-Tektonik geprägte intrakontinentale Becken geht hier entlang der Rio Miera Flexur in einen relativ stabilen, dem Asturischen Massiv unmittelbar nach E vorgelagerten Bereich über ("Peri-Asturian Domain", nach FEUILLÉE & RAT 1971, in: GARCIA-MONDEJAR et al. 1985). Die für den Zeitraum Apt/Alb wesentlichen paläogeographischen Elemente sind isolierte und kontinental angegliederte Karbonatplattformen, gesäumt von überwiegend NW-SE verlaufenden Randtrögen, innerhalb derer überwiegend Kalk/Mergel Wechselfolgen akkumulierten (vgl. PASCAL 1985; REITNER 1987,a; GARCIA-MONDEJAR 1990). Während des Alb beginnt die Progradation silizoklastischer Sedimentserien von W nach E (Asturisches Massiv) und von S nach N. Das südliche Herkunftsgebiet entspricht im Detail mehreren paläozoischen Massiven, die hier als "Ebro Massiv" zusammengefaßt werden.

4. Fazielle und sedimentäre Einheiten (Abb.3)

Die Profildarstellung beruht auf mikrofazialen Daten mit entsprechend eingetragenen Hauptkomponenten, der Karbonatklassifikation nach DUNHAM (1962) und einer Säule mit sedimenttextuellen Merkmalen. Angefügt ist das Verteilungsmuster der Komponenten, in Anlehnung an die dargestellten Faziesverzahnungen.

Die entnommenen Proben wurden überwiegend im Großformat (10 x 15 cm) geschliffen und teilweise mit kombinierter Lösung von Alizarinrot S/Kaliumhexacyanoferrat (III) behandelt. Bruchproben für Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop (REM) wurden mit EDTA angeätzt (beste Ergebnisse bei 80 min in 0,1 molarer EDTA). Nachfolgend werden die sedimentären Einheiten gemäß ihrer stratigraphischen Anordnung beschrieben.

4.1. Mergeliger Packstone

Die Basis des hier vorgestellten Profilabschnittes liegt in einem maximal 4-5 Dezimeter (dm) mächtigen Horizont mergeliger Packstones. Der Horizont keilt nach S über wenige zehner Meter aus. Da an diesem Horizont keine Probenentnahme möglich war, muß hier auf die entsprechenden Beschreibungen unter 4.9. verwiesen werden. Demnach handelt es sich bei dieser Fazies um Ablagerungen innerhalb eines energetisch unbeeinflussten Milieus mit eingeschränkter Wasserzirkulation, sogenannter "Stagnatbecken".

4.2. *Lithocodium* Boundstone (Taf.1; Taf.2, Fig.1; Taf.3)

Über den mergeligen Packstones setzt nach einem etwa dm-mächtigen Übergangintervall eine 8 m mächtige massive bacinelloide *Lithocodium* Fazies ein. Autochthone Nebenelemente sind *Toucasia* sp. und *Radiolites* sp., pharetronide Kalkschwämme, hexactinellide Schwämme, Gastropoden, verkalkte Mikroben wie *Cayeuxia/Ortonella*, inkrustierende Foraminiferen und Ostrakoden.

Das typische Maschengewebe setzt an biogenen Partikeln oder bis zu cm-großen "Spatitaugen" an (Inkrustationsverhalten). Im Anschluß bilden sich dicht-peloidale Mikrite oder offene Zonen mit subparallel-konzentrischer Anlagerung aus (Taf.1; Taf.3; Fig.1). Nach diesen relativ regelmäßig vernetzten Filamenten folgt ein unregelmäßig offenes Maschengefüge, z.T. in knolliger Wuchsform (Taf.1; Taf. 2; Fig.1). Das

inkrustierende Netzgefüge auf "Spatitaugen" deutet auf ein primär vorhandenes Substrat, das allerdings unverkalkt geblieben ist. Die Gefüge-Zonen zeigen fließende Übergänge und differenzieren sich z.B. beim Übergang von dicht-peloidalen Mikriten zu offenem Gefüge ausschließlich nach dem Ausmaß der Verkalkung. Diese Übergangszone kann biolaminierten niedrig-domalen Mikritkrusten ähnlich sein (Taf.3; Fig.1).

Die "Spatitaugen" müssen sehr früh als sekundäre Hohlräume gewirkt haben. Eventuell repräsentieren diese Zonen organische Frühstadien, die unverkalkt geblieben sind. Die Bildung der sekundären Hohlräume wird gefolgt von epitaxialen Aufwüchsen auf den verkalkten Filamenten, die wiederum mit geopetalen Pelmikriten bedeckt wurden (Taf.1 und Taf.3; Fig.3). Diese Pelmikrite können einem Mineralisationsprodukt reaktiver organischer Schleime entsprechen. Dieses Verständnis stützt sich auf Beobachtungen an rezenten Pelmikriten (JR), auf die stets maximal nur zur Hälfte verfüllten Volumen (konstanter Umsetzungsfaktor) und die unregelmäßig ausgebildeten Oberflächen der geopetalen Verfüllungen (Mikrorelief, Winkeldifferenzen).

Selten können die primären Filamente ohne Mikrithülle beobachtet werden. Diese Filamente entsprechen Ketten von "Einzelzellen" (Taf. 3; Fig.2). Diese "Einzelzellen" sind 6-8 μm breit und 10-13 μm lang. Der zelluläre Aufbau der Filamente wird bei angefärbten und extrem dünnen Schlifften besonders deutlich.

Die Verankerung auf dem Substrat erfolgt wahrscheinlich durch chemische Bohraktivitäten. Die endolithischen Bohrspuren sind 40-60 μm breit, können gerade wie leicht gebogen sein, unverzweigt oder einfach verzweigt (Taf.3; Fig.4.). Die Eindringtiefe ist entweder beliebig oder durch Bohrsukzessionen nicht zu entschlüsseln. Die destruktive Wirkung von *Lithocodium* kann zum vollständigen Abbau größerer Biogene führen. Typisch bei *Toucasia* ist ein Endprodukt von prismatischen "Chips", die aneinander gereiht die ursprüngliche Gestalt des Rudisten wiedergeben. Die Breite der Bohrspuren und deren abgerundete Front sind so typisch, daß sie auch isoliert in allochthonen Sedimenten rasch als *Lithoco-*

dium-Spuren identifiziert werden können.

REM-Untersuchungen zeigen extrem gleichkörnige, einheitliche Mikrite und Minimikrite (Taf.3, Fig.5). Trotz der ausgeprägten Bildung von subhedralem Mikrosparit (3-6 μm), sind primäre anhedrale Mikrite (1-2 μm) noch als Einschlüsse zu erkennen (Taf.3, Fig. 6; vgl. dazu M'RABET et al. 1986). Diese anhedralen Mikrite könnten Biomineralen entsprechen, die *syn vivo* innerhalb eines organischen Mediums gebildet wurden. Größe und Habitus der Mikrite und Mikrosparite, ebenso wie deren Beschränkung auf ein organisches Medium, sind prinzipiell mit den Beobachtungen an kalzifizierten Cyanobakterien vergleichbar (vgl. kalzifizierte *Scytonema* Filamente in MERZ 1992: Taf.19, Figs. 2-5).

4.3. Intraklastischer Mikritkortoid Grainstone (Taf.2; Fig.2)

Im erosiven Kontakt zu den unterlagernden bacinelloiden *Lithocodium*-Boundstones folgen 1,8 bis 2 m mächtige Grainstones (z.T. Rudstones). Die Folge ist deutlich großdimensional schrägschichtet, auf Schichtflächen sind mäandrierende Kriechspuren (Weidespuren) erhalten.

Die Hauptkomponenten bestehen aus schwach zugerundetem Rudistenschutt (*Toucasia* sp.), der zu etwa 80 % destruktive wie konstruktive Mikritrinden aufweist. Die meisten Mikritkortoide weisen endolithische Bohrspuren und oberflächlich bacinelloide Reliktgefüge auf, analog zu den Beschreibungen innerhalb der massiven *Lithocodium*-Boundstones. Es existieren jedoch auch relativ dichte konstruktive Mikrit/Mikrosparit-Rinden ohne jegliche interne Differenzierung, sowie zusammengesetzte Kortoide (*Lithocodium*-Lumps resp. lithocodoide Onkoide). Die Mikritisierung der Bioklasten kann vollständig sein, ebenso wie die mechanisch-chemische Zersetzung durch *Lithocodium*, die hier in sämtlichen Zwischenstadien erhalten ist. Die vollkommen mikritiserten Bioklasten und die assoziierten Pelloide (wahrscheinlich mit erheblichem Anteil auch durch *Lithocodium* induzierte Pelloide) zählen ebenso zu den Hauptkomponenten,

wie die eingelagerten Echinodermenfragmente. Diese weisen allerdings nur sehr untergeordnet mikritisierte Randbereiche auf.

Als Nebenkomponenten treten teilweise abgerundete wie zerbrochene Orbitolinen mit pelitischem Agglutinat, Mikritkortoide mit feinbioklastischem Kern und kleine agglutinierende Foraminiferen (Ataxophragmidae) auf. Problematisch ist die Zuordnung größerer ehemals aragonitischer Bioklasten. Durch die von innen nach außen gerichtete Mikritisierung sind stellenweise Strukturen als "Geister" erhalten, die auf einen vorhandenen Septalapparat schließen lassen (Scleractinier-Bruch).

Eine erste Zementation erfolgte syngenetisch mit einer ersten physikalischen Kompaktion (Taf. 2, Fig.2). Es handelt sich um schwach ungleichmäßig mächtige, z.T. allseitige Kalzit-Kristallsäume. Die Kristalle sind wasserklar mit maximalen Größen bis etwa 20 μm . Die Kristalle sind senkrecht (Schnitteffekt?) in bezug zum Substrat oder etwa 10-15° abweichend davon orientiert. Ein vergleichbarer Zementtypus wird von HARRIS et al. (1985) beschrieben und als Bildung innerhalb der Mischwasser-Zone verstanden. Innerhalb dieser ersten Zementationsphase findet ebenso ein ausgeprägter syntaxialer Aufwuchs auf den eingelagerten Echinodermen Partikeln statt. Nach NEUGEBAUER & RUHRMANN (1978) handelt es sich hierbei um eine typische Bildung innerhalb der Süßwasser-phreatischen Zone.

Interpretation: Die intraklastischen Mikritkortoid Grainstones entsprechen Ablagerungen, die am Rande von Karbonatsand-Barren innerhalb des flachsten Sub- bis Intertidal gebildet wurden und zumindest teilweise unter Süßwasser-Einfluß standen.

4.4. Toniger Feinsandstein, siltiger Tonstein und Feinsandstein (Taf.2; Fig.3)

Im nördlichen Teilbereich des aufgenommenen Profilabschnittes greifen die intraklastischen Mikritkortoid Grainstones über ein dm mächtiges Intervall in eine rein silizoklastische Serie über

(max. 1,6 m mächtig). Die Serie beginnt mit bioturbaten siltigen Tonen und in Linsen wie in Flässern eingelagerten tonigen Feinsandsteinen (Taf.2; Fig.3). Teilbereiche sind schwach konvolut geschichtet. Im höheren Teil dominieren schwach bioturbate, trogförmig schräggeschichtete Feinsandsteine. Die Rinnen halten lateral über etwa 4-5 m durch und haben eine maximale Tiefe von 30-40 cm. Das Rinnensystem selbst hält lateral über etwa 50 m aus. In den gut sortierten Feinsandsteinen sind sehr vereinzelt Echinodermenbruch und Silt agglutinierende Orbitolinen eingebettet.

Diese höheren Teile dünnen nach S aus und verzahnen sich mit *Chondrodonta* Rud/Floatstones (vgl. 4.6.). Der Verzahnungsbereich ist entsprechend als karbonatisch-feinsandige Mischfazies entwickelt und deutlich wellig geschichtet. Neben Feinsand führt die Mischfazies diverse Intra- und Bioklasten, Silt agglutinierende Orbitolinen und lithocodoide wie bacinelloide Onkoide, die ebenfalls siltigen Quarz aufgenommen resp. eingebunden haben (Taf.2; Fig.4).

Interpretation: Es handelt sich im unteren Teil um Mud Flat/Mixed Flat Sedimente, die über kurze vertikale Distanz in Sand Flat Sedimente übergehen. Der Faziesraum ist kleindimensioniert. Alle der Beobachtung zugänglichen Kontakte, laterale wie vertikale, sind kontinuierlich.

4.5. Lithoklastischer Rudstone (Taf.2; Fig.5)

Etwa auf dem stratigraphischen Niveau, auf dem im N Sand Flat Sedimente auf Mud/Mixed Flat Sedimente folgen, steht im S ein lithoklastischer Rudstone in erosivem Kontakt zu der unter 4.3. beschriebenen Grainstone Fazies.

Die Lithoklasten gehen auf ehemalige *Lithocodium*-Onkoide (bacinelloid wie lithocodoid) und zerbrochene Feinsand agglutinierende Orbitolinen zurück. Die Lithoklasten sind mit Fe-Hydroxyden durchsetzt. Weitere Hauptkomponenten sind abgerollte Orbitolinen (Pelit- und Silt Agglutinat), z.T. von *Placopsilina* sp. besiedelt, mikritische Intraklasten und Peloide. Als Nebenkomponenten treten Mikritkortoide (*Toucasia*-,

Chondrodonta Bruch), Ataxophragmidae und Echinodermenbruch auf. Die Matrix entspricht einem siltig-sandig durchsetzten Mikrit.

Allein das unterschiedliche Agglutinat der Orbitolinen zeigt eine völlige Durchmischung koexistenter Fazieszonen an. Feinsand und Silt agglutinierende Orbitolinen gehören primär einem silizoklastischen Litoralbereich an. Weitere Einflüsse kommen aus der *Lithocodium*-Fazies (4.2), den Barrensanden (4.3.) und einer mikritischen Stillwasserfazies (allomikritische Matrix). Der vertikale Übergang zu einer von *Chondrodonta* dominierten Tempestifazies (vgl. 4.6.) deutet sich bereits an.

Interpretation: Der Mischcharakter und die vertikale Faziesbeziehung deuten hier auf einen eher proximal abgelagerten Tempestit (flachstes Subtidal), der offensichtlich lateral nur über einige zehner Meter aushält.

4.6. *Chondrodonta* Rud/Floatstone (Taf.2; Fig.6)

Begleitet von einem stetigen und raschen Rückgang terrigener Einflüsse greift diese Fazies nach N über. Basal noch korngestützt und eher massiv, vollzieht sich der vertikale Übergang zu matrixgestützem Gefüge mit deutlicher Bankung. Entsprechend dieser Entwicklung ist der eingelagerte Grobschutt in den unteren Teilen fast überwiegend Hochkant orientiert, dagegen ist eine Tendenz zu zunehmend bankparalleler Orientierung in den oberen Teilen erkennbar.

Der Grobschutt (*Chondrodonta* >> *Toucasia*) zeigt einen starken endolithischen Befall, teilweise sind cm-mächtige Umkrustungen von *Lithocodium* vergesellschaftet mit *Cayeuxia* sp. erhalten. Als Nebenkomponten treten Pelit agglutinierende Orbitolinen, Brachiopoden, Ataxophragmidae, komplexe Lituolaceae, Dasycladaceae (*Salpingoporella* sp.) und Echinodermenbruch hinzu. Die Matrix entspricht einem Peloid Grain-/Packstone, durchsetzt mit mikritischen Intraklasten und Mikrobioklasten (vgl. 4.7.).

Interpretation: Diese Floatstones mit Masseneinbettung von *Chondrodonta* werden als

flach-subtidal sedimentierte Tempestit-Lagen verstanden. Die Tempestitsequenz hat regraden Charakter.

KADE (1991) beschreibt eine autochthone *Chondrodonta*-Biofazies aus dem oberen Apt des Ason-Tales. *Chondrodonta* befindet sich hier in Assoziation mit z.T. gesteinsbildenden Vorkommen von *L. aggregatum* (cm mächtige Horizonte; bacinelloid). Als Environment gibt KADE (1991) ein flaches Subtidal mit geringen aber permanenten Strömungen an.

4.7. Peloid Onkoid Pack/Grainstone (Taf.2; Fig.7)

Gleichsinnig wie die *Chondrodonta* Rud-/Floatstones greift diese sedimentäre Einheit nach N über und schreibt damit die regrade Entwicklung der Tempestite fort. Nach oben verliert sich zunehmend die Bankung, bis ein scheinbar massiver Teilabschnitt entwickelt ist.

Im Prinzip entspricht diese Fazies der Matrix der *Chondrodonta* Tempestite. Der "Austern"- und Rudistenschutt wird feinkörniger, bleibt aufgrund der endolithischen Spuren und assoziierter lithocodoider wie bacinelloider Onkoide jedoch im seriellen Zusammenhang. Auffällig ist das Hinzutreten Skleren- und Pelit agglutinierender Orbitolinen. Diese Orbitolinen dienen ebenso als Nuclei der *Lithocodium* Onkoide. Die destruktive Wirkung von *Lithocodium* wird auch hier deutlich anhand der rundlich bis lappig begrenzten Erhaltung der Orbitolinen (keine Abrollung!). Zusätzlich sind Gastropodenreste, *Marinella*-Klasten und Solenoporaceae eingelagert. Mikritkoroide (destruktiv wie konstruktiv) können häufig werden.

Interpretation: Wie bereits angedeutet verstehen wir diese Einheit vorwiegend als distale Tempestifazies. Die regrade Entwicklung setzt sich fort. Es sind Einflüsse aus einer mit Spongien, Orbitolinen und *Lithocodium* besiedelten Stillwasserfazies zu bemerken (siehe: 4.8. und 4.9.).

4.8. *Lithocodium* Boundstone

Das zweite Vorkommen massiver *Lithocodium* Boundstones entwickelt sich im S kontinuierlich aus den Peloid Onkoid Packstones im Unterlager (4.7.). Die 2 bis maximal 3 cm großen Knollen mit *Lithocodium* (bacinelloid) erscheinen hier eher isoliert. Tonsäume, resp. Lösungssäume als deren diagenetische Erweiterungen, umlaufen die einzelnen Knollen. Weitere autochthone Elemente sind Orbitolinen, hexactinellide Spongien, Gastropoden, fixosessile Foraminiferen, diverse Textulariidae und Relikte von Rudisten. Zu den allochthonen Komponenten zählen mikritische Intraklasten, Pseudopeloide und Echinodermenbruch.

Die Tongehalte und die laterale nach N gerichtete Verzahnung mit den Ablagerungen eines Stagnatbeckens (vgl. 4.1. und 4.9.) deuten hier auf das bathymetrische Limit der *Lithocodium* Boundstones. Es muß sich hier um relativ ruhige und von episodischen Schüttungen weitgehend unbeeinflussten Bildungsraum handeln. Entgegen den Beschreibungen bei BANNER et al. (1990) kann *Lithocodium* wohl eine gewisse tonige Suspension tolerieren.

4.9. Mergeliger Packstone

Im Norden wird der oben beschriebene tonig durchsetzte *Lithocodium* Boundstone durch dunkelgraue, mergelige, schwach bioturbate Packstones ersetzt. Als Hauptkomponenten treten bacinelloide Onkoide (resp. Lumps), Pelit- und Skleren agglutinierende Orbitolinen, Peloide und mikritische Intraklasten auf. Nebenkomponenten sind Bruchstücke von Rudisten, Brachiopoden, Scleractinier, *Euzkadiella*, textulariiden und fixosessilen Foraminiferen, Echinodermenbruch, Solenoporaceae und *Marinella*-Klasten. Parautochthon eingelagert sind Brachiopoden, kleinwüchsige Scleractinier, serpulide Röhren und Bryozoen. Die Matrix ist tonig, mikrobioklastisch. **Interpretation:** Es handelt sich um Ablagerungen am Randbereich eines stagnierenden "Becken" innerhalb der Karbonatplattform.

Mergeliger Packstone wie *Lithocodium* Boundstone stehen in erosivem Kontakt zu einem lithoklastischen Orbitolinen Rudstone im Überlager. Im Anschluß setzt sich die mergelige Fazies mit überwiegend autochthonen Faunenelementen durch (s. 4.10).

4.10. Mergelige Float-/Wackestone mit Solitärkorallen (Taf.2; Fig.8)

Es handelt sich um dunkle bis schwarze, stark tonig durchsetzte Float-/Wackestones mit autochthonen kleinwüchsigen Solitärkorallen, Brachiopoden und serpuliden Röhren. An Nebenkomponenten finden sich feiner Rudistenschutt, Gastropoden, Orbitolinen (Pelit-, Skleren Agglutinat), Textulariida, vereinzelt bacinelloide Onkoide und *Ethelia*-Rhodolithe. Die schwach bioturbate Matrix ist mit Skleren und Mikrobioklasten durchsetzt.

Interpretation: Die mergelige Fazies (4.9 und 4.10.) hält lateral nur über einige 100 m durch und hat eine flachlinsige Geometrie. Es handelt sich um ein ausgesprochenes Stillwasser-Milieu, unter erhöhter Akkumulation von Tonmineralen und C_{org} (Stagnatbecken).

4.11. Peloid Packstones mit *Euzkadiella* sp. (Taf.2; Fig.9)

Die gebankte Folge mit Peloid Packstones tritt über einer m-mächtigen Vertikalverzahnung oberhalb der mergeligen Float-/Wackestones auf. Die Peloid Packstones führen neben den Peloiden als Hauptkomponenten mikritische Intraklasten, Pelit- und Skleren agglutinierende Orbitolinen und Mikritkortoide. Als Nebenkomponenten wurden feiner *Toucasia*-Schutt, Brachiopoden, Scleractinia-Bruch, Gastropoden, Squamariaceae (*Ethelia* sp.), *Euzkadiella*-Bruch, diverse Textulariida und Echinodermenschutt erkannt. In der z.T. etwas ausgewaschenen mikritischen Matrix befinden sich Skleren und Mikrobioklasten.

Zwischen diesen allochthonen Horizonten bestehen episodisch von *Euzkadiella* sp. be-

siedelte Intervalle. Zu dieser autochthonen Assoziation gehören wahrscheinlich die Orbitolinen und Demospongiae, wie aus dem Agglutinat geschlossen werden kann. Weitere paraautochthone Elemente sind in der Packstone Fazies eingebettet (s.o.).

Interpretation: Die Wechsel von längerfristigen Besiedlungs- mit kurzfristigen Aufarbeitungshorizonten resp. distalen Tempestit-Lagen entspricht einem energetisch niedrig bis mäßig beeinflussten Milieu innerhalb des flacheren Subtidal. *Euzkadiella* sp. gilt als typisches Faunenelement halbgeschlossener Lagunen und besiedelt ausgesprochene Weichböden (REITNER 1987,b).

4.12. Peloid Orbitolinen Grainstone (Taf. 2; Fig.10)

Diese Fazies entwickelt sich kontinuierlich aus den Peloid Packstones mit *Euzkadiella*. Es handelt sich um sehr gut ausgewaschene Grainstones, scheinbar massiv, im oberen Teil jedoch angeordnet großdimensional schräggeschichtet und mit Grobschutt von *Toucasia* durchsetzt (Tempestitgefüge).

Hauptkomponenten sind deutlich abgerollte Orbitolinen mit Pelit- resp. Skleren Agglutinat. Gleichbedeutend sind Peloiden und mikritische Intraklasten. Nebenkomponten sind Mikritkorthoide mit bioklastischem Kern, *Euzkadiella*-Bruch, diverse Textulariida, komplexe Lituolaceae, *Lenticulina* sp., fixosessile Foraminiferen und Echindermenschutt. Vereinzelt sind Solenoporaceae und *Marinella*-Klasten eingelagert. Lithocodoide und bacinelloide Onkoide sind ebenfalls nur noch vereinzelt vorhanden.

Interpretation: Die mechanische Beanspruchung der Orbitolinen und der texturelle Reifegrad, geben ein stetig hochenergetisches Bildungsmilieu an. Die Zusammensetzung vermittelt zwischen einer lagunären Fazies (*Euzkadiella*-Fazies) und offen-marinen Bedingungen einer äußeren Plattform. Es handelt sich demzufolge um Shoal-Sedimente im Übergangsbereich einer internen Plattform zu einer externen Plattform.

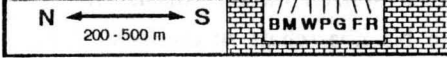
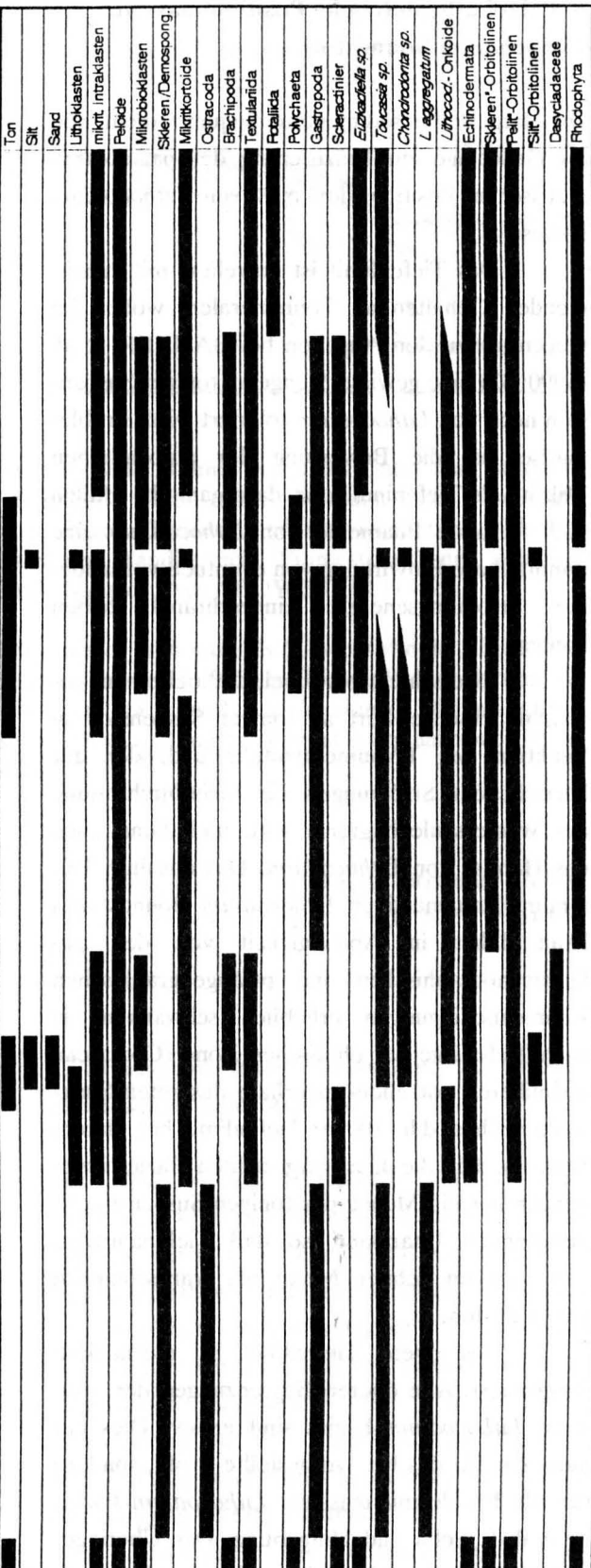
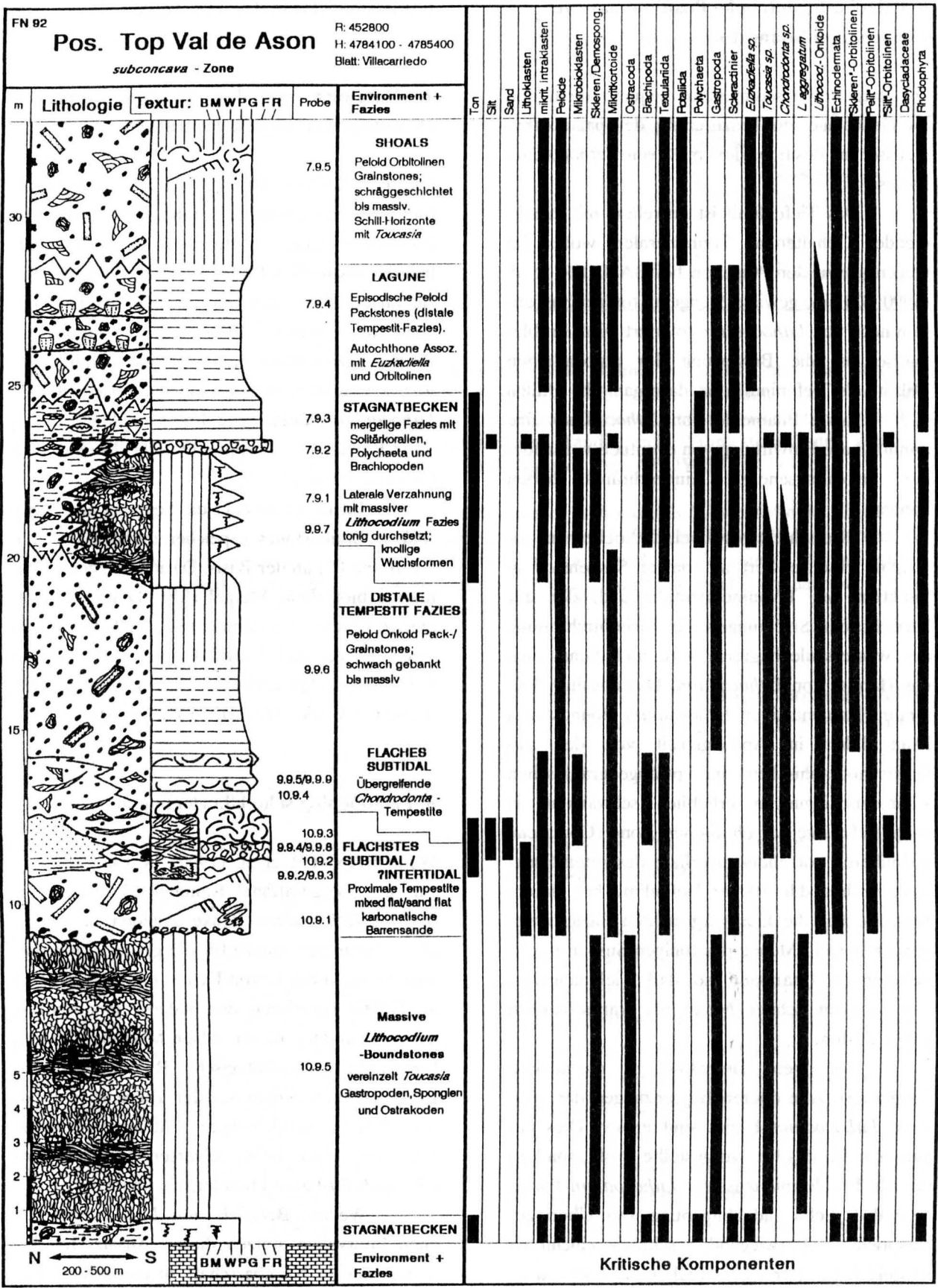
5. Fazies- und Environment-Sequenz (Abb.3)

Die in Abb.3 für die gesamte Abfolge zusammengefaßten Daten und Interpretationen ergeben ein Abbild einer episodisch terrigen beeinflussten, mehr oder minder deutlich untergliederten Karbonatplattform resp. einer sehr flach einfallenden Karbonatrampe. Hochenergetische Shoal Sedimente und Tempestitsequenzen stehen in Mulden resp. Senken abgelagerten Matrix-Sedimenten gegenüber. Die eventuell nur durch schwache Strömungen beeinflussten Environments können mit massiven *Lithocodium* Boundstones oder mit einer *Euzkadiella*-Fazies besetzt sein, so daß eine ausschließlich bathymetrisch wirkende Kontrolle ausgeschlossen werden kann. Die relativ verarmte Assoziation innerhalb der *Lithocodium* Boundstones wird besonders im unteren Horizont deutlich, weil hier keine lateralen Faziesbeziehungen mitberücksichtigt werden mußten.

Der deutlich reggrade Charakter der Tempestitsequenz, resp. der analog gerichtete Wechsel von Mud Flat zu Sand Flat Sedimenten, kann als ein stratigraphisches Intervall gedeutet werden, innerhalb dessen die Subsidenzrate die Akkumulationsrate übertrifft. Eine effektive Vertiefung des Ablagerungsraumes wird innerhalb der Urgon-Sequenzen eher selten beobachtet!

Abb.3: Sedimentologisches Profil, Fazies-, Environment-Sequenz und vertikale Verbreitung von Haupt- und Nebenkomponten.

Fig.3: Sedimentological analyses, sequence of facies and environments and vertical distribution of main and accessory components.



Environment + Fazies

Kritische Komponenten

6. Paläobathymetrische Position massiver *Lithocodium* Boundstones

Die dargestellte sedimentäre Sequenz dient nun als Grundlage zur Präzisierung der paläobathymetrischen Position der massiven *Lithocodium* Fazies.

Das Tiefenlimit ist korreliert mit zunehmenden Gehalten an Tonmineralen, wobei, im Gegensatz zu den Angaben bei BANNER et al. (1990: 32) eine gewisse Menge an toniger Suspension noch von *Lithocodium* toleriert wird. Problematisch ist die Bewertung der autochthonen Mikrite als Tiefenindikator, da organische Hüllen und verkalkte Filamente von *Lithocodium* eine unmittelbare Einwirkung von eventuell vorhandener Strömungsenergie eingeschränkt haben können.

Es erscheint plausibel, daß bei einem gewissen Schwellenwert an toniger Suspension in Funktion der Tonmineralzufuhr und/oder der herrschenden Strömungen, die Lichtdurchflutung der Wassersäule begrenzt wird und damit auch das Habitat von *Lithocodium*. Das absolute Tiefenlimit von massiven *Lithocodium* Boundstones kann daher in Abhängigkeit von den paläoozeanographischen und paläogeographischen Rahmenbedingungen erheblich schwanken; je nach Tiefenlage der photischen Zone (Codiaceae assimilieren vor allem innerhalb des roten Spektralbereiches, d.h. 100 m Tiefenlimit bei klarem Wasser). Für die hier vorgestellten Faziesbeziehungen hat die Menge der tonigen Suspension limitierenden Charakter, so daß Tiefenangaben von wenigen zehner Meter als wahrscheinlich gelten dürfen.

Das obere Tiefenlimit ist mechanisch kontrolliert. Alle oberen Begrenzungen der massiven *Lithocodium* Fazies sind erosiv. Dies gilt nicht nur für das hier vorgestellte Profil, sondern für alle Profile mit massiver *Lithocodium* Fazies im Val de Soba und Umgebung. Das Überlager entspricht überwiegend schräggeschichteten Kortoid Grainstones mit erheblichen Anteilen an Peloiden und mikritischen Intraklasten incl. bacineloiden Relikten. Dementsprechend kann das obere Tiefenlimit mit dem flachsten Subtidal

(wenige m tief) gleichgesetzt werden.

7. Vergleich mit der Shuaiba Formation (Vereinigte Arabische Emirate)

Die bei ALSHARHAN (1985) beschriebenen litho- und mikrofaziellen Einheiten der Shuaiba Formation (Unter-/Mittelapt) ergeben hinsichtlich der textuellen Entwicklung und fazieller Beziehungen ein nahezu analoges Bild ab. Hier besteht eine Rampensituation mit einer mergeligen Becken-Fazies (Bab Member) und deren flachmarinen Äquivalenten mit massiven bacineloiden *Lithocodium*-Bänken und lithocodoiden *Lithocodium*-Buildups (\approx thrombolithische Mounds von Gandara, Nordspanien).

Im Detail besteht die Sequenz aus *Lithocodium* Boundstones (Speichereinheiten (= SE): "A, B und C") an der Basis. Darüber folgen offemarine bioturbate Mergel (SE: "D und F"), lagunäre Wacke-/Packstones (SE: "G"), Rudstones einer "Shoal- und Vorriff-Fazies" (SE: "H und H0"). Die Folge endet mit erneut einsetzenden lagunären Wacke-/Packstone-Fazies (SE: "I").

8. Paläoökologische Überlegungen

Wenn BANNER et al. (1990) "warme, voll-marine und O₂-gesättigte" Rahmenbedingungen für massive *Lithocodium* Bänke angeben, so treffen diese Parameter nahezu für die gesamte mikrofaziell hochdiverse Urgon-Fazies zu. BANNER et al. (1990) ignorieren den nahezu monospezifischen Charakter dieser Algen-Mikroben Fazies. Spezifische paläoökologische Rahmenbedingungen resultieren zudem aus der Tatsache, daß bathymetrisch vergleichbare Ablagerungsräume auch mit einer höher diversen Lagunenfazies (*Euzkadiella*-Fazies) besetzt sein können.

Weitere Beispiele von *Lithocodium* reichen Intervallen stützen diesen Ansatz. Im Arbeitsgebiet, in Nachbarschaft zu eng gestaffelten Mud Mound Strukturen mit überwiegend stromatolithischen Mikritkrusten (z.B. "Mazo Grande" Mounds, vgl. Abb.4), sind *Lithocodium*

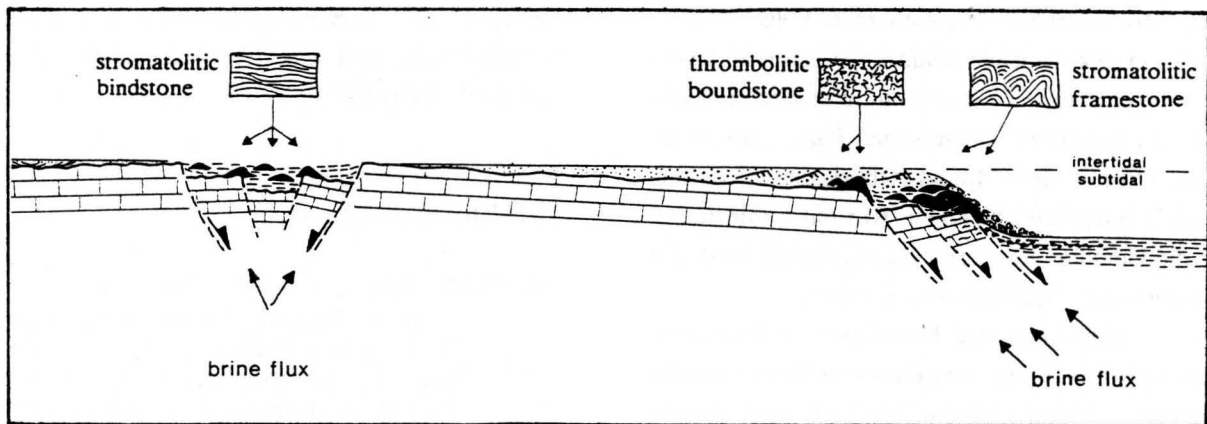


Abb.4: Verteilung und bathymetrische Position verschiedener Mud Mound-Typen des Unter- und Mittelalb von Val de Soba (synthetisch). Stromatolithische Bindstones befinden sich innerhalb kleindimensionierter Intraplattform-Becken. Am oberen Plattformrand entwickelten sich thrombolithische Mounds (Gandara Mound), am tieferen Randbereich "Framestones" mit domalen stromatolithischen Karbonatkrusten (Mazo Grande Mound). Aus NEUWEILER (1992).

Fig.4: Distribution and bathymetric control of different types of mud mounds (Lower/Middle Albian, Val de Soba; composite sketch). Stromatolitic bindstones are related to small intraplatform basins. At the upper platform margin thrombolitic mounds (Gandara mound) are developed. Mounds with a "frame" of domal stromatolitic carbonate crust are located along the deeper marginal zone (Mazo Grande mound). Adopted from NEUWEILER (1992).

Boundstones in Assoziation mit *Monopleura* und *Polyconites* aufgeschlossen. KADE (1991) beschreibt ebenfalls eine einfach zusammengesetzte *Lithocodium* Fazies aus dem oberen Apt mit *Monopleura*-Bouquets, stromatolithischen Mikritkrusten und wenigen Miliolidae, Orbitolinen, Ostrakoden und Gastropoden. REITNER (1987,a: 190) beschreibt aus Ereño (Oberapt) eine verarmte *Lithocodium* Fazies in Assoziation mit *Polyconites* und *Chondrodonta*.

Nach Ansicht der Autoren müssen spezifische paläoökologische Bedingungen geherrscht haben, die unmittelbar zur Ausbreitung und Dominanz von *Lithocodium* führten resp. andere Faunenelemente zurückdrängten. Die Überwucherung weiter Flächen des ehemaligen Meeresbodens kann mit einer Eutrophierung des Meerwassers zusammenhängen. Bilanziert man die enorme primäre Karbonatproduktion durch die Verkalkung von *Lithocodium*, könnten auch Schwankungen der Alkalinität eine Rolle spielen. Das Ungleichgewicht durch erhöhte Zufuhr von HCO_3^- -Ionen kann wiederum durch die strukturelle Entwicklung des gesamten Ablagerungsrau-

mes bedingt sein (Paläokarst, terrigener Influx, Subsolution von Diapiren; vgl. NEUWEILER 1992)

9. Stratigraphisches Äquivalent zu thrombolithischen Mud Mounds

Der Mud Mound "Gandara"; Val de Soba (Mittelalb, >100 m breit; ca. 70 m hoch) befindet sich am Rande einer kontinental angegliederten Karbonatplattform mit episodischen Einflüssen von arenitisch-konglomeratischen Silizoklastika. Beckenwärts verzahnt sich der Mound mit mergelig-siltigen Sedimenten der "Beckenfazies" (Soba Formation). Der Verzahnungsbereich zeigt initiale Slump- und Glide-Strukturen, die primäre Hangneigung beträgt minimal 15-20°.

Entgegen den Beschreibungen bei KOCH & REITNER (1989) betonen PASCAL & PRZYBLA (1989) die Beteiligung und Funktion von *Lithocodium* (bacinelloid) am Aufbau der Moundstruktur. Die eigenen Profilaufnahmen (FN) im lateralen resp. rückwärtigen Äquivalent

der Moundstruktur ergaben eine Folge von lagunären mikritreichen Rudistenkalken mit *Toucasia* sp., die in eine massive und mehrere m mächtige *Lithocodium* Boundstone Fazies übergeht. Das Niveau des Mound Überlagers ("capping beds") entspricht mächtigen Kortoid Grainstones, in die kleindimensionierte Intervalle mit Sand Flat Sedimenten eingelagert sein können.

Prinzipiell sind hier dieselben limitierenden Faktoren, tonige Suspension und mechanische Abrasion, lateral wirksam, wie sie bereits oben in der vertikalen Folge beschrieben worden sind ("genetisches Fenster" des Mud Mound). Aufgrund von Rezent Vergleichen der assoziierten Schwammfauna innerhalb des Mounds nimmt KOCH (1990) allerdings eine Tiefenposition bis 80 m an. Zumindest in den unteren Teilen des Mounds, im Verzahnungsbereich mit den Beckenmergeln, ist diese Angabe plausibel. Darüber hinaus existieren in diesem basalen Intervall Mound übergreifende Mergel-Horizonte, die das Mound-Wachstum offensichtlich unterbrochen haben.

In Übereinstimmung mit den bei PAS-CAL & PRZYLBA (1989) gegebenen Modellvorstellungen des Ablagerungsraumes, kann am Plattformrand mit erhöhten Längsströmungen gerechnet werden, so daß hier die Wassersäule zu einem gewissen Grad von der tonigen Suspension freigehalten wurde. Entsprechend erreicht die *Lithocodium* Fazies eine tiefere Position als in nur episodisch von Strömungen beeinflussten Ablagerungsräumen bei vergleichbarem tonigen Influx.

Die funktionelle Rolle von *Lithocodium* bei der Genese der thrombolithischen Mounds umfaßt Baffling und Binding, Automikrit-Produktion durch Verkalkung innerhalb der organischen Schleimhüllen und Mikritproduktion über die destruktive Wirkung auf eingelagerte karbonatische Hartteile. Alle diese Funktionen bewirkten in ihrer Summe eine erhebliche Steigerung der Netto-Akkumulation und begründen damit das eigentliche Mound-Wachstum.

Im Vergleich zu Mud Mounds mit überwiegend stromatolithischen Karbonatkrusten (z.B. "Mazo Grande" Mound), nehmen die thrombolithischen Mounds (z.B. Gandara Mound) bathy-

metrisch eine höhere, unmittelbar am oberen Plattformrand positionierte, Stellung ein (Abb.4; vgl. NEUWEILER 1992).

Schriftenverzeichnis

- ALSHARHAN, A.S. (1985): Depositional Environment, Reservoir Units Evolution, and Hydrocarbon Habitat of Shuaiba Formation, Lower Cretaceous, Abu Dhabi, United Arab Emirates.- AAPG Bull., **69/6**: 899-912; Tulsa.
- ALSHARHAN, A.S. (1987): Geology and Reservoir Characteristics of Carbonate Buildup in Giant Bu Hasa Oil Field, Abu Dhabi, United Arab Emirates.- AAPG Bull., **71/10**: 1304-1318; Tulsa.
- BANNER, F.T., FINCH, E.M. & SIMMONS, M.D. (1990): On *Lithocodium* ELLIOTT (Calcareous algae); its paleobiological and stratigraphical significance.- J. micropaleontol., **9/1**: 21-36; London.
- CAMOIN, G. & MAURIN, A.-F. (1988): Rôles des microorganismes (bactéries, cyanobactéries) dans la genèse des "Mud Mounds". Exemples du Turonien des Jebels Bireno et Mirhila (Tunisie).- C.R. Acad. Sci. Paris, **307**: 401-407; Paris.
- DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture.- AAPG Mem. **1**: 108-121; Tulsa.
- ELLIOTT, G.F. (1956): Further records of fossil calcareous algae from the Middle East.- Micropaleontol., **2/4**: 327-334; New York.
- FLÜGEL, E. (1979): Paleoecology and microfacies of Permian, Triassic and Jurassic algal communities of Platform and Reef Carbonates from the Alps.- Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, **3/2**: 569-587; Pau.
- GARCIA-MONDEJAR, J. (1990): The Aptian-Albian carbonate episode of the Basque-Cantabrian Basin (northern Spain): general characteristics, controls and evolution. In: TUCKER, M.E. (ed.): Carbonate Platforms: facies, sequences and evolution.- Spec. Publ. int. Ass. Sediment., **9**: 257-290; Oxford (Blackwell Scientific publ.)
- GARCIA-MONDEJAR, J., HINES, F.M., PUJALTE, V. & READING, H.G. (1985): Sedimentation and tectonics in the western Basque-Cantabrian area (Northern Spain) during Cretaceous and Tertiary times.- Excursion guide, 6th reg. Meeting

- (IAS): 307-392; Lleida.
- GASIEWICZ, A. (1983): Upper Oxfordian oncolites of SE-Poland.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1983/3: 205-212; Stuttgart.
- HARRIS, P.M., KENDALL, C.G.ST.C. & LERCHE, I. (1985): Carbonate Cementation - A Brief Review. In: SCHNEIDER-MANN, N. & HARRIS, P.M. (eds.): Carbonate Cements.- SEPM Spec. Publ., 36: 79-95; Tulsa.
- JAFFREZO, M. (1974): Les algues calcaires du Jurassique Supérieur et du Crétacé Inférieur des Corbières (2^{ème} partie).- Rev. Micropaléont., 17/1: 23-32; Paris.
- KADE, N. (1991): Mikrofazielle und palökologische Entwicklung flachmariner Karbonate am Westrand des Basko-Kantabrischen-Kreidebeckens während des Aptium (Provinz Santander, Spanien).- Diplom-Arbeit, FB Geowissenschaften der FU Berlin: 77 S.; (unveröffentlicht).
- KOCH, T. (1990): Fazies-Entwicklung und Diagenese eines Mud Mound aus dem mittleren Alb des Basko-Kantabrischen-Beckens (La Gandara, Nordspanien).- Diplom-Arbeit und Diplom-Kartierung, FB Geowissenschaften der FU Berlin: 102 S.; (unveröffentlicht).
- KOCH, T. & REITNER, J. (1989): Aufbau und Genese eines Slope Mud Mound aus dem Mittelalb von La Gandara (Nordspanien).- Berl. geowiss. Abh., (A), 106: 243-265; Berlin.
- MASSE, J.-P. (1979): Schizophytoïdes du Crétacé inférieur. Caractéristiques et signification écologique.- Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, 3/2: 685-703; Pau.
- MERZ, M.U.E. (1992): The Biology of Carbonate Precipitation by Cyanobacteria.- Facies, 26: 81-102; Erlangen.
- M'RABET, A., NEGRA, M.H., PURSER, B.H., SASSI, S. & BEN AYED, N. (1986): Micrite Diagenesis in Senonian Rudist Build-ups in Central Tunisia. In: SCHROEDER, J.H. & PURSER, B.H. (eds.): Reef Diagenesis: 210-223; Berlin Heidelberg (Springer).
- NEUGEBAUER, J. & RUHRMANN, G. (1978): Experimentelle Karbonatzementation: Syntaxialer Calcit auf Echinodermen.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1978: 545-555; Stuttgart
- NEUWEILER, F. (1992): Mud mounds (L. Cretaceous, N. Spain): Control by structural differentiation, paleokarst development and brine flux.- 13th Regional Meeting on Sedimentology - Abstract -; Jena (im Druck).
- PASCAL, A. (1985): Les systèmes biosédimentaires urgonniens (Aptien-Albien) sur la marge Nord Iberique.- Mém. géol. Univ. Dijon, 10: 569 S.; Dijon.
- PASCAL, A. & PRZYBLA, A. (1989): Processus biosédimentaires et diagénétiques précoces dans les mud-mounds (Thrombolite-mounds) urgonniens d'Espagne du Nord (Aptien-Albien) et leur signification.- Géol. Méditerran., XVI/2-3: 171-183; Marseille.
- POIGNANT, A. (1968): Les Algues des calcaires aptiens et albiens de l'Aquitaine méridionale.- Rev. Micropaléont., 10/4: 271-276; Paris.
- RADOICIC, R. (1959): Nekoliko problematicnih mikrofosila iz dinarske krede.- Geol. Vjesnik, 17/1: 87-92; Belgrad.
- RAT, P. (1959): Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne).- Publ. Univ. Dijon, 18: 325 S.; Dijon.
- REITNER, J. (1987,a): Mikrofazielle, Palökologische und paläogeographische Analyse ausgewählter Vorkommen flachmariner Karbonate im Basko-Kantabrischen Strike Slip Fault-Becken-System (Nordspanien) an der Wende von der Unterkreide zur Oberkreide.- Documenta naturae, 40: 1-239; München.
- REITNER, J. (1987,b): *Euzkadiella erenoensis* n. gen. n. sp. ein Stromatopore mit spikulärem Skelett aus dem Oberapt von Ereño (Prov. Guipuzcoa, Nordspanien) und die systematische Stellung der Stromatoporen.- Paläont. Z., 61, 3/4: 203-222; Stuttgart.
- RIDING, R. (1991): Calcified Cyanobacteria. In: RIDING, R. (ed.): Calcareous Algae and Stromatolites: 55-87; Berlin Heidelberg (Springer).
- SADATI, M. (1981): *Bacinella bicellularis* n. sp. eine Alge (?) aus dem obertriadischen Riffkalk der Hohen Wand (Nieder-Österreich).- Mitt. Ges. Geol. Berbaustud. Österr., 27: 201-205; Wien.
- SCHRÖDER, R. (1975): General evolutionary trends in orbitolinas.- Rev. Esp. Micropaleont., Núm. spec.: 117-128; Madrid.
- SCOTT, R.W. (1990): Models and Stratigraphy of Mid-Cretaceous Reef Communities, Gulf of Mexico.- SEPM, Concepts in Sedimentology and Paleontology, 2: 102 S.; Tulsa.
- SEGONZAC, G. & MARIN, P. (1972): *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT et *Bacinella irregularis* RADOICIC de l'Aptien de Teruel (Espagne): deux stades de croissance d'un seul et même organisme *incertae sedis*.- Bull. Soc. Géol. France,

7/XIV: 331-335; Paris.

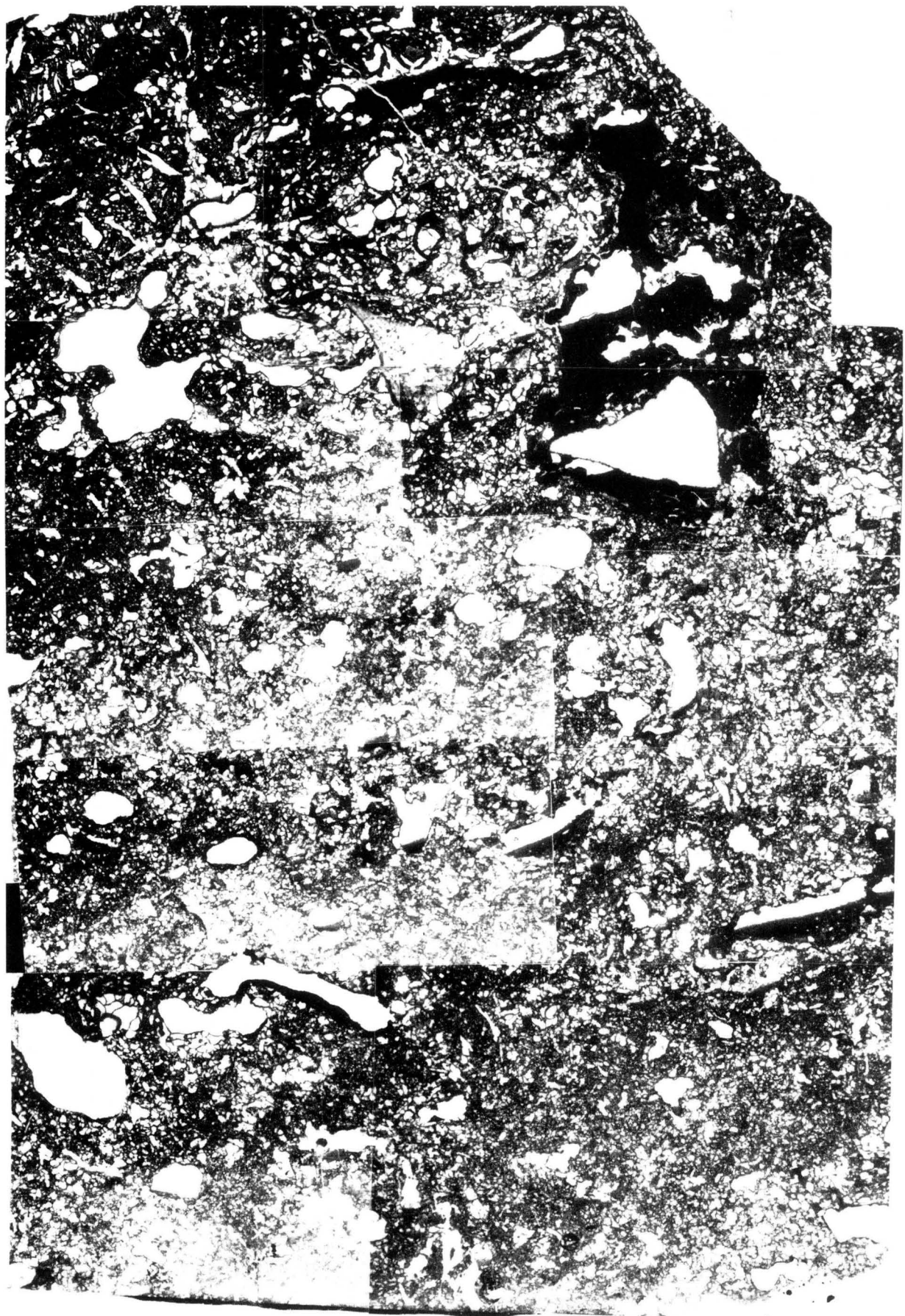
SENOWBARI-DARYAN, B. & SCHÄFER, P. (1979): Distributional patterns of calcareous algae within Upper Triassic patch reef structures of the Northern Calcareous Alps (Salzburg).- Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, 3/2: 811-820; Pau.

VACHARD, D. & MONTENAT, C. (1981): Biostratigraphie, micropaléontologie et paléogéographie du Permien de la région de Tezak (Montagnes Centrales d'Afghanistan).- Palaeontographica Abt. B, 178: 1-88; Stuttgart.

Tafel 1

Massive bacinelloide *Lithocodium* Boundstone Fazies. "Spatitaugen" mit subparallel angelagertem Wachstumsgefüge oder dicht-peloidalen Mikriten und anschließender Überleitung zu offenem Gefüge mit blasig-zellulärem Charakter. Zum Teil sind knollige Wuchsformen entwickelt. Geopetale Pelmikrite innerhalb der "Spatitaugen" zeigen ein frühes aber sekundäres Hohlraumgefüge an. Beachte schwache Winkeldifferenzen innerhalb der geopetalen Verfüllungen. Trotz der 2-dimensionalen Betrachtung wird das beschränkte Volumen der Verfüllungen deutlich. Vermutlich handelt es sich um einen Automikrit als Umsetzungsprodukt reaktiver organischer Substanzen. Für Details siehe: Taf.3, Fig.3.
Breite des Bildausschnittes = 4 cm

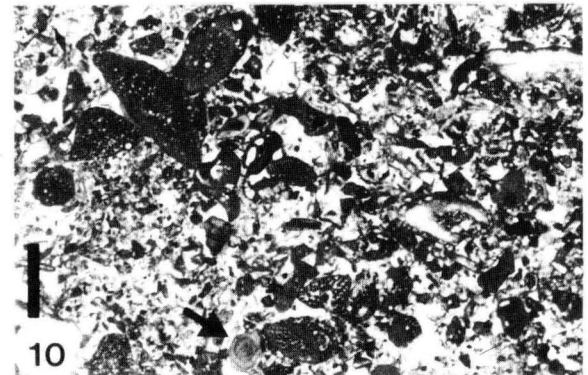
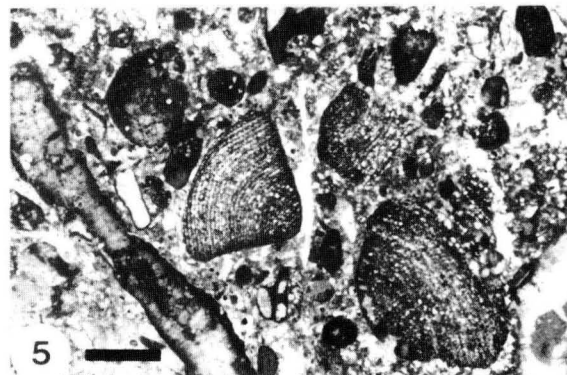
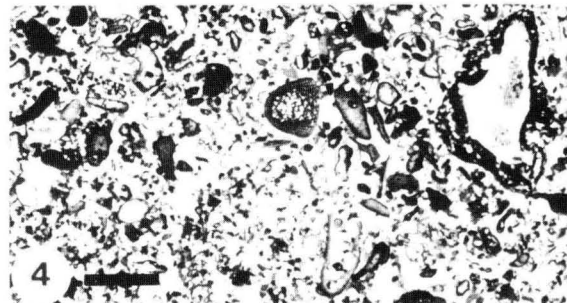
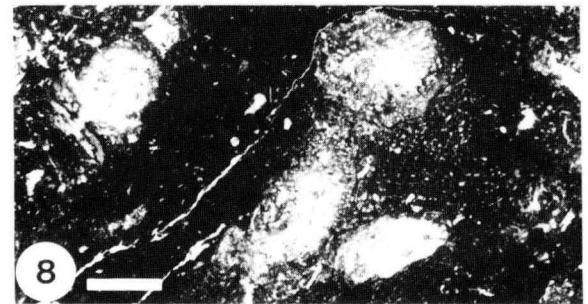
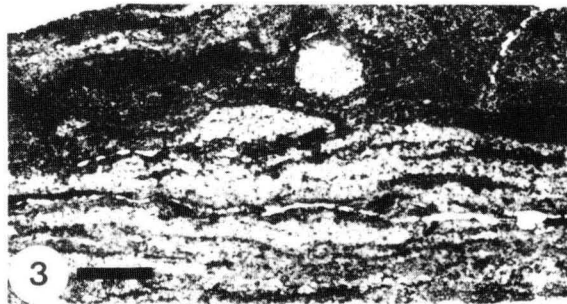
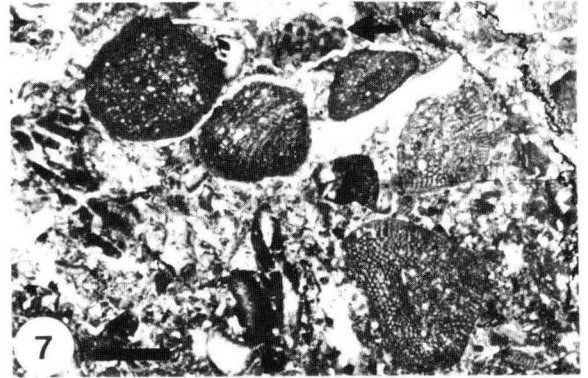
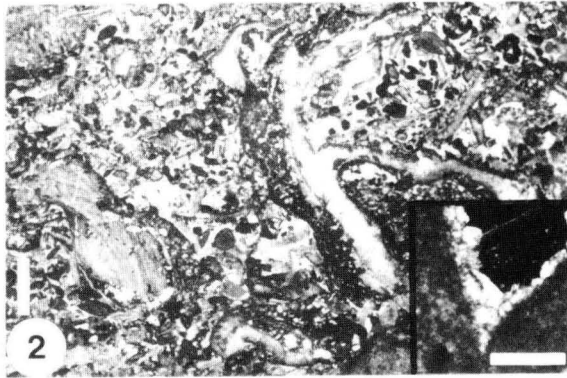
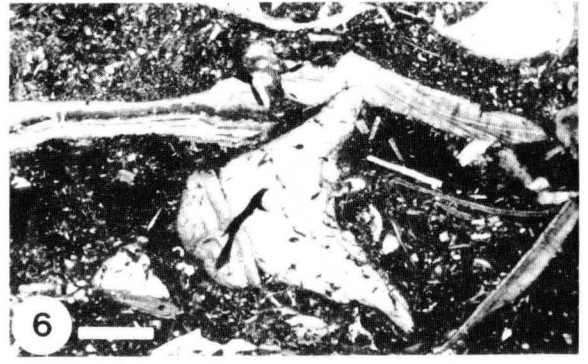
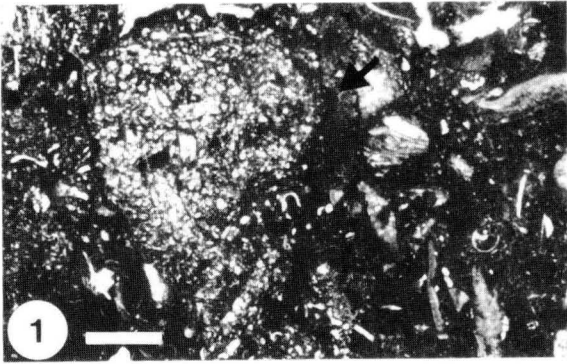
Massive bacinelloid *Lithocodium* boundstone. Sparitic "eyes" are followed either by a growth habit of subparallelly arranged filaments, or by dense peloidal micrites both grading into an open, vesicular-cellular meshwork. Partially knobby growth forms are developed. An early secondary porosity related to the sparitic "eyes" is indicated by the geopetal structures of pelmicritic infillings. Note the slight variation in angle and the limited volume of internal pelmicrites. Presumably this micrite is derived from reactive organic materials and is autochthonous. For details: Taf.3, fig.3.
Width of figure = 4 cm



Tafel 2

- Fig.1: Massive bacinelloide *Lithocodium* Fazies mit knolligen Wuchsformen. Vereinzelt Gastropoden und Ostrakoden. Balken = 4 mm
- Fig.1: Massive bacinelloid *Lithocodium* facies with knobby growth forms. Scattered remains of gastropods and ostracods. Scale bar = 4 mm
- Fig.2: Intraklastischer Mikritkortoid Grainstone mit bacinelloiden und lithocodoiden Onkoiden resp. Intraklasten. Weitere Hauptkomponenten sind Mikritkortoide um feinkörnigen *Toucasia*-Schutt, *Lithocodium* induzierte Pelloide und Echinodermenschutt. Balken = 4 mm
Eingefügt ist ein Interpartikel-Kalzitzement, syngenetisch mit einer ersten Kompaktion. Interpretation als Bildung innerhalb der Mischwasser-Zone. Balken = 60 μ m
- Fig.2: Intraclastic grainstone with micritic cortoids, bacinelloid and lithocodoid oncoids or intraclasts. Additional main components are coated fine grained bioclasts of *Toucasia*, peloids induced by *Lithocodium* and echinodermal debris. Scale bar = 4 mm
Insert shows a calcitic interparticle cement contemporaneous to the first evidence of compaction. This cement is related to the diagenetic environment of mixed waters. Scale bar = 60 μ m
- Fig.3: Mixed Flat Sedimente mit isolierten Feinsandstein Rippeln, flaserig-lentikularen Schichtungstypen und schwach entwickelter Konvolutschichtung. Kreisschnitt mit Feinsandstein geht auf eingeschränkte Bioturbation zurück. Balken = 4 mm
- Fig.3: Mixed flat sediments with isolated sandstone ripples, flaser-lenticular bedding, weakly developed convolution and restricted bioturbation. Scale bar = 4 mm
- Fig.4: Karbonatisch-silizoklastische Mischfazies im Verzahnungsbereich der Mixed Flat Sedimente mit *Chondrodonta*-Float-/Rudstones. Wellig geschichtetes Intervall mit *Lithocodium* Onkoiden, die Feinsand eingebunden haben, Orbitolinen mit Silt-Agglutinat, Pelloide, Mikritkortoide und Echinodermenschutt. Balken = 4 mm
- Fig.4: Mixed carbonate-silicoclastic facies representing the zone of interfingering of mixed flat sediments and *Chondrodonta* float-/rudstones. This zone shows wavy bedding and includes *Lithocodium* oncoids with agglutinated quartz, orbitolinid foraminifera agglutinating silt particles, peloids, micritic cortoids and echinodermal debris. Scale bar = 4 mm
- Fig.5: Lithoklastischer Rudstone mit mikritischen Lithoklasten und z.T. zerbrochenen Silt-Orbitolinen. Proximale Tempestifazies. Balken = 2 mm
- Fig.5: Lithoclastic rudstone including micritic lithoclasts and broken silt-agglutinating orbitolinids. Proximal tempestites. Scale bar = 2 mm
- Fig.6: *Chondrodonta* Rud-/Floatstone. Grober Schutt von *Chondrodonta* und *Toucasia* mit teilweise ausgeprägten endolithischen Spuren (Algen/Pilze?, wenig *Lithocodium* Spuren). Tempestit-Sedimente. Balken = 4 mm
- Fig.6: *Chondrodonta* rud-/floatstone. Coarse debris of *Chondrodonta* and *Toucasia* revealing intense endolithic borings by ?algae/fungi, endolithic traces of *Lithocodium* are minor. Tempestite deposits. Scale bar = 4 mm
- Fig.7: Pelloid Onkoid Pack-/Grainstone. Distale Tempestite mit schwach ausgewaschener Matrix. Die rundlich-lappige Form der Orbitolinen als Nucleus der Onkoide geht auf die destruktive Wirkung von *Lithocodium* zurück (keine Abrasionserscheinung). Balken = 2 mm
- Fig.7: Pelloid oncoid pack-/grainstone with a dismicritic matrix, representing distally deposited tempestites. The nucleus of the oncoids consists of orbitolinid foraminifera exhibiting lobed surfaces which is due to the destruction by *Lithocodium*. Scale bar = 2 mm

(Fortsetzung auf übernächster Seite)



- Fig.8: Mergeliger Float-/Wackestone mit kleinwüchsigen Solitärkorallen. Stillwasserfazies unter eingeschränkter Wasserzirkulation (Stagnatbecken). Balken = 2 mm
- Fig.8: Marly float-/wackestones with small solitary corals. Quiet water environment with restricted water circulation (stagnate basins). Scale bar = 2 mm
- Fig.9: Peloid Packstone mit *Euzkadiella* sp. und paraautochthonen Orbitolinen. Ablagerungen einer halbgeschlossenen Lagune. Balken = 4 mm
- Fig.9: Peloid packstone with *Euzkadiella* sp. and paraautochthonous orbitolinids. This facies represents semi-closed lagoons. Scale bar = 4 mm
- Fig.10: Peloid Orbitolinen Grainstone mit zusammengesetzten *Lithocodium* Onkoide/Lumps und allseitig abradierten Orbitolinen. Karbonatsand-Shoals im äußeren Bereich einer internen Plattform. Balken = 4 mm
- Fig.10: Peloid orbitolinid grainstone with composite oncoids/lumps of *Lithocodium* and well rounded orbitolinids. Shoal deposits at the boundary of internal and external platform conditions. Scale bar = 4 mm

Tafel 3

- Fig.1: Dichte peloidale Mikrite, subparallele Anlagerung und niedrig-domale Wuchsform bei *Lithocodium*. Diese Wuchsform mit peloidalem Interngefüge erinnert an stromatolithische Karbonatkrusten. Balken = 1 mm
- Fig.1: Dense peloidal micrites grading into a subparallelly arranged network of filaments of *Lithocodium*. Growth form and microfabric resemble those of stromatolitic carbonate crust. Scale bar = 1 mm
- Fig.2: Teilweise kalzifiziertes Einzelfilament von *Lithocodium*. In Reihe angeordnete "Zellen" als kleinstes Bauelement bei *Lithocodium*. Balken = 10 μ m
- Fig.2: Partially calcified filament of *Lithocodium* showing a row of individual "cellules". Scale bar = 10 μ m
- Fig.3: Peloidale Mikrite bedecken epitaxialen Aufwuchs auf kalzifizierten Filamenten von *Lithocodium*. Es handelt sich um ein frühes, aber sekundäres Hohlraumgefüge. Dolomitbildung und Kalzifizierung der Dolomite sind spätdiagenetische Phänomene. Balken = 100 μ m
- Fig.3: Peloidal micrites covering epitaxial overgrowth upon calcified filaments of *Lithocodium*. This structure corresponds to an early developed secondary porosity. Growth of large dolomite crystals and their calcification is related to late diagenetic phenomenons. Scale bar = 100 μ m
- Fig.4: Anbohrungen von *Lithocodium* in *Toucasia*. *Lithocodium*-typische Dimensionen und rundliche Front. Rechts einfach verzweigte Bohrung. X Nicols. Balken = 100 μ m
- Fig.4: Endolithic borings of *Lithocodium* in *Toucasia*. Note typical dimensions and rounded fronts of partially ramified borings. X nicols. Scale bar = 100 μ m
- Fig.5: REM Aufnahme von *Lithocodium* Mikriten und Minimikriten. Subhedrale Mikrosparite als frühdiagenetische Überprägung.
- Fig.5: SEM photograph of micrites and minimicrites produced by *Lithocodium*. The formation of subhedral microspar is of early diagenetic origin.
- Fig.6: Detail von Fig.5: Anhedrale Minimikrite als Einschlüsse in Mikrosparit. Primäre Mineralisationsprodukte bei *Lithocodium*.
- Fig.6: Detail of fig.5: Minimicrite enclosed in secondary microspar. Minimicritic particles are the primary mineralization product in *Lithocodium*.

