



Fazies, Gildenstruktur und Diagenese des nördlichen Randes der Dinarischen Karbonatplattform (Barreme-Apt, W-Slowenien)

Von JÜRGEN GRÖTSCH, ROMAN KOCH & STANKO BUSER*)

Mit 8 Abbildungen, 2 Tabellen und 6 Tafeln

*Slowenien
Dinariden
Fazies
Diagenese*

Inhalt

Zusammenfassung	125
Abstract	126
1. Einleitung	126
2. Geologischer Rahmen	127
2.1. Großtektonische Einheiten der Dinariden	127
2.2. Entwicklungsgeschichte der Dinarischen Karbonatplattform	128
2.3. Lage des Untersuchungsgebietes	128
2.4. Stratigraphie	129
3. Untersuchungsmethoden	130
4. Fazies	130
4.1. „In place“- und „Detrital Framework“-Fazies	131
4.2. „Detrital Sand“-Fazies	131
4.3. „Baffler“-Fazies	131
4.4. Lagunäre Fazies	132
5. Gildenstruktur im Riff von Kanalski Vrh	132
5.1. „Constructor“-Gilde	132
5.2. „Binder“-Gilde	133
5.3. „Dweller“-Gilde	135
5.4. „Baffler“-Gilde	135
5.5. „Destroyer“-Gilde	135
6. Zyklischer Aufbau	136
7. Diagenetische Entwicklung	136
7.1. Allseitige (isopache) Zemente	136
7.2. Diagenetisch überprägte, allseitige Säume	136
7.3. Langblättrige, radiaxial-fibröse Zemente	136
7.4. Drusy Mosaik	137
7.5. Syntaxiale Anwachssäume	137
7.6. Sammelkristallisierte Bereiche	137
7.7. Kristallsilt (Vadoser Silt)	137
8. Diskussion	138
9. Schlußfolgerungen	138
Dank	139
Literatur	152

Zusammenfassung

Das untersuchte Gebiet am N-Rand der offen-marinen Dinarischen Karbonatplattform umfaßt die Faziesräume eines „reef-flats“ bis „back reefs“. Die Sedimente sind zeitgleich mit den Urgon-Riffen in der Tethys und im Golf von Mexico. Wendet man das von FAGERSTROM (1987) für fossile Riffe entwickelte Gildenkonzept an, zeigt sich, daß das „Riff“ nicht aus einem zusammenhängenden Gerüst, sondern vielmehr aus einem zyklischen Wechsel von einer „baffler-facies“ hin zu einer „detrital-framework-facies“ besteht. Der Barreme-Apt-Plattformrandbereich besteht somit aus einem Stapel von durchschnittlich 3 m mächtigen, vertikalen Aggradationszyklen.

Die wechselnden Meeresspiegelstände sind an der relativen Häufigkeit der unterschiedlichen Zement-Typen (allseitige-isopache, allseitige-überprägte, radiaxial-fibröse Zemente, drusiges Mosaik und syntaxiale Anwachssäume), die sich räumlich und zeitlich überlagern und überprägen, gut abzulesen. Andere diagenetische Parameter wie vadoses Silte und Sammelkristallisation unterstützen diese Interpretation. Die Grenzen der Aggradations- und der Zementationszyklen fallen meist nicht zusammen. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Zementation stets der Sedimentation einer lithologischen Einheit nachfolgt. Ebenso greifen z.B. meteorische Prozesse unterschiedlich tief in den liegenden Sedimentkörper ein. Daher liefert die kombinierte Analyse paläontologisch-fazieller und diagenetischer Parameter die besten Daten zum Erkennen von allozyklischen, hochfrequenten Meeresspiegelschwankungen im Plattformrandbereich.

*) Anschrift der Verfasser: JÜRGEN GRÖTSCH, Shell Research B.V., Postbus 60, NL-2280 AB Rijswijk; ROMAN KOCH, Institut für Paläontologie, Loewenichstraße 28, D-91054 Erlangen; STANKO BUSER, Univerza v Ljubljani, Montanistika, Aškerčeva 2, SL-61000 Ljubljana, Slowenien.

Facies, Guilds, and Diagenesis of the Northern Margin of the Dinaric Carbonate Platform (Barremian–Aptian, Western Slovenia)

Abstract

The area investigated on the northern margin of the open marine Dinaric carbonate platform corresponds to a reef-flat to back-reef environment. Massive limestones occur which contain a high amount of reef-building organisms. The limestones are time equivalent to the Upper Barremian to Lower Aptian "Urgonian-limestones" of the Tethys and the Gulf of Mexico. Applying the guild concept to fossil reef communities (FAGERSTROM, 1987) the reef analysed shows that it did not build a framework, but is composed rather of a cyclic change from a baffler facies to a detrital framework facies. Thus, the reef consists of a stack of vertical aggradational cycles of possible allocyclic origin, with an average thickness of about 3 m.

The fluctuation of relative sea level can be deduced from the changing abundance of different cement-types (isopachous, recrystallized rims, radial-fibrous cements, drusy mosaic and syntaxial overgrowth). They overlie each other in space and time and often show overprinting. Vadose silt and recrystallization features provide additional information on cyclic sedimentation.

The boundaries of sedimentation- and cementation-cycles do not coincide. This is explained by cementation lagging behind sedimentation. Early diagenetic meteoric influence may reach some meters down into the underlying sediment. Therefore, a combination of paleontological, facies and diagenetic parameters seem to be an ideal data base for the recognition of high frequency sea level changes in platform margin settings.

1. Einleitung

Die klimatischen Bedingungen während des Phanerozoikums waren sehr heterogen, wobei man von zwei Extrembedingungen ausgehen kann: Zeiten mit hochampli-

tuden (z.B. Pleistozän = icehouse) und niederamplituden Meeresspiegelschwankungen (z.B. Apt = greenhouse; FISCHER, 1981). Rezente und fossile Riffe haben stets das

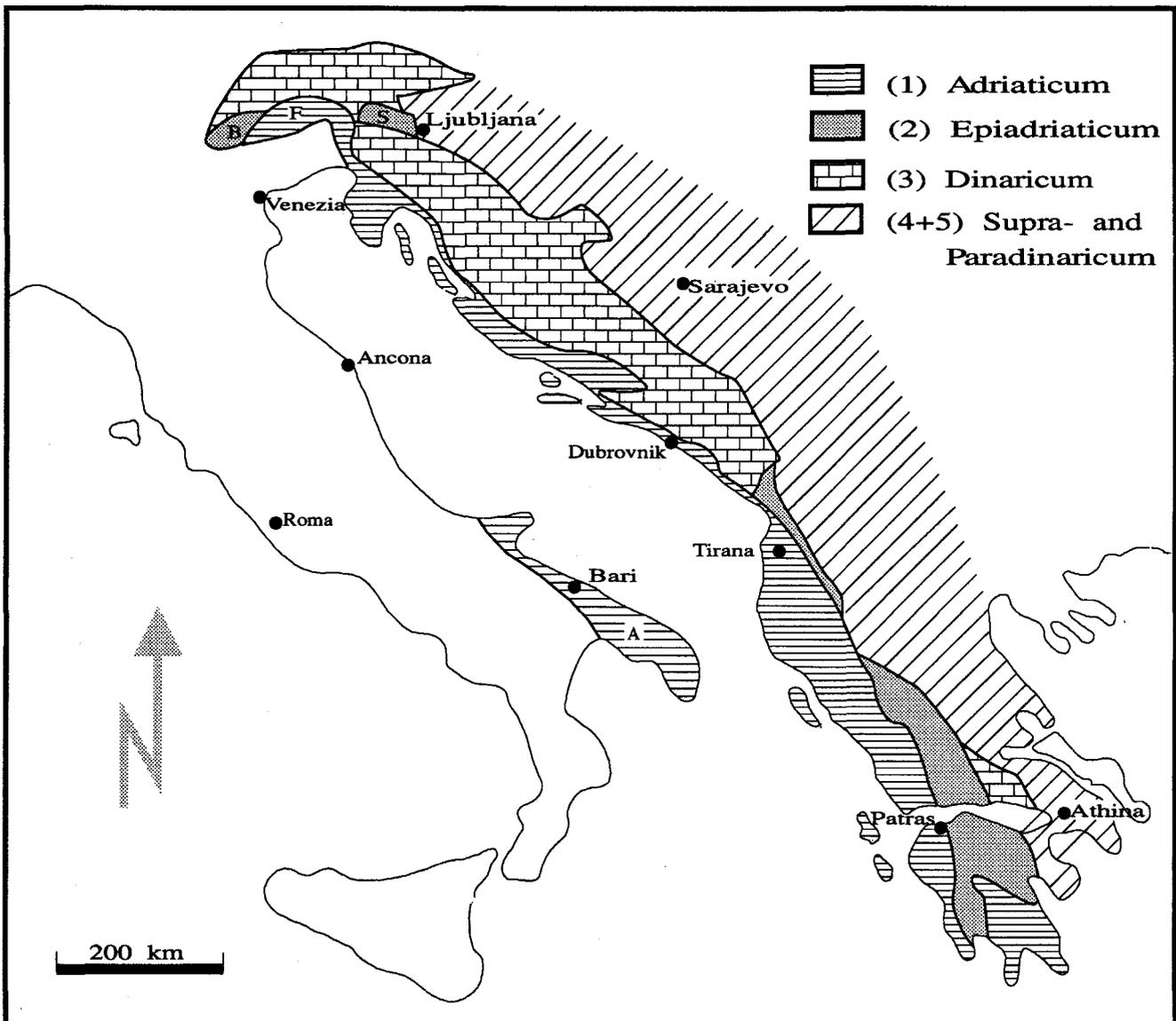


Abb. 1. Vereinfachte Darstellung der großtektonischen Einheiten der Dinariden im periadriatischen Raum (verändert nach CELET, 1977 und HERAK, 1986). A = Apulische Plattform, B = Belluno Trog, F = Friaul Plattform, S = Slowenischer Trog.

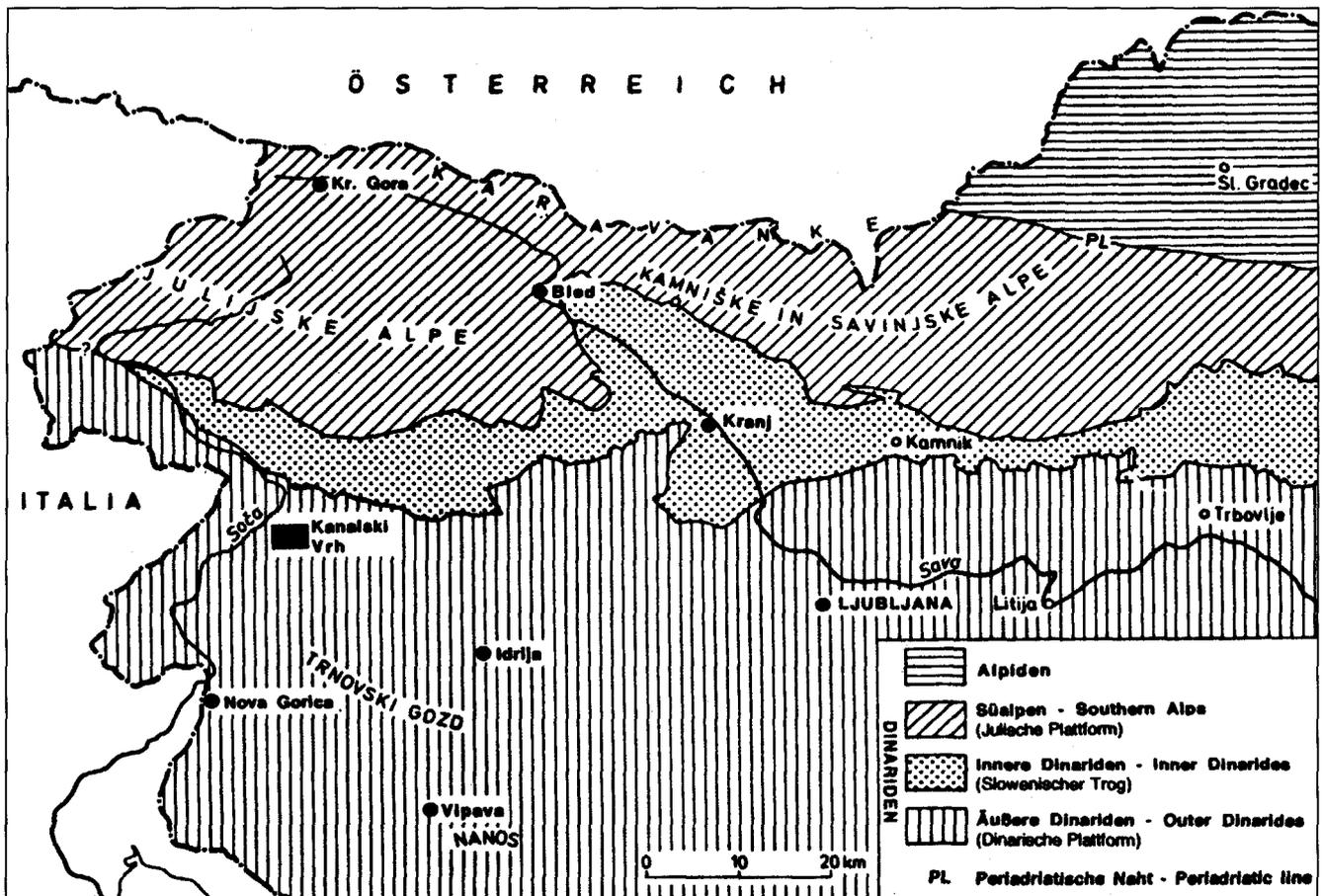


Abb. 2. Geographische Unterteilung W-Sloveniens mit der Lage des Untersuchungsgebietes bei Kanalski Vrh (nach BUSER, 1989).

Bestreben, im Bereich günstigster Lebensbedingungen zu verbleiben. Dabei bedingen relative Änderungen des Meeresspiegels Veränderungen in der Faunenzusammensetzung der riffbildenden und riffbewohnenden Organismen. Sie sind bestrebt, die entsprechenden günstigen Lebensbedingungen im Bezug zum Meeresspiegel, z.B. durch erhöhte Akkumulation, zu erhalten.

Daher können Riffe als „Aufzeichner“ von relativen Meeresspiegelschwankungen genutzt werden (SCHLAGER & PHILIP, 1991; GRÖTSCH et al., 1993). Dabei muß mit einem gewissen Zeitverzug der Organismen-Reaktionen (lag time) gerechnet werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Zusammensetzung eines Riffes sowohl qualitativ mit Hilfe der Faziesanalyse und des Gildenkonzepts, als auch quantitativ zu analysieren (GRÖTSCH, 1993). Als Beispiel wurde ein Barrem-Apt-Riff vom Nordrand der Dinarischen Karbonatplattform in Slowenien gewählt, aus einem Zeitbereich also, der im Unterschied zum Pleistozän von vergleichsweise geringen klimatischen Gegensätzen geprägt war (greenhouse).

Die Profilaufnahmen in W-Slovenien wurden in Zusammenarbeit mit dem Geoloski Zavod Ljubljana (Geologische Anstalt Ljubljana) ausgeführt und bilden die Fortführung früherer stratigraphischer, fazieller, diagenetischer und geochemischer Arbeiten in Slowenien (TURNŠEK & BUSER, 1974; KOCH, 1978, 1988; OGORELEC, 1988; STROHMENGER, 1988; KOCH et al., 1989; OGORELEC & ROTHE, 1993; KOCH & OGORELEC, 1990). Sie basieren auf Geländeaufnahmen zur geologischen Karte Tolmin 1 : 100.000 (BUSER, 1987).

2. Geologischer Rahmen

2.1. Großtektonische Einheiten der Dinariden

Das untersuchte Gebiet gehört zum nordwestlichen Teil der Dinariden, die sich mit einer Ausdehnung von etwa 1400 km × 350 km von Griechenland über Albanien, Montenegro, Bosnien-Herzegowina und Kroatien bis nach NW-Slovenien erstrecken (Abb. 1). In Slowenien umfassen sie ein Gebiet von 14.000 km². Die gesamten Dinariden können nach HERAK (1986) und den dort zitierten Arbeiten in folgende großtektonische Einheiten unterteilt werden:

- ① **Adriaticum**
(Friaul-, Adriatische, Apulische und Gavrovo-Tripolitza Plattform, Ionischer Trog).
- ② **Epiadriaticum**
(Belluno-, Slowenischer, Cukali- und Pindos-Trog).
- ③ **Dinaricum**
(Karawanken, Dinarische und Julische Plattform, Parnas Ghiona-Zone).
- ④ **Supradinaricum**
(Kristallines Basement, Ophiolithe, Schelf- und Bekkensedimente).
- ⑤ **Paradinaricum**
(Serbo-Mazedonisches, Rhodopen Massiv, Metamorphite, Vulkanite, Beckensedimente).

Diese Einteilung unterscheidet sich in einigen Zuordnungen geringfügig von der anderer Autoren (SIKOŠEK & MEDWENITSCH, 1965; ANDJELKOVIČ, 1976, 1978; CE-

LET, 1977; DIMITIJEVIĆ, 1982). Das N-Ende der Dinariden wird vom Periadriatischen Lineament markiert (TOLLMANN, 1977). Abb. 1 dokumentiert eine nach CELET (1977), HERAK (1986) und den anderen, oben zitierten Autoren leicht veränderte Darstellung der Dinariden.

Der nordwestliche Teil der Dinariden, der mit dem Periadriatischen Lineament an die Alpen grenzt, wird in Slowenien in die Einheiten der Südalpen, der Inneren Dinariden und der Äußeren Dinariden unterteilt (BUSER, 1986). Die Südalpen umfassen die südlichen Karawanken, die Julischen Alpen, sowie die Steiner (Kamnik) und Sanntaler Alpen. Zu den Inneren Dinariden gehört ein schmaler Gürtel des Mittelteils von Slowenien. Der übrige Südteil Sloweniens gehört zu den Äußeren Dinariden (Abb. 2). Die geotektonische Einheit der Südlichen Alpen ist der paläogeographischen Einheit der Julischen Plattform zuzurechnen, während die Inneren Dinariden zum Slowenischen Trog und die Äußeren Dinariden zur Dinarischen Karbonatplattform gehören.

Nach BUSER (1989) hat der Slowenische Trog aus dem Mittelteil des Soča-Tales keine Fortsetzung gegen Westen in den Belluno-Trog in Italien. Er keilt vielmehr nordwestlich von Kobarid in einem Intraplattform-Becken aus. Die Julische und Dinarische Karbonatplattform schließen sich westlich von Kobarid zu einer gemeinsamen Karbonatplattform zusammen, die in Italien „Friaul-Plattform“ genannt wird. Diese Karbonatplattform wird in der Gegend von Belluno erneut durch einen Intraplattform-Trog unterbrochen.

Die Slowenischen Dinariden sind durch einen Überschiebungs-, bzw. Deckenbau mit von Norden und Nordosten nach Süden und Südwesten gerichteten Überschiebungen charakterisiert. Aufgrund palinospastischer Rekonstruktionen ermittelte PLACER (1981) Überschiebungsweiten bis zu 60 km. Der komplizierte tektonische Bau der Slowenischen Dinariden ist zusätzlich durch zahlreiche langaushaltende regionale Brüche gekennzeichnet, die die Überschiebungsstrukturen noch in einzelne tektonische Schollen zerlegt haben.

2.2. Entwicklungsgeschichte der Dinarischen Karbonatplattform

Der zeitliche Ablauf und die räumlichen Zusammenhänge der einzelnen Karbonatplattformen und der assoziierten Becken sind bei BUSER (1989) dokumentiert. Eine erste Karbonatplattform im Gebiet von Slowenien kann schon für das Devon nachgewiesen werden. Ihre weitere Entwicklung wurde jedoch von einer langandauernden klastischen Sedimentation im Karbon und Perm unterbrochen. Während des oberen Perm begann sich die ausgedehnte Slowenische Karbonatplattform zu entwickeln, die den gesamten Raum der heutigen Dinariden in Slowenien und den angrenzenden Gebieten umfaßt und die während der mittleren Trias (Ladin) wieder in einzelne Schollen zerlegt wurde. Dieser Prozeß war von starker vulkanischer Aktivität begleitet.

In der untersten Obertrias (Cordevol) entstanden im Raum der heutigen Slowenischen Dinariden zwei große, durch ein Becken getrennte Karbonatplattformen: Die Julische Karbonatplattform im Gebiet der heutigen Julischen Alpen und die Dinarische Karbonatplattform im Gebiet der heutigen Äußeren Dinariden. Der trennende Slowenische Trog entspricht den heutigen Inneren Dinariden in Mittelslowenien (Abb. 2).

Während die Julische Karbonatplattform im unteren Jura (oberer Lias) eine starke Subsidenz erfuhr, blieb die Dinarische Karbonatplattform bis zum Ende der Oberkreide stabil. Erst dann begannen die nördlichen Randgebiete der Plattform zu zerfallen, und es entwickelten sich Flyschbecken, die von Norden nach Süden progradierten. Die südlichsten Gebiete der Dinarischen Karbonatplattform wurden erst im Eozän von der Flysch-Entwicklung erreicht.

Am Nordrand der Dinarischen Karbonatplattform, an der Grenze zum Slowenischen Trog, wurden von der Obertrias bis zur Oberkreide Korallenriffe unterschiedlicher Ausdehnung gebildet. So bestand hier während des Oberen Jura ein Korallen-Hydrozoen-Barriere-Riff von mehreren 100 km Länge und einer Breite von bis zu 10 km. Es erstreckte sich mit mehreren Unterbrechungen durch die gesamten Äußeren Dinariden, von Norditalien über Slowenien, Kroatien, Bosnien und Herzegowina bis nach Montenegro (TURNŠEK et al., 1981). In der tiefsten Unterkreide (Berrias, Valendis) existierten nur noch vereinzelte Relikte des Riffes im Bereich des Banjška Planota (TURNŠEK & BUSER, 1974).

Im oberen Barreme und im Apt waren die Voraussetzungen für ein umfangreiches Riffwachstum sehr günstig. Am Nordrand der Karbonatplattform (bei Banjška Planota und bei Kanalski Vrh; Abb. 3) konnte sich ein großes, überwiegend von Korallen aufgebautes Riff bilden. Im zentralen Lagunenbereich (Gebiet des Trnovski Gozd und bei Kocejve) entwickelten sich kleine Patch-Riffe mit Rudisten und Korallen.

Während der Oberkreide sind in großen Gebieten der Plattform mächtige Abfolgen mikritischer und spartischer geschichteter Kalke entstanden. In ihnen treten Hornstein-führende Plattenkalke auf (KOCH et al., 1989), die auf einen zeitweise hemipelagischen Einfluß in Teilen der Plattform hindeuten.

Das Korallenriff von Banjška Planota bestand auch während der Oberkreide. Es wurde aber anschließend, während der Entwicklung des oberkretazischen und paläozänen Flyschs völlig zerstört und in die Flyschbreccien umgelagert (TURNŠEK & BUSER, 1976). Die Gebiete von Banjška Planota und Trnovski Gozd sind für die Untersuchung der Jura- und Kreide-Riffe im slowenischen Teil der Äußeren Dinariden von großer Bedeutung, da hier der Nordrand der Karbonatplattform und der Südrand des Slowenischen Troges ungestört aneinander grenzen (Abb. 2).

2.3. Lage des Untersuchungsgebietes

Das kartierte Gebiet und die beiden im Detail bearbeiteten Profile liegen am Nordrand der Dinarischen Karbonatplattform, direkt an der Begrenzung zum Slowenischen Trog, 750 m bzw. 1500 m östlich der Ortschaft Kanalski Vrh an der Soca (Abb. 3). Nach PLACER (1981) sind sie Teil der Trnovo Decke, der höchsten und am weitesten nach SW überschobenen Deckeneinheit in Slowenien.

Das „Riff“ im Banjška Planota, das Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist, läßt einen graduellen Übergang von einem riffogenen Bereich in eine lagunäre Fazies im Gelände erkennen. Aufgrund der paläogeographischen Position der Plattform, des hohen Anteils an riffbildenden Organismen, sowie der faziellen Ausbildung und Verzahnung mit lagunären Sedimenten, wird der Ablagerungsraum als ein am Plattformrand gelegener Riffkomplex interpretiert.

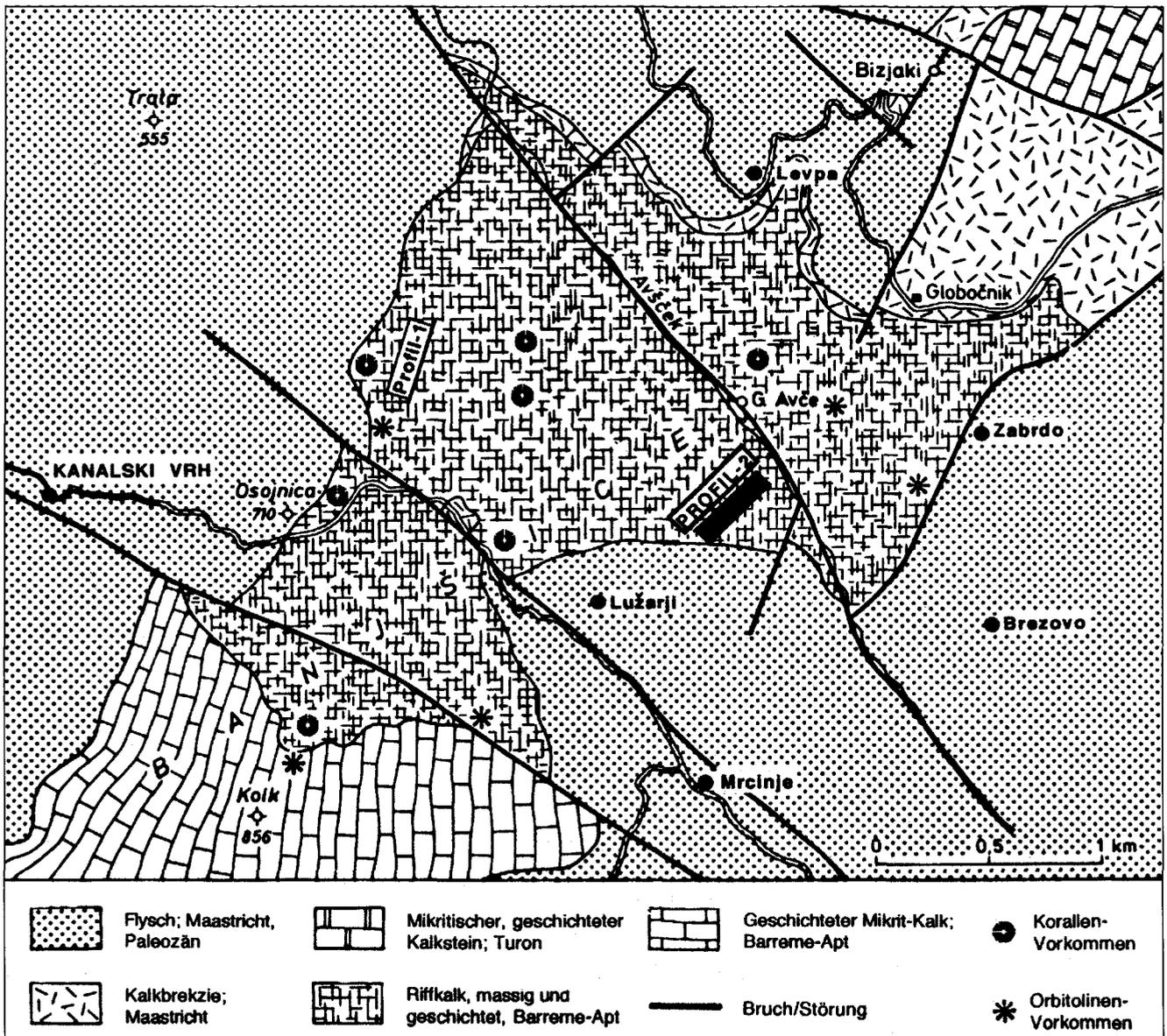


Abb. 3. Geologisch-fazielle Übersichtskarte der Umgebung von Kanalski Vrh mit der Lage des hier diskutierten Profils-2 von 133,5 m Mächtigkeit (schwarzer Balken) nach TURNŠEK & BUSER (1974).

Die beiden im Detail untersuchten Profile wurden im Bereich der Rifffazies aufgenommen (Abb. 3).

Der Riffkomplex von Banjška Planota liegt in einer Antiklinale, deren Achse in NE-SW-Richtung verläuft. Nach Süden gehen die Riffgesteine in lagunäre Kalke über. Maastricht- und paläozäner Flysch überlagern den Riffkomplex diskordant mit einer Schichtlücke.

Das Gebiet ist von NW-SE streichenden Blattverschiebungen und Brüchen mit vertikalem Versatz durchzogen, die im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen der Idria-Störung entstanden sind. Vier Abschiebungen und/oder Blattverschiebungen mit 10er- bis 100er-Meter Versatz führen im Profil Kanalski Vrh-1 zu einer mehrfachen Wiederholung der Schichtfolge und täuschen so eine erhöhte Mächtigkeit vor. In anderen Profilen auf der Dinarischen Karbonatplattform beträgt die Mächtigkeit des Barreme-Unterapt-Intervalls nur 100–200 m (VELIĆ, 1973; SOKAČ & VELIĆ, 1978; TIŠLJAR et al., 1983; KOCH et al., 1989). Das Profil Kanalski Vrh-2 weist dagegen keine Störungen auf, so daß die hier durchgeführten Untersuchungen eine gesicherte Datenbasis ergeben.

2.4. Stratigraphie

Die Riffkalke wurden mit Hilfe von Korallen datiert, die an der Straße östlich des Berges Osojnica bei Kanalski Vrh besonders häufig auftreten. Sie weisen überwiegend auf ein Barreme-Apt-Alter hin (TURNŠEK & BUSER, 1974). Es wurden folgende Arten bestimmt: *Cyathophora pygmaea* VOLZ, *Stylina regularis* FROMENTEL, *Eugyra cotteai* FROMENTEL, *Felixgyra partruliusi tenuiseptata* MORYCOVA, *Eohydrophora aff. picteti* (KOBY), *Latusastrea decipiens* (PREVER), *Latusastrea exiguis* (FROMENTEL), *Clausastraea bolzei* ALLOITEAU, *Phyllocoenia cotteai* FROMENTEL, *Placophyllia* sp., *Axosmilia fromenteli* D'OSSAT, *Glenaraea cretacia* POCTA, *Microsolena guttata* KOBY, *Microsolena distefanoi* (PREVER), *Ovalastraea turbinata* (FROMENTEL), *Dermosmilia* sp., *Siderastrea senecta* MORYCOVA, *Pseudopolytrema spinoseptata* MORYCOVA. Außer Korallen wurden noch folgende Hydrozoen oder Schwämme gefunden: *Dehornella costai* (OSIMO), *Chaetetopsis krimholzi* (YAVORSKY), *Chaetetopsis favrei* (DENINGER).

Aufgrund von Orbitolinen im Riffkomplex, hatten TURNŠEK & BUSER (1974) die Kalke schon früher dem Barreme-

Apt zugeordnet. Da der Rifffkomplex lateral in lagunäre Kalke mit *alpingoporella dinarica* RADOIČIĆ übergeht, war die Alterseinstufung indirekt bereits gegeben.

Für die Altersvergleiche des Rifffkomplexes und der lagunären Kalke aus der Umgebung von Kanalski Vrh und aus weiter entfernten Nachbargebieten sind die Arbeiten von RADOIČIĆ (1960), TURNŠEK & BUSER (1966), VELIĆ & SOKAČ (1978) und GRÖTSCH et al. (1993) von Bedeutung.

Die Aufschlüsse im Untersuchungsgebiet (Abb. 5) können anhand der Evolutionsreihen von *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH) und *Paleodictyoconus arabicus* (HENSON) datiert werden und umfassen das Zeitintervall vom obersten Barreme bis zum Ober-Apt (R. SCHROEDER, 1990; pers. Mitt.). Sie entsprechen damit der Riffbildungsphase des „Urgon“, die in weiten Teilen der Tethys überliefert und dokumentiert ist (Groupe Français du Crétacé, 1979).

Neben diesen im Flachwasser lebenden Foraminiferen findet man in Füllungen von Karstspalten und -höhlen unterschiedlicher Größe und Ausbildung planktonische Formen, die sich ausschließlich aus Faunen des Ober-Alb zusammensetzen (GRÖTSCH et al., 1993). In den Oberalbhöhlen des Profils sind häufig Kalkbreccien und Siltfüllungen vorhanden (Abb. 5). Die meisten Korallen im Rifffkomplex sind im oberen Teil des untersuchten Profils-2 enthalten. Die das Riff aufbauenden Organismen sind nur selten in Lebendstellung überliefert, so daß es sich zumeist um bioklastische Riffsande, und nicht um ein in-situ-Riffgerüst handelt.

3. Untersuchungsmethoden

Um eine ausreichende Auflösung, auch für eventuelle Zyklen geringerer Mächtigkeit, zu erzielen, wurde ein konstanter Probenabstand von 0,5 m für das hier vorgestellte, ungestörte Profil-2 (Abb. 3) gewählt. Eine solche „Beprobung im gleichen Abstand“ erleichtert die statistische Verarbeitung der gewonnenen Daten (GRÖTSCH, 1993). Durch die große Beprobungsdichte werden Auswirkungen von Extremwerten relativiert, die bei der Analyse zu einer starken Verfälschung der Daten führen könnten. Folienabzüge wurden von allen und Dünnschliffe von ausgewählten Proben hergestellt. Daraus wurden die verschiedenen Variablen qualitativ und quantitativ ermittelt. Dabei wurde bei der Auswahl der Variablen folgendes berücksichtigt.

Die im Riff vorhandenen Organismen werden nach der von FAGERSTROM (1987) vorgestellten Methode in Gruppen gleicher ökologischer Funktion (= Gilden: Constructor, Binder, Baffler, Dweller, Destroyer) eingeteilt und ihr prozentualer Anteil bestimmt. Dies geschieht unter der Annahme, daß sich die Häufigkeit der einzelnen Gilden zueinander bei unterschiedlicher Fazies und in-situ Produktivität ändert. Jedem Faziestyp wird eine sogenannte Fazieszahl (FAC; Abb. 4) zugeordnet. Damit kann die Fazies als weiterer Parameter mit eingebracht und statistisch verarbeitet werden.

Diese Zuordnung wird in Anlehnung an PLUMLEY et al. (1962) vorgenommen. Sie erfolgt unter der Annahme, daß die „Fazieszahl“ näherungsweise linear mit dem Gehalt an Sparit (= Abnahme an Mikrit), der Zunahme der Korngröße und der Wasserenergie ansteigt und ist aus der Karbonatklassifikation von DUNHAM (1962) abgeleitet (Abb. 4). Dies ist insofern problematisch, als besonders „boundstones“ nicht zwingend einem linear ansteigenden Trend in der Wasserenergie zuzuordnen sind. Die hier mit der Fazieszahl 15 versehenen „framestones“ können aber in den

FAZIES	ZAHL
Mudstone	0
to	1
Wackestone	2
+	3
to (or Floatstone)	4
-	5
Packstone	6
+	7
to	8
-	9
Grainstone	10
+	11
to	12
-	13
Rudstone	14
Framestone	15

Abb. 4.

Tabelle mit den Faziestypen (nach DUNHAM, 1962), deren Übergangsformen und der jeweiligen zugeordneten Fazieszahl (FAC).

meisten Fällen einer „detrital-framework-facies“ (HUBBARD et al., 1990) zugeordnet werden, so daß nur wenige problematische Fälle auftreten.

In Abb. 8 ist neben der Fazieszahl (FAC) und den verschiedenen charakteristischen Zement-Typen, deren Häufigkeit halbquantitativ abgeschätzt wurde, auch die Menge des primären biogenen Aragonits (ARA) dargestellt. Er wurde anhand umkristallisierter Schalenbruchstücke erfaßt (GRÖTSCH, 1993). Dabei waren die früh entstandenen Partikel-Lösungsporen der Ort für die verschiedenen anschließend erfolgten Zementationen.

4. Fazies

Im Aufschluß ist die riffogene Fazies, in der riffbildende und -bewohnende Organismen lokal gut erkennbar sind, massiv ausgebildet. Nur sehr selten sind Schichtflächen festzustellen. Diese, im ersten Anschein homogene Faziesausbildung bestätigt sich auch in den ersten Dünnschliffanalysen, so daß neben einer rein qualitativen Untersuchung eine quantitative Auswertung mit engem Probenabstand (0,5 m) durchgeführt wurde. Der Unterschied zwischen Riffbereich (Taf. 1/1–3) und lagunärer Fazies (Taf. 1/4) ist bereits deutlich im Gelände erkennbar (Abb. 3).

HUBBARD et al. (1990) weisen darauf hin, daß sowohl die fossilen als auch die rezenten Riffe häufig eher einem „Sandhaufen“ als einem „Riffgerüst“ ähneln (REID & GINSBURG, 1986). Dies gilt auch für das Urgon-Riff bei Kanalski Vrh. Nur in kurzen Abschnitten des Profils findet man in-situ, oder nur wenig umgelagerte Gerüstbildner (z.B. von Meter 110–120). Der Ablagerungsraum ist vorwiegend durch bioklastischen Detritus charakterisiert, der mehr oder weniger riffbildende Organismen, Algen, Mollusken, agglutinierende Foraminiferen und untergeordnet Bryozoen sowie lagenweise häufig Echinodermenbruchstücke enthält (Taf. 1–3). Die qualitative und quantitative Auswertung der Fazies, Organismen und der Diagenese läßt eine weitere Unterteilung der Riff-Fazies zu (GRÖTSCH, 1993).

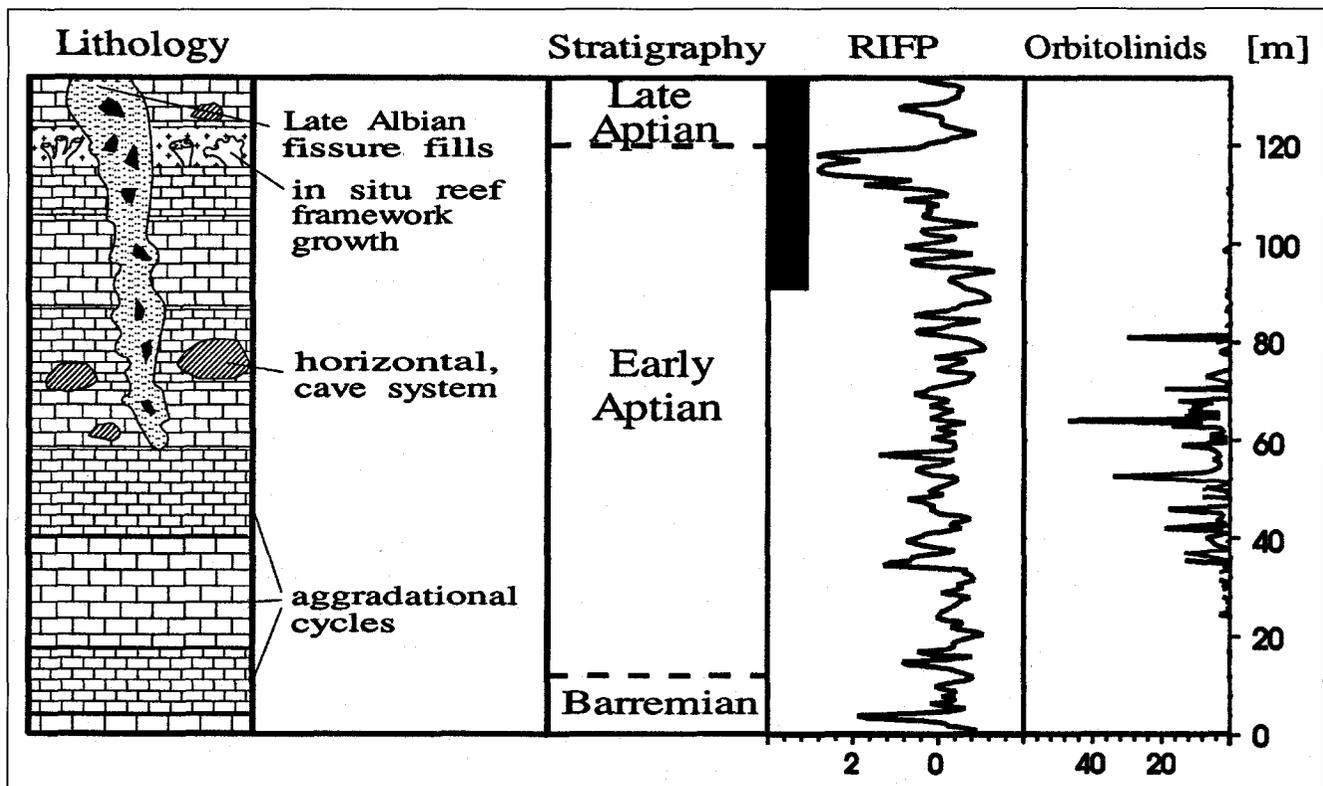


Abb. 5.

Schematisches Profil durch den untersuchten Abschnitt (Profil Kanalsk Vrh-2). Der Balken markiert den hier vorgestellten Abschnitt. Die im Gelände massig wirkenden Gesteine bauen sich aus 3–3,5 m mächtigen vertikalen Aggradationszyklen auf. Es treten vertikale, irreguläre Spaltensysteme auf. Auch horizontale Höhlen kommen vor, die mit gradiertem, oft schräggeschichtetem Silt gefüllt sind. Die Arten *Paleodictyoconus arabicus* und *Palorbitolina lenticularis* sind nur in einem begrenzten stratigraphischen Niveau zu finden, der dem in weiten Teilen der Dinarischen und Adriatischen Plattformen bekannten Horizont des „Unteren Orbitolinenkalkes“ entspricht (VELIĆ & SOKAČ, 1978). RIFP = Relative Index of Framework Production = 1. Principle Component.

Drei Faziestypen des riffogenen Bereichs treten im zyklischen Wechsel von mehreren Metern auf (Abb. 6, 7). Sie werden als episodische Aggradationsphasen im Riff interpretiert, die auf einen allozyklischen Mechanismus zurückzuführen sind (GRÖTSCH, 1993). Eine solche Zyklizität ist in der lagunären Fazies bereits im Gelände erkennbar, wurde aber nicht untersucht. Die vertikale Abfolge verschiedener Zement-Vergesellschaftungen lassen eine vergleichbare zyklische Entwicklung erkennen.

4.1. „In Place“- und „Detrital Framework“-Fazies

Diese Fazies ist durch Grain-, Rud- und Boundstones (Taf. 1/1) charakterisiert, deren Hauptbestandteile riffbildende Organismen sind (Tab. 1; Korallen, Hydrozoen, Kalkschwämme und „Tabulozoen“). Ferner treten Rudisten, Bivalven, Gastropoden, inkrustierende Organismen (*Placopsilina* sp., *Ethelia* sp., Bryozoen) auf (Taf. 2). Diese Fazies zeichnet sich durch einen sehr hohen Anteil an primär aragonitischen Komponenten aus (ARA; Abb. 7, 8). Trotz des hohen Anteils an riffbildenden Organismen treten kaum Fossilien in Lebendstellung oder in einem zusammenhängenden Gerüst (framework) auf. Gelegentlich werden Mikritfüllungen in primären Hohlräumen gefunden. Die meisten der Boundstones entsprechen eher einer „detrital framework“-Fazies, was umso deutlicher wird, je größer die Probenfläche ist. Diese detritische Gerüst-Fazies wird auf eine Entstehung im hochenergetischen Ablagerungsraum eines „reef flat“-Bereiches nahe des eigentlichen Plattformrandes zurückgeführt.

4.2. „Detrital Sand“-Fazies

Die detritische Sandfazies (detrital sand) stellt eine Abart der detritischen Gerüst-Fazies (detrital-framework) dar, die ebenfalls aus Grainstones mit einem hohen Anteil an stark aufgearbeitetem bioklastischem Detritus besteht. Riffbewohnende Organismen (Bivalven, bes. Rudisten, Gastropoden, Foraminiferen) sind hier jedoch gegenüber gerüstbildenden Organismen (vergl. 4.1.) häufiger. Ebenso ist der Anteil von Echinodermenbruchstücken und Bohrern etwas größer (Taf. 1/2).

Die bioklastischen Komponenten sind fast stets von Mikritrinden umgeben. Mikritische Matrix ist ausgewaschen und die Porenräume sind mit Sparit zementiert. Daher wird auch für den Ablagerungsraum dieser Fazies eine hohe Wasserenergie angenommen, die auch durch Hinweise auf Auftauchphasen unterstrichen wird. Die „detrital sand facies“ wird als Phase sowohl erhöhter Wasserenergie als auch zeitweise verstärkter Bioerosion interpretiert, die in einem Rückriff-(back reef-)Bereich abgelagert wurde (Abb. 6).

4.3. „Baffler“-Fazies

Die „baffler facies“ unterscheidet sich deutlich von den anderen Faziestypen (Taf. 1/3). In ihr treten vorwiegend Wackestones und Packstones und selten Floatstones auf. Sie ist somit durch einen höheren Anteil an mikritischer Matrix gekennzeichnet. Feiner bioklastischer Detritus, Pellets, Tubiphyten, miliolide und agglutinierende Foraminiferen und einige Bruchstücke von Mollusken, Echinodermen, Schwämmen, Bryozoen und Dasycladaceen

stellen die wichtigsten Komponenten dar. Auffallend ist der erhöhte Anteil an Organismen mit Sediment-fangender Wirkung (Dasycladaceen, Tubiphyten, Rotalgen, Bryozoen). Die „baffle-facies“ wird wegen der deutlich veränderten Zusammensetzung der biogenen Komponenten und der häufigen mikritischen Matrix einem generell ruhigeren Ablagerungsraum hinter dem Riff mit geringerer Wasserenergie zugeordnet, der kurzzeitig vertieft war. Eine solche Situation kann durch den kurzzeitigen, vertikalen Aufbau eines flachen Riffkörpers am eigentlichen Plattformrand entstehen, der das langsamere vertikale Aggradierende Rückriff vor dem Einfluß starker Wellenbewegung schützt (GRÖTSCH, 1993).

4.4. Lagunäre Fazies

Die an Mikrit reiche, wohlgeschichtete Fazies besteht vorwiegend aus Wackestones mit *Palorbitolina lenticularis* und *Salpingoporella dinarica* als Hauptkomponenten (Taf. 1/4; 3/6). Daneben treten noch miliolide Foraminiferen auf (u.a. *Pseudotriloculina* sp.), die ebenfalls auf leicht eingeschränktes Milieu hindeuten. Lagunäre Kalke befinden sich einige 100 m südlich des Riffes (Abb. 3) und zeigen, wie auch das Riff selbst, eine zyklische Wechselfolge. Diese besteht allerdings dort aus Einschaltungen von bioklastischem Detritus in mikritische Kalke, so daß die Zyklizität bereits im Gelände erkennbar ist.

5. Gildenstruktur im Riff von Kanalski Vrh

Fauna und Flora werden in vorliegender Arbeit nicht nur nach taxonomischen Gesichtspunkten, sondern vor allem nach dem „Gildenkonzept“ von FAGERSTROM (1987) analysiert. Eine Gilde (guild) kann dabei folgendermaßen definiert werden:

„... A guild is defined as a group of species that exploit the same class of environmental resources in a similar way ... without regard of taxonomic position ... (and) overlap significantly in their niche requirements ... The limits that circumscribe the membership of any guild must be somewhat arbitrary ... A species may be a member of more than one guild ... the guild concept focuses on all sympatric species involved in a competitive interaction, regardless of their taxonomic relationship ...“

Bei der Definition der Gilden werden Wuchsformen, Taxonomie und Verteilung der Organismen in den verschiedenen Faziestypen berücksichtigt. Die hier verwendete Einteilung der Gilden unterscheidet sich insbesondere bei den sedimentfangenden und konstruierenden Organismen leicht von der von FAGERSTROM (1987) vorgestellten Einteilung, da die Zugehörigkeit zu einer Gilde und die relative Häufigkeit in ihr im Verlauf des Phanerozoikums sehr unterschiedlich ist und von der Evolution der Rifforganismen abhängt. Über kürzere Zeiträume betrachtet (z.B. Unter-Apt) hängt die unterschiedliche qualitative und quantitative Zusammensetzung einer Gilde auch von den Sediment-bildenden Faktoren ab (Karbonatproduktion, physikalische und biologische Aufarbeitung, Transport). Sie können die primäre, in-situ vorhandene Zusammensetzung der Organismen im Riff nachträglich verändern, und bestimmen somit die heute vorhandene quantitative Verteilung der Gilden im Sediment.

5.1. „Constructor“-Gilde

Nach FAGERSTROM (1987) zeichnen sich „Constructor“ durch ihr kräftiges Gerüst, rasches vertikales Wachstum

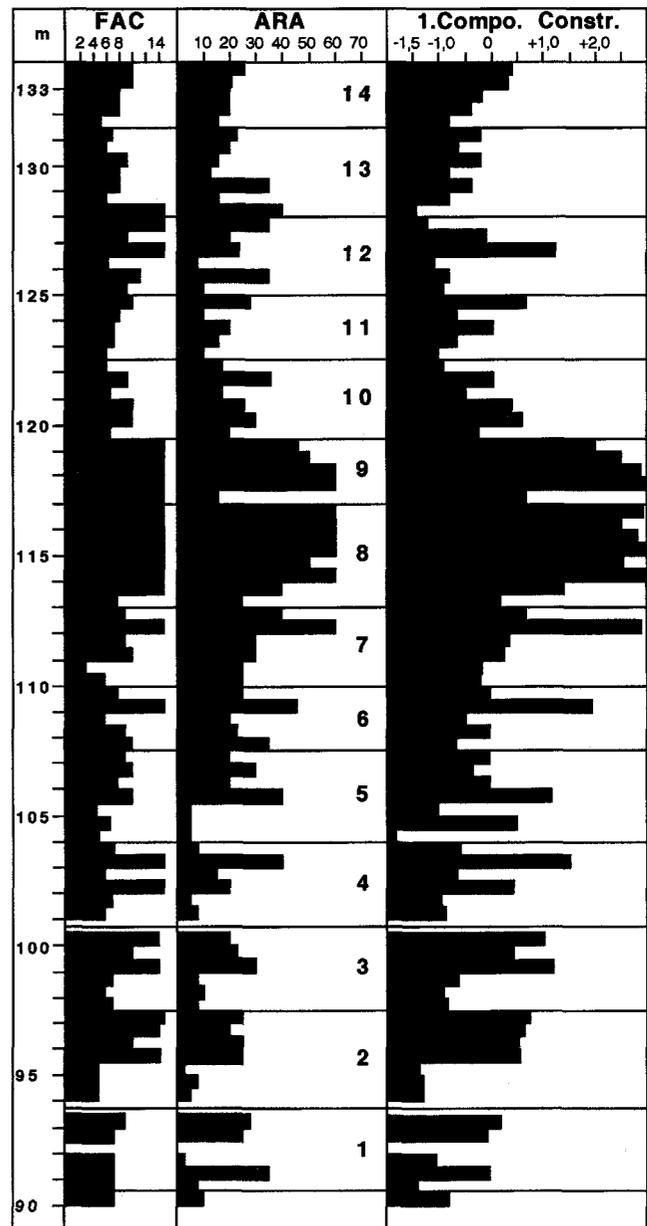


Abb. 6. Fazieszahl/FAC, primärer Aragonitgehalt (ARA) und 1. Komponente aus der „Principle Component Analysis“, die den Prozeß des „Constructing“ repräsentiert (= RIFP, Relative Index of Framework Production). Im dokumentierten Intervall (vgl. Abb. 5) von 43 m Mächtigkeit können 14 Sedimentationszyklen erkannt werden. Die durchschnittliche Mächtigkeit eines Zyklus beträgt 3,1 m.

und ihren hohen volumetrischen Anteil an der Sedimentbildung im Riff aus. Wie in vielen anderen fossilen Riffen ist der Anteil an in-situ erhaltenen Rifforganismen auch in der vorgestellten Fazies sehr gering (Tab. 2). Trotzdem bilden sie zusammen mit der „Binder“-Gilde den mengenmäßig wichtigsten Bestandteil (15,9 % im gesamten Profil) gefolgt von den „Dweller“ (10,5 %). Der hohe Anteil an aufgearbeiteten Gerüstbildnern, die randliche Position auf der Plattform und die zum Inneren der Plattform hin erkennbare Verzahnung mit lagunären Sedimenten sind wichtige Argumente dafür, daß sich der Ablagerungsraum sehr nahe am Ort der höchst-möglichen Karbonatproduktion im „reef-flat“ oder im Rückriff oder in deren Übergangsbereich befand.

Zu der „Constructor“-Gilde werden in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit Korallen, Hydrozoen (z.B. *Actinarea*), Kalk-

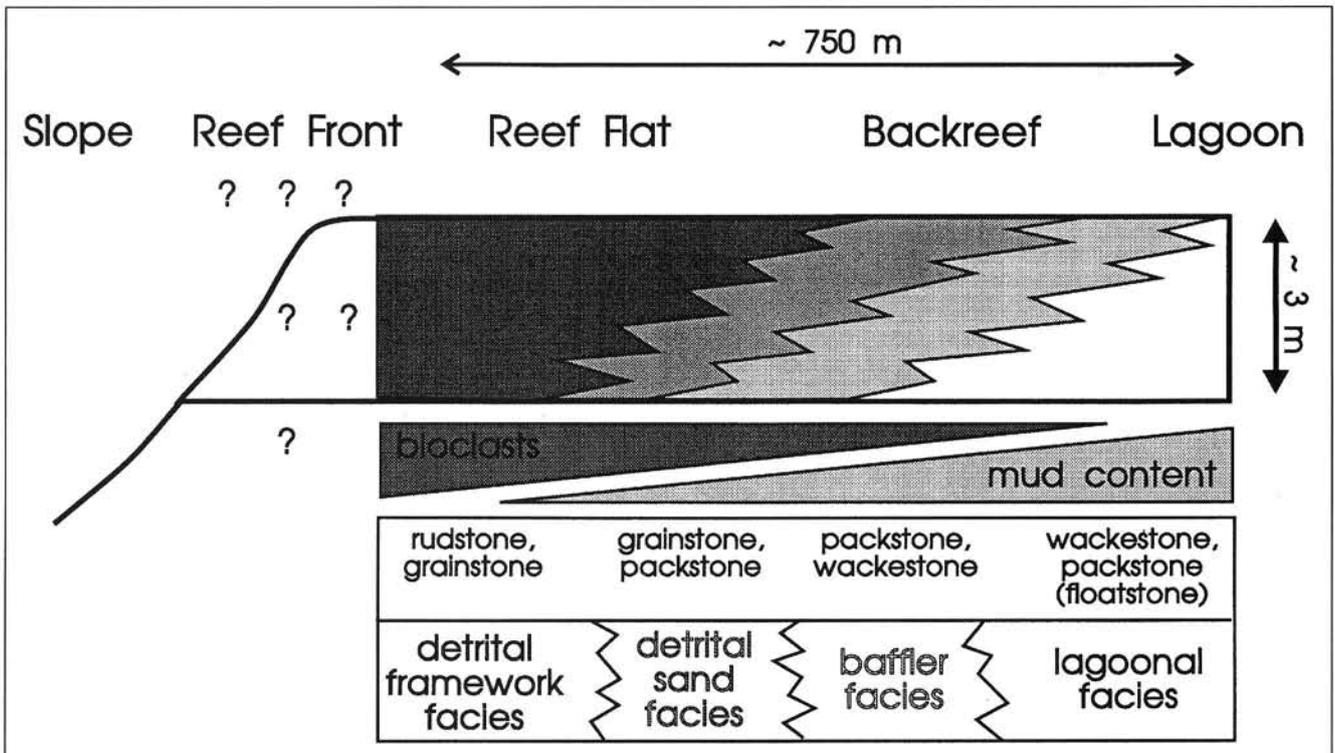


Abb. 7. Schematischer Schnitt durch einen Aggradationszyklus am Nordrand der Dinarischen Plattform im Unter-Apt mit Fazieszonen und Interpretation des Ablagerungsraumes. Das Riff ist aus einem Stapel solcher Zyklen aufgebaut (GRÖTSCH, 1993).

Schwämme, Sclerospongien, Tabulozoen untergeordnet Serpuliden sowie globular-wachsende Bryozoen gestellt (Tab. 1; Taf. 1). Bei den Korallen wurde dabei nicht zwischen massigen und verästelten Wuchsformen (Typ-A-Baffler nach FAGERSTROM, 1987) unterschieden, da eine Zuordnung zur „Baffler“-Gilde unter dem Aspekt der Karbonatproduktion nicht als sinnvoll erscheint. Im Gegen-

satz zu den Typ-B-Bafflern gehören beide Wuchsformen zu aktiven Kalkabscheidern mit einem massigen Skelett.

5.2. „Binder“-Gilde

In vielen Riffen ist eine beträchtliche Überschneidung oder Vermischung von Funktionen zwischen „Construc-

Tabelle 1. Gildestruktur im Unter-Apt-Riff vom Nordrand der Dinarischen Plattform. Die Organismen sind in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit in der jeweiligen Gilde aufgelistet. Organismen in Klammern sind von untergeordneter Wichtigkeit. Einzelne Organismengruppen oder Arten können je nach Wuchsformen mehreren Gilden angehören. Die Zuordnung bestimmter Taxa zu einer Gilde ist nicht immer eindeutig. So könnte z.B. die häufig plattig ausgebildete *Actinarea* sp. auch als „Binder“ eingestuft werden.

CONSTRUCTOR	BINDER	BAFFLER	DESTROYER	DWELLER
Scleractinia	Problematicum	Problematicum	Echinoidea	Bivalvia
Hydrozoa	" <i>Lithocodium</i> "	<i>Tubiiphytes</i>	"Borers"	Hippuritacea:
<i>Actinarea</i>	Rhodophyta	<i>Dasycladaceae</i>	Algae	Requeiniidae
Calcispongea	<i>Ethelia</i>	Chlorophyta	Fungi	Monopleuridae
<i>Peronidella</i>	<i>Lithothamnium</i>	Rhodophyta	Porifera	Radiolitidae
<i>Actinostromaria</i>	<i>Solenopora</i>	Bryozoa	Bivalvia	Caprinidae
<i>Barroisia</i>	Foraminiferida		Gastropoda	Gastropoda
Tabulozoa	<i>Placopsilina</i>		Cirripedia	Nerinea
Sklerospongia	(Chlorophyta)		Fish?	Bivalvia
Problematicum	(Hydrozoa)		" <i>Lithocodium</i> /"	Foraminiferida
<i>Radiomura</i>	(Tabulozoa)		<i>Bacinella</i> "	Miliolina
(Serpulida)	(Scleractinia)			Textulariina
	(Bryozoa)			(Brachiopoda)

Abb. 8.

Fazieszahl (FAC), primärer Aragonitgehalt (ARA) und die wichtigsten Zement-Typen im dokumentierten Intervall sowie Bereiche mit Sammelkristallisation und vadosem Silt.

Die Abfolge kann aufgrund der verschiedenen „Zementvergesellschaftungen“ in die diagenetischen Einheiten A–L untergliedert werden. Die Einheiten A, C und I lassen eine frühe meteorische Diagenese erkennen, während die Einheit G vollmarine Bedingungen zur Zeit des Riffwachstums anzeigt. Die Sedimentationszyklen erscheinen versetzt zu den Zementationsprozessen.

tor“- und „Binder“-Gilde zu beobachten (FAGERSTROM, 1987). In holozänen Riffen ist z.B. eine Besiedlung von scleractinen Korallen durch crustose Algen erst nach dem Absterben der Korallen möglich, da die Korallenpolypen eine frühe Inkrustierung verhindern. Deshalb ist zu erwarten, daß eine umfassende Besiedlung von Teilen der „Constructor“ durch „Binder“ erst nach dem Ende des jeweiligen Organismenwachstums oder nach einer Um- und Ablagerung im Sediment eintritt. Eine solche Entwicklung mit entsprechender Abfolge ist in Fossilien häufig zu beobachten.

„Binder“ zeichnen sich im Gegensatz zu den „Constructor“ eher durch ein laterales Wachstum und eine Ausdehnung parallel zum Substrat aus (Taf. 2). Sie sind diejenige Gruppe, die noch am häufigsten in Lebendstellung erhalten ist, da sie sehr widerstandsfähig gegenüber Strömungstransport sind (FAGERSTROM, 1987).

Häufig sind bindende Organismen in Riffgebieten dort anzutreffen, wo hohe Wellenenergie und Lichtintensität vorherrschen (algal ridges, reef flat). Dies gilt nicht für Schwämme. Rotalgen (*Ethelia* > *Lithothamnium* > *Solenopora*) bilden die wichtigste Gruppe bei den „Binder“. Besonders *Ethelia* umwächst im Wechsel mit inkrustierenden Bryozoen, *Lithocodium* und der agglutinierenden Foraminifere *Placopsilinia* Komponenten verschiedenster Art und Größe (Taf. 3/4). Es läßt sich aber keine Regelmäßigkeit einer Inkrustationsabfolge erkennen. Chlorophyten und Hydrozoen spielen nur eine untergeordnete Rolle als Sedimentbinder. Tabulozoen und koloniale Korallen können bisweilen ebenfalls inkrustieren. Die enge Verflechtung der „Constructor“- und der „Binder“-Gilden führte dazu, daß beide Gilde nach ihrer Quantifizierung bei der Auswertung zusammengefaßt wurden (Abb. 6).

Im Urgon-Riff bei Kanalski Vrh wird auch die problematische Gruppe mit *Lithocodium* und *Bacinella* zu der „Binder“-Gilde gestellt. In ihr können fließende Übergänge auftreten, die vielfach eine eindeutige Zuordnung unmöglich machen (HÖFLING, 1985). Die unregelmäßigen Kammern werden je nach Dicke der Umkrustungen nach außen

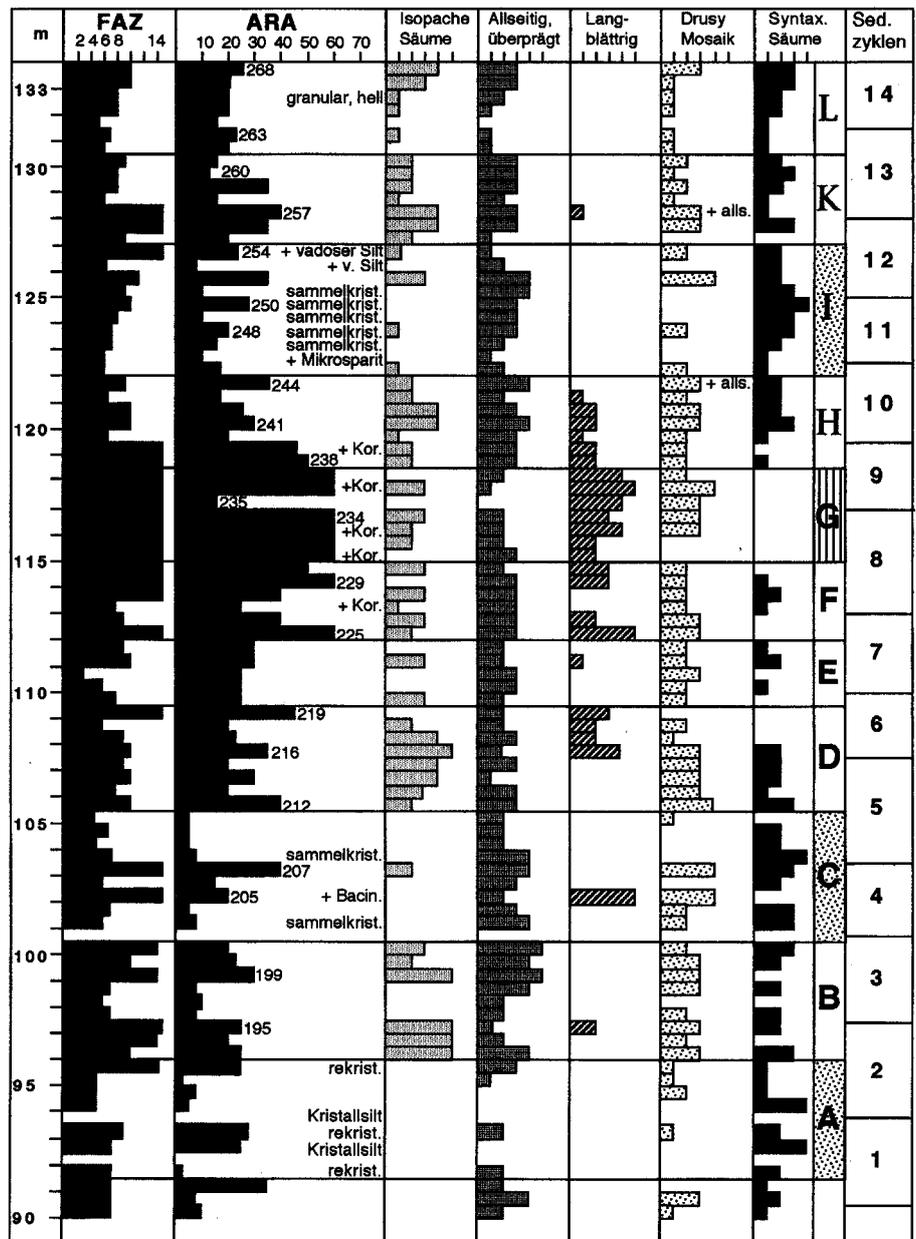


Tabelle 2.

Quantitative Verteilung der Gilde, der nicht quantifizierbaren Bestandteile (undifferenzierbare Bioklasten, nicht-skeletale Komponenten, Minus-Zement-Porosität, mikritische Matrix) und des primären biogenen Aragonitanteils im Unter-Apt-Riff von Kanalski Vrh. Der biogene Aragonitgehalt setzt sich aus verschiedenen Gilde zusammen. Die Durchschnitte wurden aus 267 Proben des 133,5 m mächtigen Profils-2 bei Kanalski Vrh berechnet.

PARAMETER	in %
Constructor/Binder	15.9
Dweller	10.5
Baffler	4.9
Destroyer	4.0
Biogenic Aragonite	20.6
Undifferentiated bioclasts, matrix, minus-cement porosity	64.7

hin kleiner und ihre Form gerundet. Bei sehr dicken Krusten kann deshalb der interne Bereich als *Bacinella irregularis* RADOIĆ und der externe Bereich als *Lithocodium aggregatum* ELLIOT beschrieben werden. Sie werden daher als ontogenetische Entwicklungsreihe eines Organismus angesehen. Ferner kann die substrateretzende Wirkung bis zur Bildung von „*Bacinella*-Bällchen“ gehen, in denen der ursprüngliche Organismus nicht mehr zu erkennen ist. Die problematischen Strukturen könnten deshalb auch der „Destroyer“-Gilde zugeordnet werden. Möglicherweise können sie aber auch eine synsedimentäre, sekundäre Überprägung des abgelagerten Sediments darstellen, so daß die eindeutige Zuordnung zu einer Gilde schwierig ist.

5.3. „Dweller“-Gilde

Die „Dweller“ bilden eine Gruppe von Organismen, die meist solitär leben, eine hohe Diversität zeigen, weder konstruieren noch zerstören und keine bevorzugte Wachstumsrichtung aufweisen. Zu ihr gehören Foraminiferen, Mollusken, Arthropoden, Echinodermen und Fische (FAGERSTROM, 1987). Bisweilen können „Dweller“ einen wichtigen Beitrag zur Sedimentproduktion leisten; z.B. in Zeiten ohne rasches, vertikales Riffwachstum. Viele von ihnen leben weidend oder als Strudler auf oder im Sediment.

Im vorliegenden Beispiel werden Rudisten (Monopleuriden > Toucasien >> Radiolitiden), andere Bivalven, Gastropoden (z.B. *Nerinea*, Taf. 2/2), Foraminiferen (Milioliden, Textulariiden, *Lenticulina*, *Trocholina*; Taf. 2) sowie untergeordnet Brachiopoden und Filamentalgen (*Cayeuxia*) dazu gerechnet. Rudisten sind hier nicht wie von FAGERSTROM (1987) in die „Constructor“-Gilde eingeordnet. Sie bilden vielmehr den Hauptbestandteil der Riffbewohner. Auch die unterschiedlichen Wuchsformen (recumbent, clinging, elevated; SKELTON, 1979, 1985; SCOTT, 1990) lassen keine Zugehörigkeit zu gerüstbildenden Organismen erkennen. SKELTON & GILI (1990) weisen ebenfalls auf die Unterschiede zwischen „echten“ Gerüstbildnern rezenter Korallen-Algen-Riffe mit hohem vertikalem Wachstumspotential und der davon deutlich verschiedenen ökologischen Stellung der Rudisten hin. Auch in dem hier untersuchten Material können keine Hinweise auf ein koloniales oder „framework“-artiges Wachstum gefunden werden. Zwar können Rudisten zusammen mit *Nerinea* bis zu 30 % des Sedimentes aufbauen, doch liegen sie stets mehr oder weniger stark umgelagert in bioklastischen Grainstones und Packstones vor. Ihre Verbreitung ist ausschließlich biostromartig an Lagen gebunden und wird in der vertikalen Folge von anderen Faziestypen unterbrochen.

Bei der statistischen Auswertung ergibt sich eine enge Beziehung zwischen der „Dweller“-Gilde und der „Destroyer“-Gilde. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, daß sich unter den Bewohnern des Rifves auch solche befinden, die bei der Bioerosion eine Rolle spielen (Bivalven, Gastropoden).

5.4 „Baffler“-Gilde

Nach FAGERSTROM (1987) können zwei Gruppen unterschieden werden:

A) „Baffler“, die die Wellengeschwindigkeit abbremsen und so das Riff vor physikalischer Zerstörung bewahren (z.B. rezent *Acopora palmata*) und

B) „Baffler“, die die Strömungsgeschwindigkeit reduzieren und somit die Ablagerung von internem und externem Riffsediment bewirken (Sedimentfangen; „trapping“).

In der vorliegenden Arbeit wird nur die letzte Gruppe als „Baffler“ angesehen. Gruppe A wird hier zur „Constructor“-Gilde gestellt. Dies ist auch notwendig, da wegen der begrenzten zur Quantifizierung herangezogenen Fläche (16 cm² pro 1/2 Profilmeter) eine solche Differenzierung nicht sinnvoll erscheint. Gruppe A trägt in weit größerem Maß zur vertikalen Aggradation bei. Der Prozeß der Sedimentbildung und -bindung ist daher stark verschieden zu dem vom „Typ-B-Baffler“.

In rezenten Analoga weist kein Mitglied dieser Gilde ein starkes und schweres Skelett auf. Die Organismen sind eher flexibel, nur teilweise mineralisiert, leicht zerbrechlich, bisweilen mit einem organischen, nicht erhaltungsfähigen Skelett ausgestattet und leben vorwiegend kolonial. Wegen der geringen Größe und der fehlenden Verkalkung ist ihr fossiles Überlieferungspotential geringer als bei anderen Gilden. Selten sind sie in Lebendstellung erhalten (FAGERSTROM, 1987).

Im untersuchten Material ist *Tubiphytes* (Problematikum) mit seinem schwach verkalkten und nur in Bruchstücken überlieferten Skelett (oder biogene Umkrustung?) der bei weitem wichtigste Sedimentfänger (Taf. 3/7). Seine Sonderstellung wird durch das bevorzugte Auftreten in einem bestimmten Faziestyp sowie durch die negative Korrelation zu den Parametern „Constructor“, „Binder“ und „skeletal aragonite“ deutlich (GRÖTSCH, 1993). Verschiedene Gattungen von Chlorophyten, Dasycladaceen (z.B. *Acicularia*; Taf. 3/1–6), Rhodophyten und dendroiden Bryozoen sind untergeordnet auftretende „Baffler“.

5.5. „Destroyer“-Gilde

Die „Destroyer“-Gilde umfaßt sowohl taxonomisch als auch morphologisch ein weites Spektrum an Organismen. Dazu gehören u.a. Bivalven, Gastropoden, Echinodermen, Schwämme, Fische, Polychaeten, Cirripedier, Algen, Bakterien und Pilze (FAGERSTROM, 1987). Die meisten dieser Organismen sind vagil (benthisch und nektonisch) und leben solitär. Ebenso gibt es darunter auch sessile, als Infauna lebende Organismen. Sie zerbohren Rifforganismen indem sie sie abraspeln oder abweiden. FAGERSTROM (1987) trennt daher „rasper“ und „borer“ von den „grazers“, die er zur „Dweller“-Gilde stellt.

Im Fossilen ist eine quantitative Auswertung dieser Gilde äußerst schwierig, da die Organismen und ihre Spuren zum Teil nicht erhalten sind (z.B. Fische; Taf. 3/9), oder eine Zuordnung nicht eindeutig möglich ist (z.B. Algen, Bakterien, Gastropoden). Deshalb konnten nur Echinoiden stellvertretend für die „Destroyer“ quantifiziert werden, da sie ein hohes Erhaltungspotential besitzen. Sie können in den untersuchten Folien und Dünnschliffen leicht ausgezählt werden und sind vollständig dieser Gilde zugeordnet. Die Reduktion der Variable „Destroyer“ auf nur ein Mitglied dieser Gilde stellt zwar eine starke Vereinfachung dar, doch haben die statistischen Untersuchungen ergeben, daß Echinoiden diese Gilde gut repräsentieren (GRÖTSCH, 1993). Außer Echinoiden finden sich Bohrungen von Bivalven (*Lithophaga*), „Algen“, Mikrobohrungen von Bakterien (?) und sukzessive chemische (?) Zersetzung von Komponenten durch *Lithocodium-Bacinella* (Taf. 3/7). Insbesondere Rudistenschalen sind häufig stark an-

gebohrt und teilweise sogar vollständig von Bohrungen durchsetzt.

6. Zyklischer Aufbau

Aus der Faziesanalyse und der statistischen Auswertung der quantitativen Daten (GRÖTSCH, 1993) läßt sich ein zyklischer Aufbau des Riffes erkennen (Abb. 5, 6). Die Zyklizität zeigt sich am besten anhand der Veränderungen des „Relative Index of Framework Production“ (RIFP in Abb. 5). Dabei ist die Basis eines Sedimentationszyklus durch die „Baffler“-Fazies (negative RIFP-Werte) gekennzeichnet. Zum Hangenden geht diese in die „detrital sand facies“ oder „framework facies“ über (positive RIFP-Werte). Der jeweilige Top eines Zyklus ist meist durch eine starke, relative Veränderung oder einen Sprung im RIFP charakterisiert (Abb. 6).

Die Interpretation eines Aggradationszyklus ist in Abb. 7 dargestellt. Dabei befindet sich das Profil-2 in einem Ablagerungsraum zwischen dem „reef flat“ und dem „back reef“, wobei es innerhalb des jeweiligen Zyklus zu einer leichten lateralen Verschiebung der Faziesassoziation kommen kann. Daher kann ein Zyklus eher „back reef“-dominiert sein (negative RIFP-Werte) oder eher riffdominiert (positive RIFP-Werte).

7. Diagenetische Entwicklung

Betrachtet man die diagenetische Entwicklung der Riffgesteine von Kanalski Vrh, wird deutlich, daß sich in den „Zement-Vergesellschaftungen“, die vertikal im Profil auftreten, eine zyklische Entwicklung widerspiegelt, die nur bedingt einen Bezug zur faziellen-paläontologischen Entwicklung aufweist (Abb. 8). In dem dokumentierten Intervall von 44 m Mächtigkeit (90 m–134 m des Profils) können 11 Zementations-Einheiten (A – L) unterschieden werden, die in der Zeit wechselnde marine und meteorische Zusammensetzung des Porenwassers widerspiegeln.

Dabei liefert schon die auf einige „Haupt-Zement-Typen“ beschränkte, halbquantitative Auswertung Ergebnisse, die zur Einteilung des untersuchten Intervalls in unterschiedliche Bildungsmilieus führen. Ebenso geben frühdiagenetische Überprägungen (meteorisch-postmarin) Aufschluß über die früheste Entwicklung im Ablagerungsraum der Sedimente. Die Analyse anderer „Durchläufer-Zemente“, die in den unterschiedlichsten Milieus auftreten können, liefert im vorliegenden Fall keine Daten, die zu einer wesentlichen Verbesserung der Aussage führen. KOCH & OGORELEC (1990) beschreiben vergleichbare Zemente aus Kreidekalken des Trnovski Gozd und dokumentieren Zusammenhänge zwischen deren Ausbildung, den biogenen Komponenten und den sedimentären Gefügen.

Von besonderer Bedeutung für die Interpretation der diagenetischen Entwicklung sind

- 1) allseitige, vorwiegend isopache Zementsäume,
- 2) allseitige, diagenetisch überprägte Säume,
- 3) langblättrige bis radiaxial-fibröse Zemente,
- 4) drusy Mosaik und
- 5) syntaxiale Anwachssäume an Echinodermenbruchstücken.

Granulare (äquigranulare, heterogranulare), skalenerische, grob-blockige und poikilotopische Zemente

werden hier nicht gesondert behandelt. Sie treten – besonders die verschiedenen granularen Typen – in den meisten Proben auf und können nur mit erheblichem Mehraufwand zusätzliche Daten liefern. In Abb. 8 sind auch Profilabschnitte mit Sammelkristallisation sowie das Auftreten von Silt-Füllungen (vadoser Silt) dokumentiert, da diese Phänomene zusammen mit den aufgelisteten Zement-Typen Hinweise auf frühe Veränderungen des Porenwassers geben. Die Interpretation der Zemente erfolgt unter Berücksichtigung der Arbeiten von BRICKER (1971), LONGMAN (1980), HARRIS et al. (1985), PREZBINDOWSKI (1985), RICHTER (1988) und TUCKER & WRIGHT (1990).

7.1. Allseitige (isopache) Zemente

Isopache Säume mit meist nadeligen (Taf. 4/1) aber auch blättrigen (Taf. 4/3) Reliktstrukturen bilden Säume von 25 bis 120 mm Dicke. Sie werden als marin phreatische Zemente interpretiert, die primär aus Aragonit (nadelig) oder Mg-Calcit (blättrig) bestanden (z.B. SCHROEDER, 1972; FRIEDMAN et al., 1974; PREZBINDOWSKI, 1985; SANDBERG, 1985). Wesentlich für ihre Bestimmung ist das Vorhandensein eines deutlichen Bezuges des Kristallwachstums zum Substrat. Dadurch unterscheiden sie sich von den umkristallisierten Zementsäumen.

Allseitige, isopache Zemente mit vorwiegend nadeligen Reliktstrukturen werden besonders häufig in den Einheiten B, D, H, K und L gefunden (Abb. 8). Ihr Vorkommen ist an Interpartikelporen gebunden, wie sich aus der Übereinstimmung mehrerer Maxima mit der Häufigkeit von Grainstones und Rudstones (Abb. 8; FAC 10–14) ergibt. Aragonit-Reichtum (Abb. 8; ARA) in diesen Proben weist auf häufiges Auftreten von Korallen- und Molluskenbruchstücken hin, deren Schalenstrukturen über eine Lösungs-Fällungsphase ersetzt wurden.

7.2. Diagenetisch überprägte, allseitige Säume

Diagenetisch überprägte Zementsäume weisen mit steigendem Grad der Überprägung immer mehr granulare Kristalle auf. Dabei geht der primäre Wachstumsbezug zum Substrat zunehmend verloren. Die Kristalle folgen in ihrer Ausbildung der von FOLK (1974) beschriebenen Gesetzmäßigkeit und zeigen einen zunehmend granularen, blockigen Habitus, der auf verstärkten frühdiagenetischen meteorischen Einfluß zurückgeführt wird (Taf. 4/2 und 3).

Die Häufigkeit der meteorisch überprägten Zementsäume weist eine negative Korrelation zu den gut erhaltenen isopachen Zementsäumen auf (Abb. 8). Gleichzeitig sind diese Proben meist intensiv rekristallisiert und erscheinen im Durchlicht besonders hell (sammelkristallisierter Mikrit). Die Verlagerung der Häufigkeit von isopachen Säumen mit gut erhaltenen Reliktstrukturen zu isopachen granularen Säumen mit vermindertem Substratbezug weist auf die frühe meteorische Überprägung primär mariner, isopacher Zementsäume hin.

7.3. Langblättrige, radiaxial-fibröse Zemente

Langblättrige, überwiegend sehr einschluBreiche Zemente werden meist zu der Gruppe der fibrösen Calcit-Zemente gestellt, die nach KENDALL (1985) in „Bündel-artige“ (fascicular-optic), radiaxial-fibröse und radial-fibröse un-

terteilt werden können. Dabei entspricht diese Unterteilung einer Präzisierung der von KENDALL & TUCKER (1973) gegebenen Definition. Das Bildungsmilieu dieses Zements wird sehr unterschiedlich interpretiert und reicht von meteorisch (SCHNEIDER, 1977) bis marin und von primärem Aragonit (KENDALL & TUCKER, 1973) bis zu Mg-Calzit (SALLER, 1986).

Dieser Zement ist ausschließlich an die Bereiche der biogenen Riff-Konstruktion gebunden. Sein Vorkommen fällt zusammen mit dem Maximum des primären autochthonen Aragonit-Gehaltes (Abb. 8; ARA) und von Rudstones mit zahlreichen primär aragonitischen Allochemen. Er spiegelt daher vollmarine Bedingungen mit entsprechend hohem Porenwasserdurchsatz wider, wie er für die Ausbildung langblättriger Kristalle Voraussetzung ist.

Dies zeigt sich auch an den in diesem Abschnitt auftretenden stenohalinen Organismen wie Korallen und Hydrozoen. Weiterhin werden in diesem riffogenen Bereich Zementbüschel gefunden, die als primäre nadelige Aragonite interpretiert werden (Taf. 4/4) und die ausschließlich in kleinen Wachstumshohlräumen des Gerüsts auftreten. Sie gleichen den vielfach beschriebenen botryoidalen Zementen (AISSAOUI, 1985). Allerdings weisen die hier gefundenen Zementbüschel unruhigere Oberflächen auf.

KOCH & OGORELEC (1990) interpretieren vergleichbare Zementsäume als marin-vadose Bildungen aus marinem Porenwasser mit leicht erhöhter Salinität. Meteorische Einflüsse sind auszuschließen. Eine spezifische organische Matrix (Algen, Krusten) scheint die Bildung dieser Zemente im Sinne von BOROWITZKA (1989) zu begünstigen oder sogar direkt zu steuern. Das auffällige Vorkommen von Wachstumshohlräumen sowohl in dem von KOCH & OGORELEC (1990) dokumentierten Beispiel als auch in dem hier untersuchten Material, kann als Hinweis für derartige Einflüsse interpretiert werden.

7.4. Drusy Mosaik

Als drusiges Mosaik wird ein Zement beschrieben, der von allen Seiten eines meist interpartikulären Porenraumes ein gerichtetes Wachstum zur Porenmitte hin erkennen läßt und dabei eine Kristallvergrößerung aufweist. Er wurde früher als Zement-B (FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1970) bezeichnet. Allgemein kann dieser Zement als Indikator für einen primär offenen Porenraum gelten. Dabei wächst er meist auf eine vorherige Zementgeneration (Zement-A im Sinne von FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1970) auf. Die Genese der Porenräume, in denen er auftritt, spielt dabei keine Rolle. Es können primäre Interpartikelporen (in Pack- und Grainstones) oder Wachstumshohlräume (in Boundstones) oder sekundäre Partikel-Lösungsporen (molds) sein. Somit kann die in Abb. 8 dokumentierte Verbreitung des drusigen Mosaiks im vorgestellten Profilabschnitt erklärt werden.

7.5. Syntaxiale Anwachsäume

Syntaxiale Anwachsäume um Echinodermenbruchstücke werden nach TUCKER & WRIGHT (1990) häufig in Grainstones gefunden. Dabei werden die ersten, meist einschlußreichen Generationen der häufig zonierten Anwachsäume einer frühen Oberflächen-nahen Diagenese unter marinen, Mischwasser- oder meteorischen Bedingungen zugeschrieben. Nachfolgende, klare Anwachsäume gelten als Bildungen der Versenkungsdiagenese

(TUCKER & WRIGHT, 1990). Syntaxiale Anwachsäume wurden von LUCIA (1962) und EVAMY & SHEARMAN (1965 und 1969) beschrieben. Als Bildungsmilieu wird dabei bevorzugt der meteorisch-phreatische Bereich angenommen (LONGMAN, 1980), was sich durch die Untersuchungen von WALKDEN & BERRY (1984) zu bestätigen scheint. Eine Bildung unter marin-phreatischen Bedingungen wird relativ selten nachgewiesen (LONGMAN, 1980).

Syntaxiale Anwachsäume (Taf. 5/1–6) sind in dem dokumentierten Profilabschnitt sehr häufig und können verschiedenen Bildungsbereichen zugeordnet werden. Dabei stellt eine „nicht verunreinigte Oberfläche“ der Echinodermenbruchstücke eine wichtige Voraussetzung für ihre Bildung dar (LUCIA, 1962; KOCH, 1988). In vielen Gesteinen scheinen sie sehr früh „im Wettstreit“ mit allseitigen Zementen gewachsen zu sein (Taf. 5/1–4).

Mikritrinden behindern die Nukleation. Oft weisen Echinodermenbruchstücke Relikte von allseitigen marin-phreatischen Zementen auf (Taf. 5/3 und 4), bevor es zur nachfolgenden Bildung der syntaxialen Anwachsäume kommen konnte. Vielfach kam es aber gar nicht zur Ausbildung der Anwachsäume, was auf zu dicke Mikritrinden zurückgeführt wird (Taf. 5/6), die die Nukleation verhinderten (KOCH, 1988). Mikrit-verdrängende Anwachsäume (Taf. 5/5) werden gemäß WALKDEN & BERRY (1984) auf frühe meteorische Einflüsse zurückgeführt.

Allgemein weisen die Zement-Vergesellschaftungen und insbesondere das Fehlen von gut erhaltenen, isopachen Zementen beim Auftreten von syntaxialen Anwachsäumen (Abb. 8) auf ein frühdiagenetisch meteorisches Bildungsmilieu hin. Syntaxiale Zemente sind besonders häufig in den Profilabschnitten A, C und I, die stark sammelkristallisierte, meist mikrosparitische Gesteine mit vadosem Silt aufweisen. Allseitige Zementsäume sind hier nur noch als überprägte, rekristallisierte Säume zu finden. Dies weist auf die frühe Bildung der syntaxialen Zemente hin, die offensichtlich eine sehr frühe Änderung des Wasserchemismus widerspiegeln.

Nach einer zunächst marinen Phase, in der allseitige Zemente gebildet wurden, die auch gelegentlich an Echinodermenbruchstücken zu finden sind (Taf. 5/3 und 4), folgte eine meteorische Phase, während der die allseitigen Zemente überprägt und die syntaxialen Anwachsäume gebildet wurden. Das vollständige Fehlen von syntaxialen Zementen im eigentlichen Riffbereich (Abschnitt G), der durch häufiges Vorkommen von Korallen und langblättrige Zemente charakterisiert ist, weist darauf hin, daß sie nicht unter normalmarinen Bedingungen entstehen konnten.

7.6. Sammelkristallisierte Bereiche

Sie kommen in den Profilabschnitten A, C und I zusammen mit vadosen Silten und Mikrosparit vor und werden zusammen mit den syntaxialen Anwachsäumen auf einen frühdiagenetischen meteorischen Einfluß (FOLK, 1962) zurückgeführt (Taf. 6/1). In diesen Bereichen werden auch häufig noch Relikte von allseitigen Zementen gefunden, die nur noch als vereinzelte Skalenoeder auf den Komponenten aufsitzen.

7.7. Kristallsilt (Vadoser Silt)

Grobe Kristallsilte (Taf. 6/2 – 4) charakterisieren einige Abschnitte des Profils und weisen auf frühe meteorische Einflüsse hin. Sie entsprechen den von DUNHAM (1969) und

AISSAOUI & PURSER (1983) beschriebenen vadosen Silten. Die an den Hohlraumwänden auftretenden groben, skale-noedrischen Zementkristalle (Taf. 6/3 und 4) weisen ebenfalls auf eine frühe meteorische Genese hin; eine Interpretation, die auch von den hier häufig ausgebildeten verdrängenden syntaxialen Anwachssäumen (WALKDEN & BERRY, 1984) um Echinodermenbruchstücke unterstützt wird (Taf. 6/2). Mögliche Auftauchphasen, die eine frühe meteorische Diagenese begünstigt haben, werden auch durch die gelegentlich auftretenden Mikritbrücken (Taf. 3/10) angezeigt.

8. Diskussion

Nach FAGERSTROM (1987) sind zwei Faktoren für die Charakterisierung von Riffen besonders wichtig:

- a) das Vorhandensein und die Festigkeit des organischen Gerüsts und
- b) die wichtige Rolle von „Constructor“- und „Baffler“-Gilde sowie die vorhandene Überlappung zwischen diesen beiden Gilden.

Verknüpft man die Erkenntnisse der zyklischen, vertikalen Aggradation im Urgon-Riff in W-Slowenien (Abb. 6, 7) mit den Beurteilungskriterien von FAGERSTROM (1987), so ist der Aufbau eines detritischen oder rigiden Gerüsts, sowie der Wechsel von „Constructor“- zur „Baffler“-Fazies abhängig von

- a) den Amplituden hochfrequenter Meeresspiegelfluktuationen,
- b) der Meeresspiegeländerung der dritten Ordnung,
- c) der Subsidenzrate und
- d) den ökologischen Rahmenbedingungen (Nährstoffe, Temperatur).

Diese Faktoren bestimmen die vertikale Aggradationsrate eines Riffee und letztlich auch die der Plattform selbst. Ferner hängt die quantitative Verteilung der Organismen am Plattformrand von diesen Faktoren ab. Demnach könnten Riffe möglicherweise anhand des Typs, der Quantität und der Erhaltung der gerüstbildenden Organismen (Constructor) und der assoziierten Gilden („Baffler“, „Destroyer“, „Dweller“) unterschieden werden. Bei geringem Anstieg des relativen Meeresspiegels pro Zeiteinheit besteht also z.B. nicht die Möglichkeit oder Notwendigkeit, ein rigides, morphologisch erhabenes Gerüst aufzubauen. D.h., die Art der Konstruktion und die Zusammensetzung der Organismen im Riff sind verschieden in „Greenhouse“-Zeiten (hochfrequente Meeresspiegelschwankungen mit geringen Amplituden; z.B. Unter-Apt) und in „Icehouse“-Perioden (hochfrequente Fluktuationen mit hoher Amplitude; z.B. Pleistozän).

Die wechselnden Meeresspiegelstände bedingen die mittlere Verweildauer der Sedimente in verschiedenen Milieus. In ihnen führt wechselnder Wasserchemismus (marin zu meteorisch) zu unterschiedlichen Zementationen, die meist zeitlich aufeinanderfolgen und sich im Diagenese-Ablauf überlagern. Sie spiegeln vollmarine bis meteorische Diagenesephasen wider (Abb. 8).

So deuten syntaxiale Anwachssäume um Echinodermenbruchstücke gemeinsam mit einer starken Rekristallisation der Gesteine und der Abwesenheit von allseitigen isopachen marin-phreatischen Zementen sehr wahrscheinlich auf frühdiagenetische meteorische Einflüsse hin. Dies ist besonders deutlich in den Abschnitten A, C und I. Dabei müssen meteorische Bedingungen auf normal marine Bedingungen gefolgt sein, was durch über-

prägte allseitige Zementsäume nachzuweisen ist. Es können daher mehrere Phasen der Sedimentationsunterbrechung angenommen werden, die gelegentlich auch zur Ausbildung von Hartgründen mit Phosphatkrusten führen (Taf. 6/5 und 6).

Normal marine Bedingungen lassen sich in den Abschnitten mit zahlreichen allseitigen isopachen Zementsäumen annehmen, die primär aus Aragonit und/oder Mg-Calcit bestanden haben, wie noch aufgrund der Reliktstrukturen zu erkennen ist. Unter diesen Bedingungen tritt keine Rekristallisation der Matrix ein. Auch syntaxiale Anwachssäume an Echinodermenbruchstücken sind seltener.

Die Zeit des in-situ Riffwachstums ist durch langblättrige Zementsäume in Interpartikelporen und in Wachstumshohlräumen charakterisiert. Dabei hat auch die besondere Zusammensetzung des Substrates wahrscheinlich eine Rolle bei der Ausbildung dieser Zemente gespielt.

Vollmarine Bedingungen werden auch durch die hier auftretenden stenohalinen Organismen angezeigt. Ebenso deutet das völlige Fehlen syntaxialer Anwachssäume, von Matrix-Rekristallisation und von Silten auf marine Bedingungen hin.

9. Schlußfolgerungen

Die Gruppierung von Organismen nach dem Gildenkonzept erlaubt es, palökologische Veränderungen z.B. im untersuchten Riff durch die Zeit zu erfassen. Die quantitative Auswertung der Allocheme in Dünnschliffen ermöglicht, eine Zyklizität in ansonsten massigen Riffgesteinen zu erkennen. Die unterschiedliche Häufigkeit von gerüstbildenden und anderen Organismengruppen läßt auf eine Fluktuation der Karbonatproduktion im Riff schließen. Dies bedeutet, daß die in lagunären Karbonaten auf Karbonatplattformen der mittleren Kreide gut bekannten „shallowing upward“-Zyklen auch im Plattformrandbereich überliefert werden.

Es handelt sich also im Beispiel der Dinarischen Karbonatplattform nicht um ein „ökologisches Riff“ sondern um einen Stapel von Aggradationszyklen, die auf hochfrequente Veränderungen des Meeresspiegels mit niedrigen Amplituden (< 5–10 m) zurückgeführt werden.

Die wechselnden Meeresspiegelstände sind an den unterschiedlichen Zement-Bildungen, die sich räumlich und zeitlich überlagern und überprägen, sehr gut abzulesen. Hierzu trägt sicher wesentlich bei, daß Zemente kürzere Zeitabschnitte als faunistische Veränderungen repräsentieren. Daher können sie wohl, wie im vorliegenden Beispiel bei meist guter Überlieferung der Strukturen gezeigt, als sehr hilfreiche Dokumente des Paläowasserchemismus gesehen werden.

Die Grenzen der Sedimentationszyklen und der durch das Vorherrschen bestimmter Zemente charakterisierter lithologischer Einheiten (Abb. 8) fallen nicht zusammen. Sie scheinen sogar um jeweils eine halbe Phase gegeneinander versetzt zu sein. Dies ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, daß die Zementation stets der Sedimentation nachfolgt. Auch greifen die verschiedenen diagenetischen Prozesse unterschiedlich tief in das jeweilig liegende Sediment ein. Die Phasenverschiebung der Zyklen zeigt die zyklische Veränderung des Wasserchemismus an, die sich mit der zyklischen Veränderung des Sedimentes überlagert. Der jeweilige Umkehrpunkt der einen Phase (Sedi-

mentation) markiert dabei in etwa den Beginn der anderen Phase (Zementation).

Die gesichertsten Aussagen über ganz frühe Veränderungen im Sedimentationsraum sind daher nur unter der gemeinsamen Betrachtung der biologischen und diagenetischen Parameter möglich. Daher sollten die Zement-Typen zusammen mit der statistischen Bearbeitung der Gildenstrukturen erfaßt werden. Von den Ergebnissen dieser Methode können Hinweise zum Erkennen hochfrequenter Meeresspiegelschwankungen erwartet werden.

Dank

Im Sinne der drei Autoren wird mit diesem Beitrag die Möglichkeit zu einer dreifachen Danksagung an den Jubilar, Herrn Prof. Dr. E. FLÜGEL genutzt.

Die Analyse der Gildenstrukturen wurde im Rahmen einer Dissertation am Institut für Paläontologie der Universität Erlangen durchgeführt. Dabei profitierte der erste Autor wesentlich von der allseitigen Unterstüt-

zung am Institut und den zahlreichen richtungsweisenden Diskussionen mit Prof. Dr. E. FLÜGEL und Dr. habil. B. SENOWBARI-DARYAN. Diese Arbeit wurde von der „Studienstiftung des deutschen Volkes“ finanziert.

Der Ausbau des Institutes und die nun für Forschung und Lehre vorhandenen sehr günstigen Rahmenbedingungen sind auf den Jahrzehnte dauernden unermüdlichen Kampf von Herrn Prof. Dr. E. FLÜGEL bei Universität und Ministerium zurückzuführen, der endlich zur Realisierung seiner Vision geführt hat. Hierfür möchte der zweite Autor mit dem kleinen „Zement-Beitrag“ danken, der gleichzeitig die Weiterführung der in der oben genannten Dissertation gegebenen Denkanstöße darstellt.

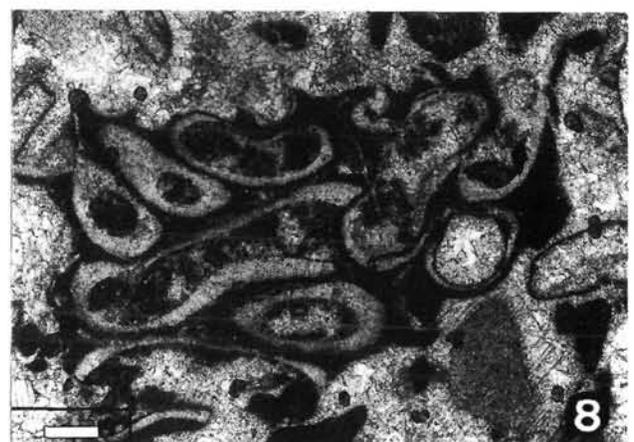
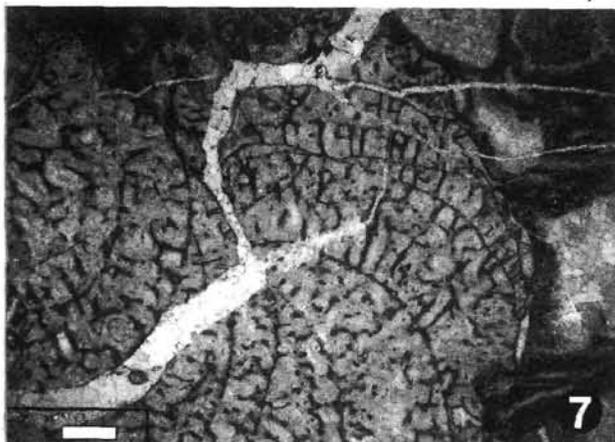
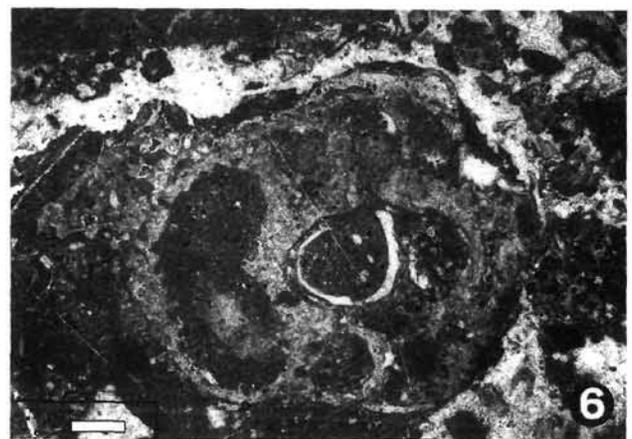
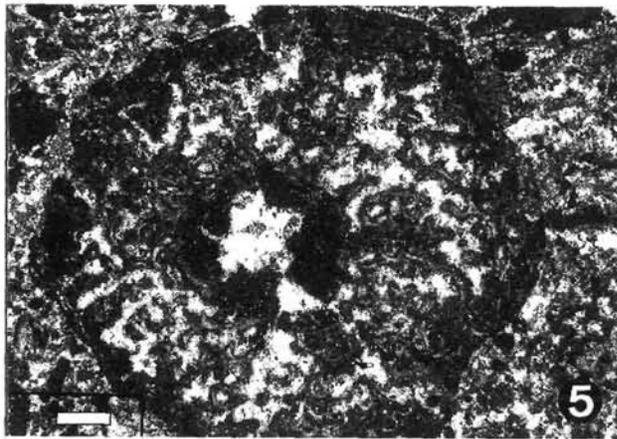
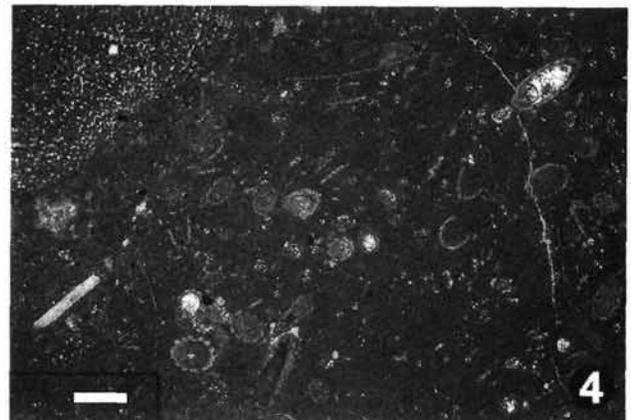
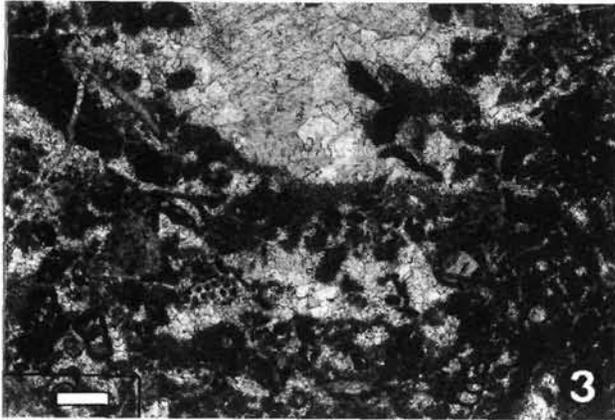
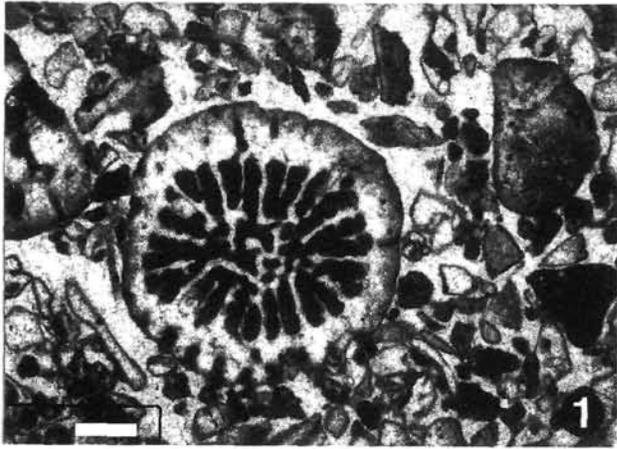
Der dritte Autor zeichnet mit der Regionalgeologie und den neusten Ergebnissen über die Dinarische Karbonatplattform für die Jahrzehnte währende Zusammenarbeit zwischen der Universität Ljubljana, dem Geoloski Zavod Ljubljana und dem Institut für Paläontologie, die sich in zahlreichen gemeinsamen Veröffentlichungen des Jubilars mit den dortigen Kollegen dokumentiert. Sein Dank gilt dieser beständigen und zielgerichteten Zusammenarbeit, die viele Stürme überdauert hat.

Der Dank des ersten Autors an Irena BUSER, die ihn bei der Geländeaufnahme des vorgestellten Profils unterstützt hat, soll diese Art der Zusammenarbeit unterstreichen, die weder geologische noch Landesgrenzen kennt und die uns von Herrn Prof. Dr. E. FLÜGEL stets nahe gebracht wird.

Tafel 1

Fazies: „Constructor“-Gilde

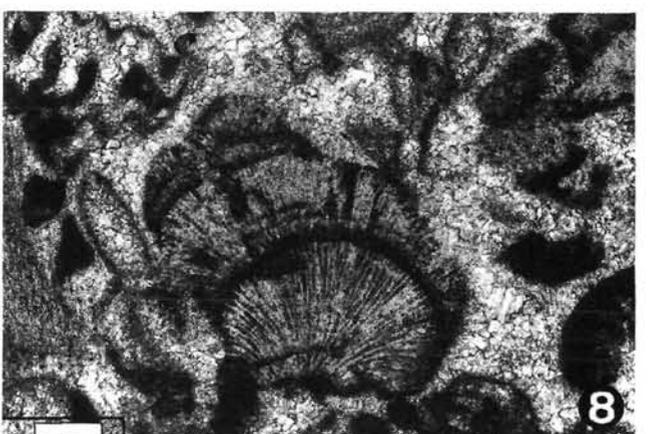
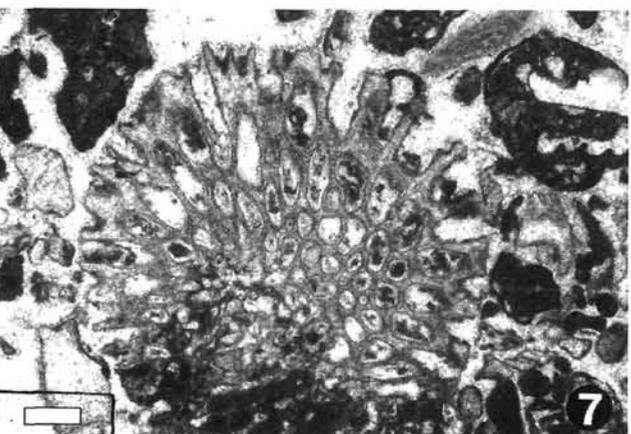
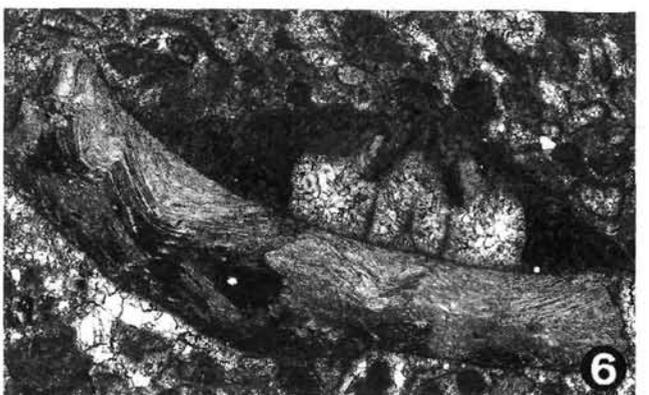
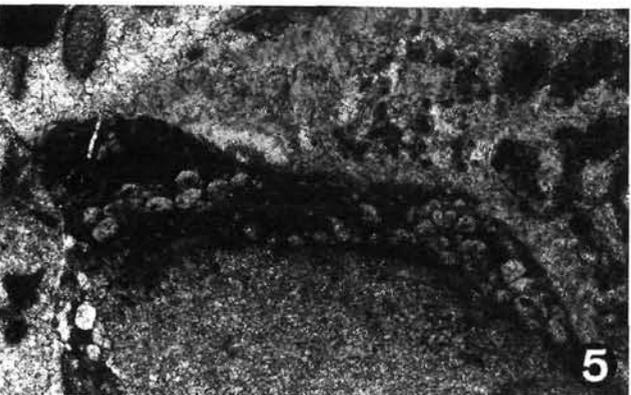
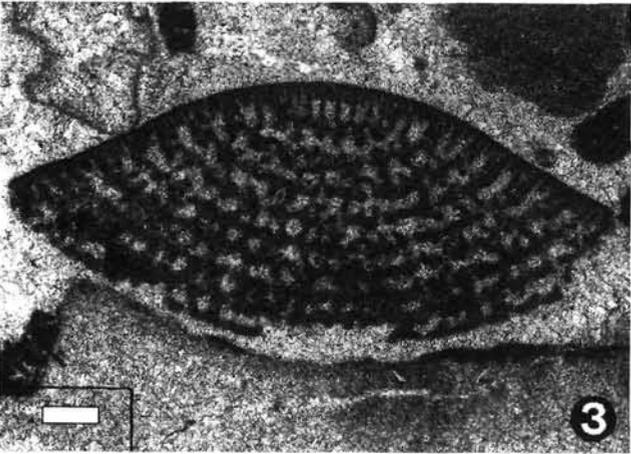
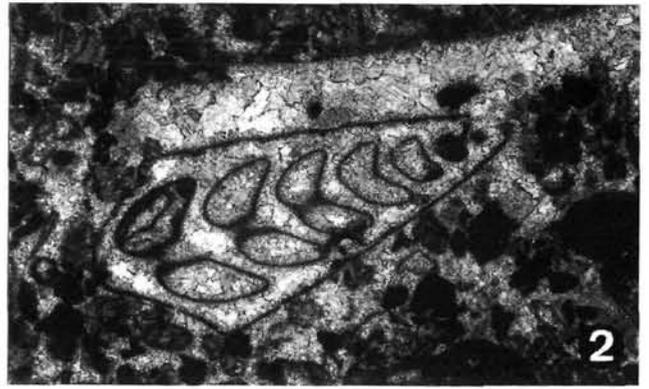
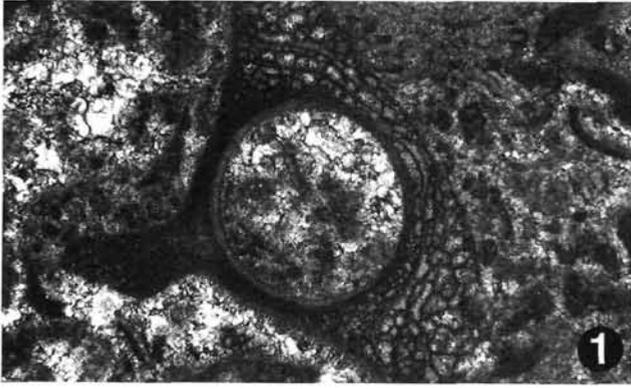
- Fig. 1: **Querschnitt einer relativ gut erhaltenen, aber umgelagerten Koralle („detrital framework facies“).**
Probe 31; Bildbreite 1 cm.
- Fig. 2: **Bioklastischer Grainstone mit hohem Anteil an agglutinierenden Foraminiferen und Molluskenbruchstücken („detrital sand facies“).**
Probe 149; Bildbreite 3 mm.
- Fig. 3: **Foraminiferen Packstone („baffler facies“) mit lösungserweiterten z.T. geopetal gefüllten Hohlräumen.**
Diese wurden anschließend mit granularem Zement verschlossen. *Tubiphytes* und *Dasycladaceen* treten in diesem Gestein als sedimentfangende Organismen auf (nicht abgebildet).
Probe 1.83; Bildbreite 5 mm.
- Fig. 4: **Wackestone mit *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ und *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH) (links oben).**
Die Probe stammt aus der lagunären Fazies und wurde etwa 2 km südlich des untersuchten Riffes genommen.
Probe P.19; Bildbreite 5 mm.
- Fig. 5: **Querschnitt von *Peronidella* sp. (Inozoa).**
Probe 1.125; Bildbreite 1 cm.
- Fig. 6: **Schrägschnitt von *Barroisia* sp. (Sphinctozoa).**
Probe 1.168; Bildbreite 1 cm.
- Fig. 7: ***Actinostromaria* sp.**
Er ist wahrscheinlich nicht zu den Hydrozoen, sondern in die Gruppe der Verticellitiden (Sphinctozoen) zu stellen (SENOW-BARI-DARYAN, 1990; pers. Mitt.).
Probe 1.205; Bildbreite 1 cm.
- Fig. 8: **Kolonie von Wurmröhren in einem Packstone mit überprägten allseitigen Zementen und Echinodermenbruchstücken (rechts unten).**
Probe 1.130; Bildbreite 3,5 mm.



Tafel 2

Fazies: „Dweller“- und „Binder“-Gilde

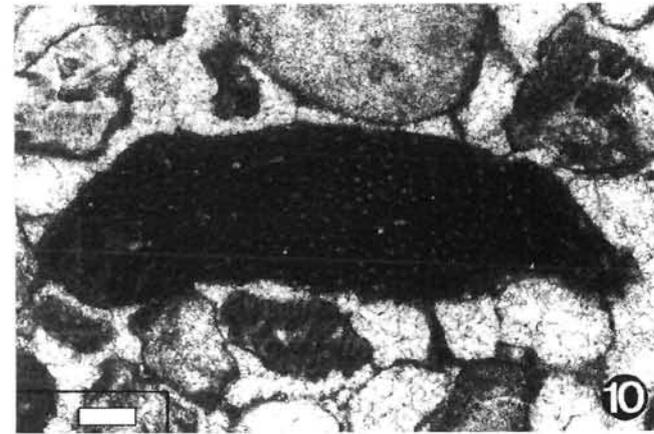
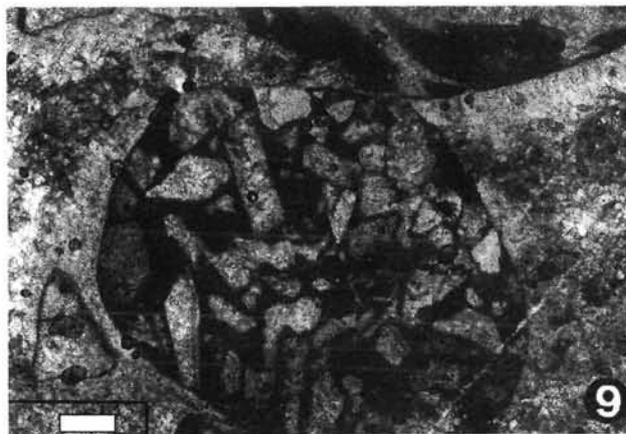
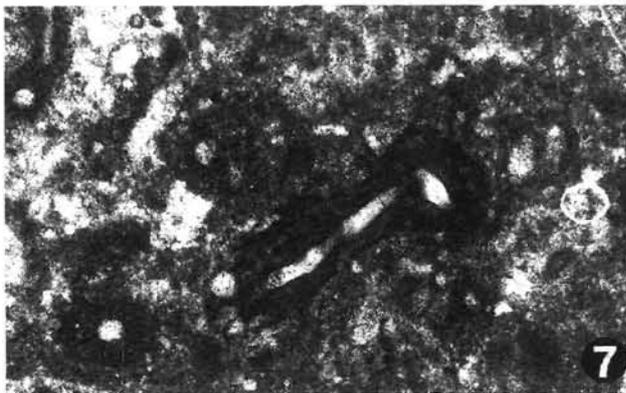
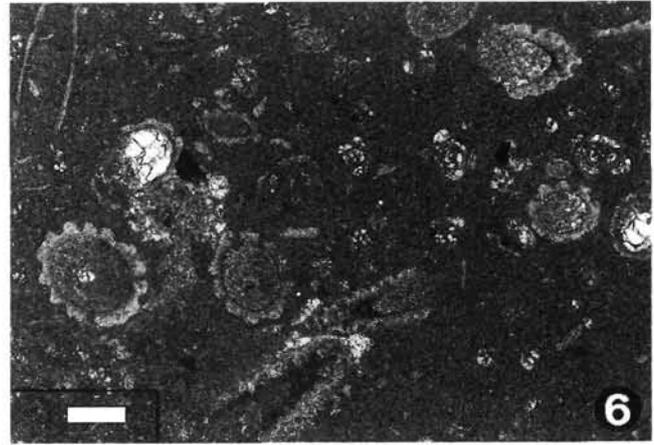
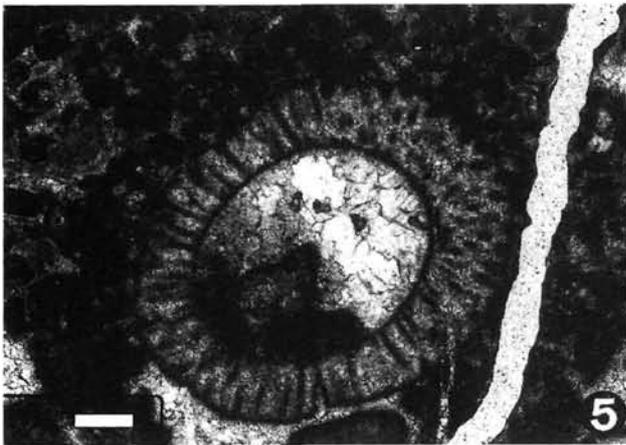
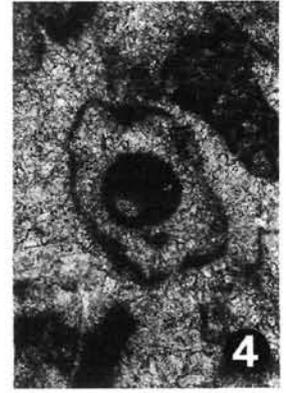
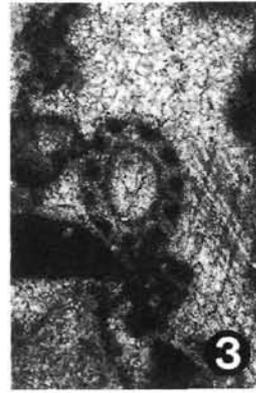
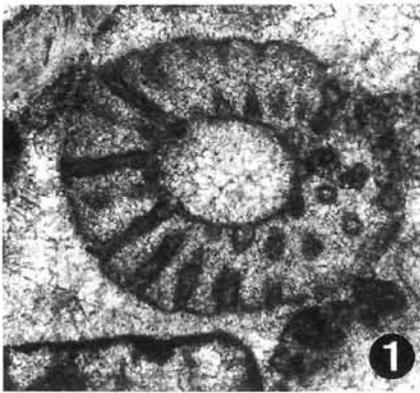
- Fig. 1: **Radiolitide mit charakteristischer Netzstruktur in der Wand („Dweller“-Gilde; selten).**
Probe 1.187; Bildbreite 7 mm.
- Fig. 2: **Nerineider Gastropode als typischer Vertreter der „Dweller“-Gilde.**
Probe 1.110; Bildbreite 7 mm.
- Fig. 3: **Agglutinierende Foraminifere (*Paleodictyoconus* sp.), die einen wichtigen Bestandteil der „Dweller“-Gilde darstellt.**
Probe 222; Bildbreite 2,5 mm.
- Fig. 4: **Inkrustierende Foraminifere (*Placopsilina* sp.) auf gerundetem Molluskenbruchstück.**
Probe 222; Bildbreite 2,5 mm.
- Fig. 5: ***Koskinobullina socialis* CHERCHI & SCHROEDER umkrustet ein Schalenbruchstück.**
Probe 1.87; Bildbreite 3,5 mm.
- Fig. 6: **Vermutliche Balanide auf einer Brachiopodenschale.**
Probe 1.20; Bildbreite 3 mm.
- Fig. 7: **Querschnitt durch eine Bryozoen-Kolonie.**
Probe 595; Bildbreite 6 mm.
- Fig. 8: **Alge vom Typ *Eithelia*.**
Sie kann sowohl inkrustierend als auch in Büscheln als „Baffler“ auftreten.
Probe 65; Bildbreite 1,8 mm.



Tafel 3

Fazies: „Baffler“-Gilde und Problematikum

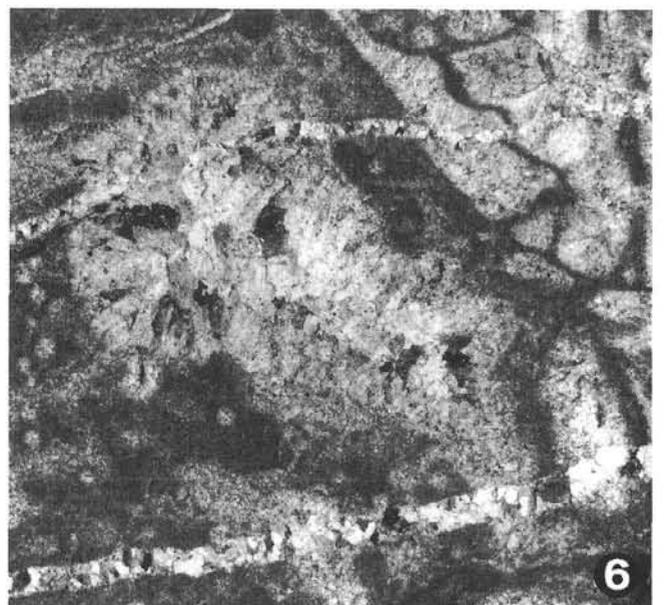
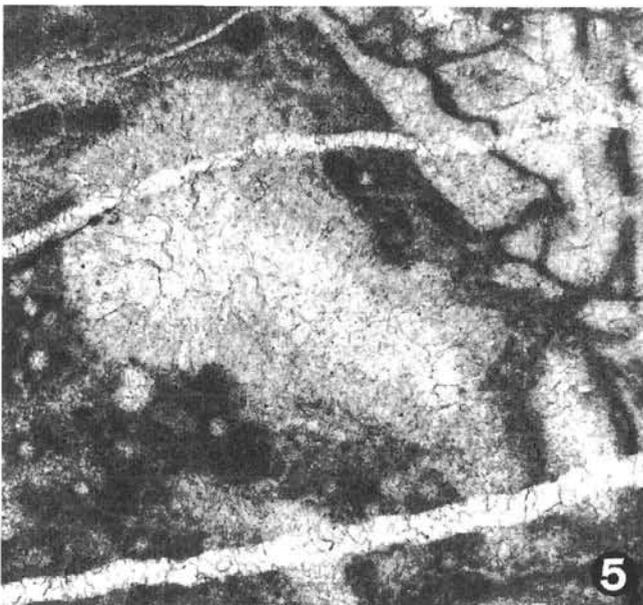
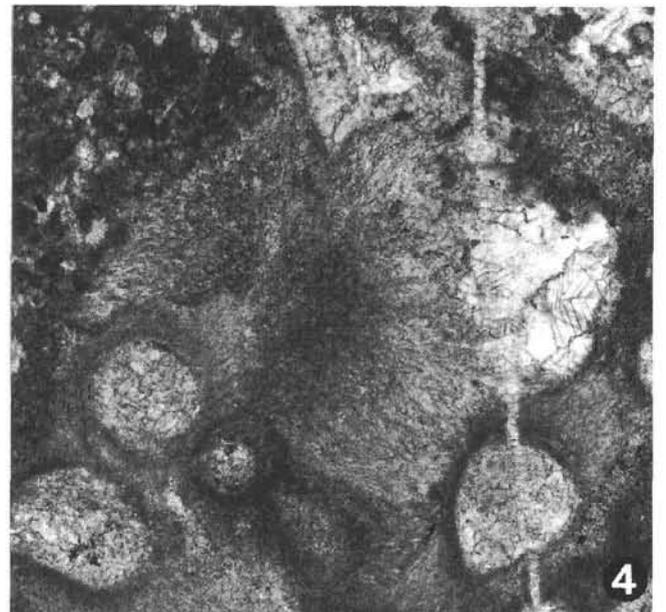
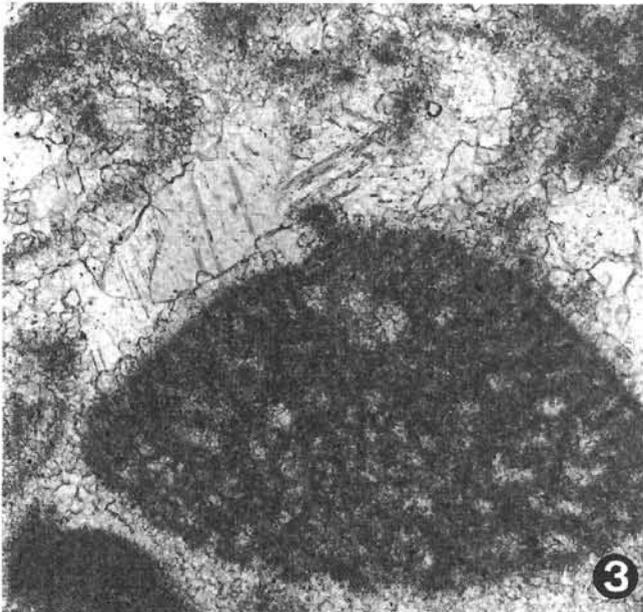
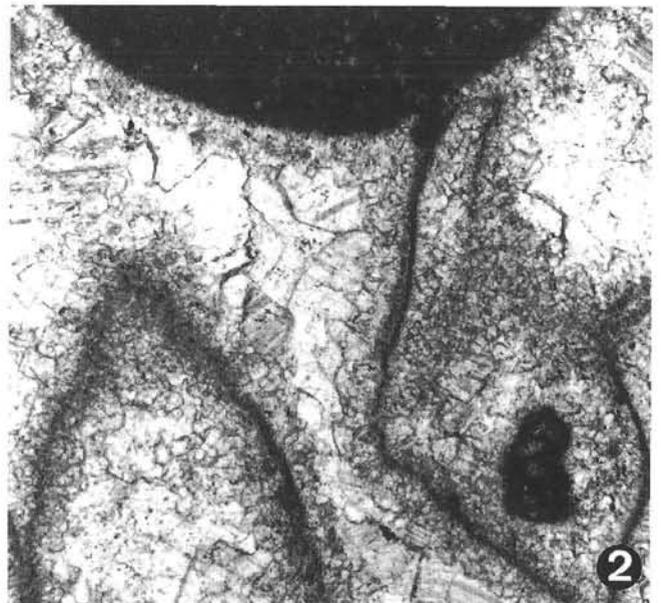
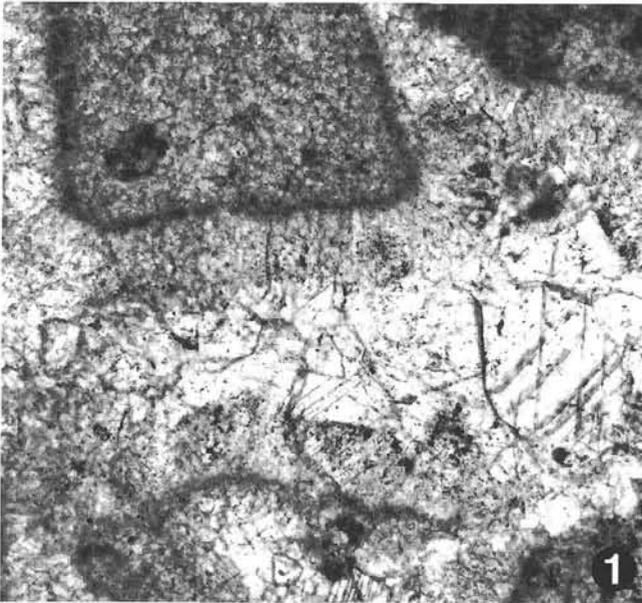
- Fig. 1: **Querschnitt durch eine Dasycladacee als typischen Vertreter der „Baffler“-Gilde.**
Probe 623; Bildbreite 1,8 mm.
- Fig. 2: ***Acicularia* sp. oder *Aciculella* sp. (Dasycladaceae; „Baffler“-Gilde).**
Probe 1.166; Bildbreite 0,4 mm.
- Fig. 3: ***Acicularia* sp. (Dasycladaceae; „Baffler“-Gilde).**
Probe 203; Bildbreite 0,6 mm.
- Fig. 4: ***Salpingoporella* sp. (Dasycladaceae; „Baffler“-Gilde).**
Probe 1.87; Bildbreite 0,6 mm.
- Fig. 5: **Dasycladacee mit weitem Zentralstamm in pelletführendem Packstone („Baffler“-Gilde).**
Probe 1.168; Bildbreite 2,5 mm.
- Fig. 6: **Wackestone mit *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ aus der lagunären Fazies südlich des Riffee.**
Probe P.19; Bildbreite 2,0 mm.
- Fig. 7: **„Baffler“-Fazies (Packstone) mit Längs- und Querschnitten von *Tubiphytes morronensis* CRESCENTI als häufiger Sedimentfänger.**
Probe 1.219; Bildbreite 1,7 mm.
- Fig. 8: ***Lithocodium aggregatum* ELLIOT umkrustet eine umkristallisierte Molluskenschale und dringt in diese ein.**
Probe 1.31; Bildbreite 3,5 mm.
- Fig. 9: **Vermutlicher Koprolith eines „Korallenfisches“ mit eckigen, kalzitischen Organismenbruchstücken gleicher Größe.**
Probe 36, Bildbreite 5 mm.
- Fig. 10: **Nicht näher bestimmte Alge in einem Grainstone mit Mikritbrücken.**
Probe 620; Bildbreite 2,0 mm.



Tafel 4

Diagenese: Gut erhaltene und überprägte allseitige Zemente

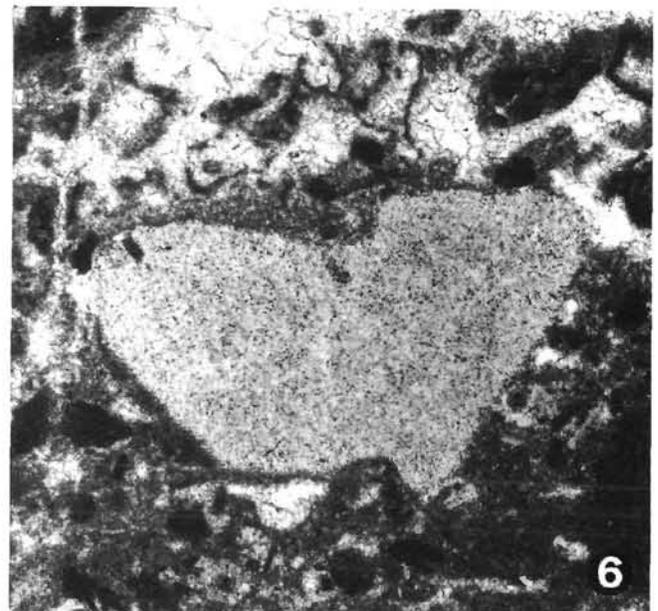
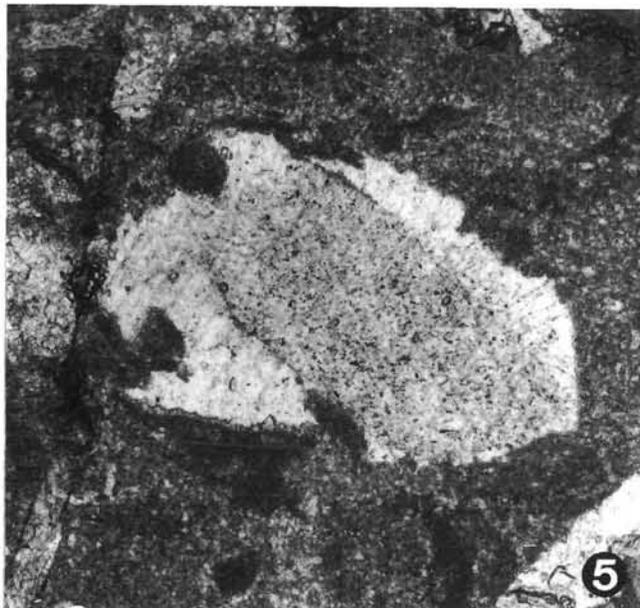
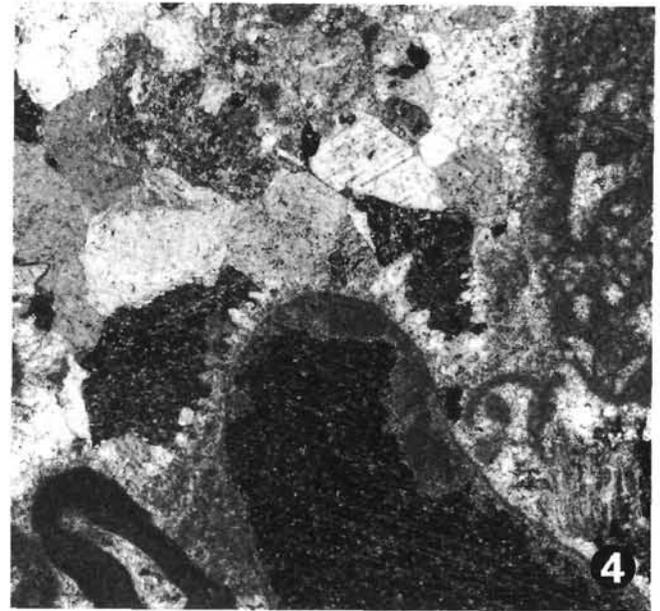
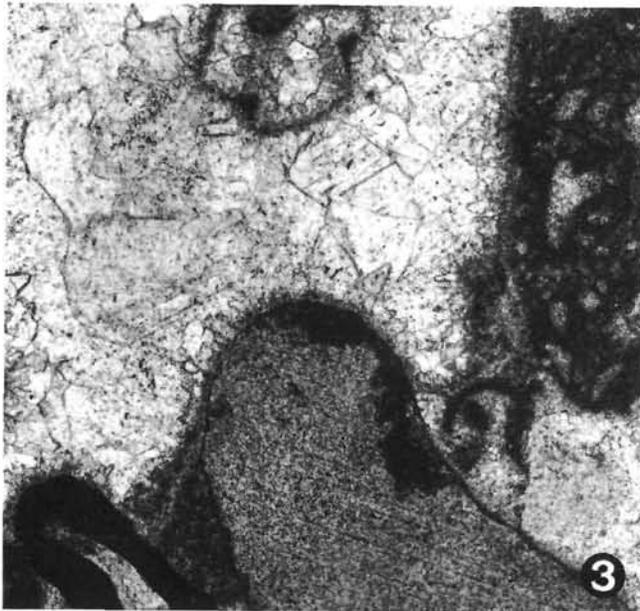
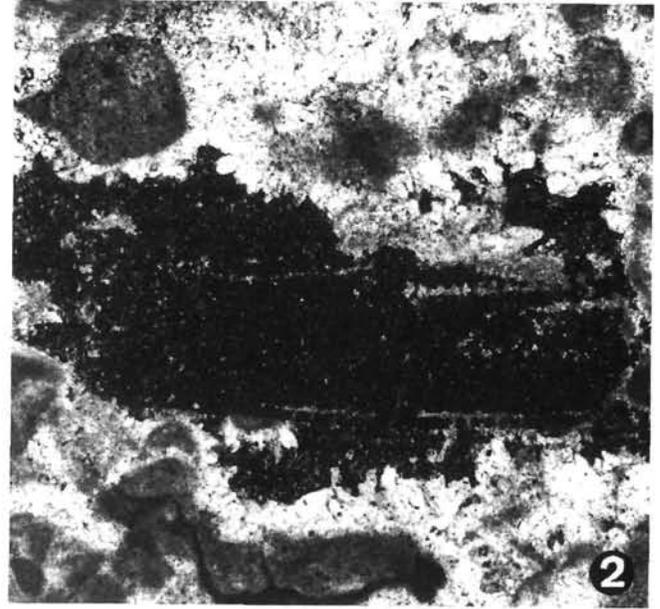
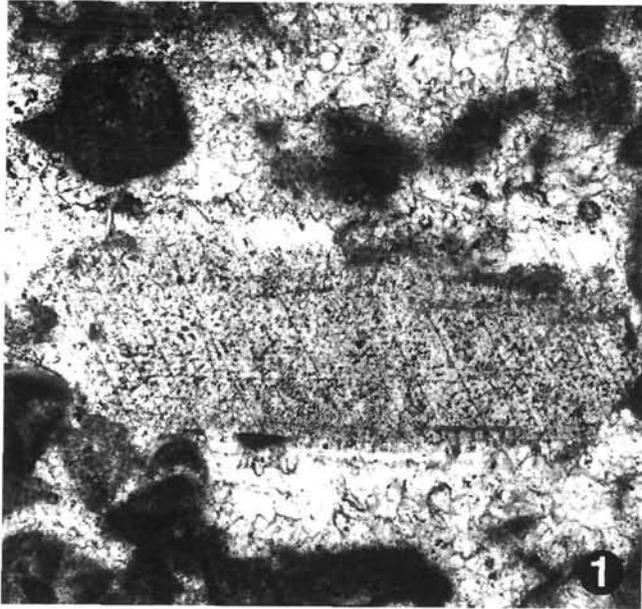
- Fig. 1: **Allseitige, isopache Zementsäume mit nadeligen Reliktstrukturen weisen auf eine frühe marin-phreatische Zementation mit primärem Aragonit hin.**
Der Restinterpartikelporenraum ist mit granularem Zement gefüllt.
Probe 1.223; Bildbreite 1 mm.
- Fig. 2: **Der Grainstone weist allseitige isopache Zementsäume auf, die granular überprägt wurden.**
Ehemalige Molluskenbruchstücke (Aragonit) sind nur noch als „micrite envelopes“ erhalten. Primär Mg-Calcitische Komponenten (*Orbitolina* sp.) scheinen gut erhalten.
Probe 1.140; Bildbreite 1,5 mm.
- Fig. 3: **Allseitige, isopache dünne Zementsäume mit mehr blättrigen, verbreiterten Reliktstrukturen weisen auf primäre Mg-Calcit-Zementsäume hin, die wie im dokumentierten Fall vorwiegend auf primär Mg-calcitischen Komponenten (orbitolinide Foraminifere) gebildet wurden.**
Probe 1.166; Bildbreite 1 mm.
- Fig. 4: **Große, nadelige Zementbüschel treten nur in Biolithiten auf, wie den hier abgebildeten Serpelkolonien.**
Probe 1.219; Bildbreite 1,5 mm.
- Fig. 5: **In den Framestones des Riffbereiches treten einschlußreiche, langblättrige radiaxial-fibröse Zemente in Wachstumshohlräumen und in durch Lösung früh erweiterten Hohlräumen auf.**
Probe 1.205; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 6: **Radiaxial-fibröse Zemente umsäumen die Hohlraumwand, während der Restporenraum mit drusigem Mosaik verschlossen ist.**
Probe 1.205; Bildbreite 2 mm; + Nic.



Tafel 5

Diagenese: Echinodermenbruchstücke und ihre Zemente

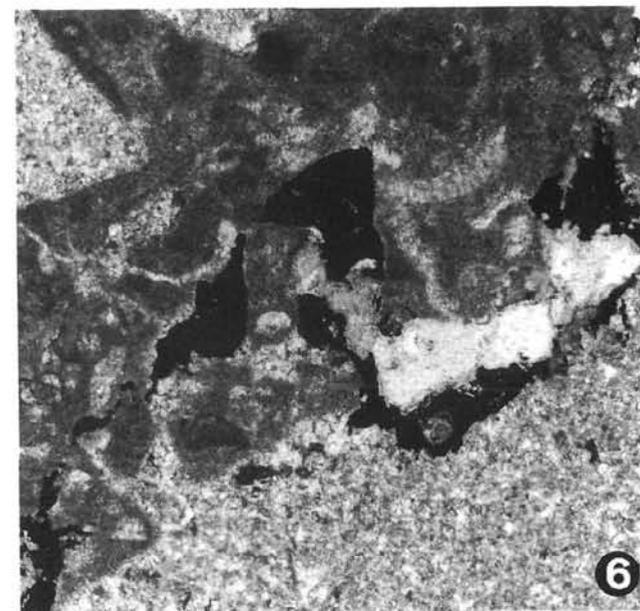
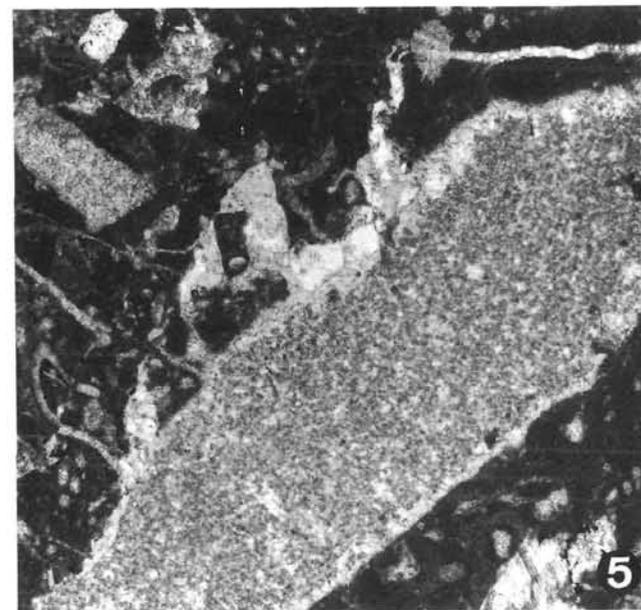
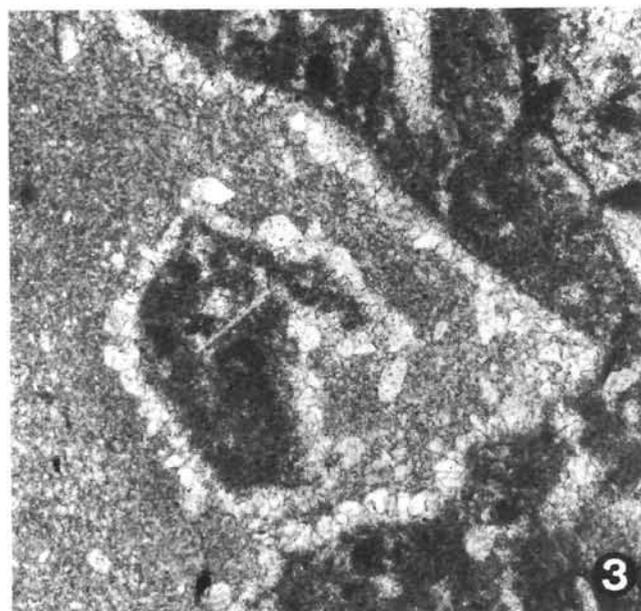
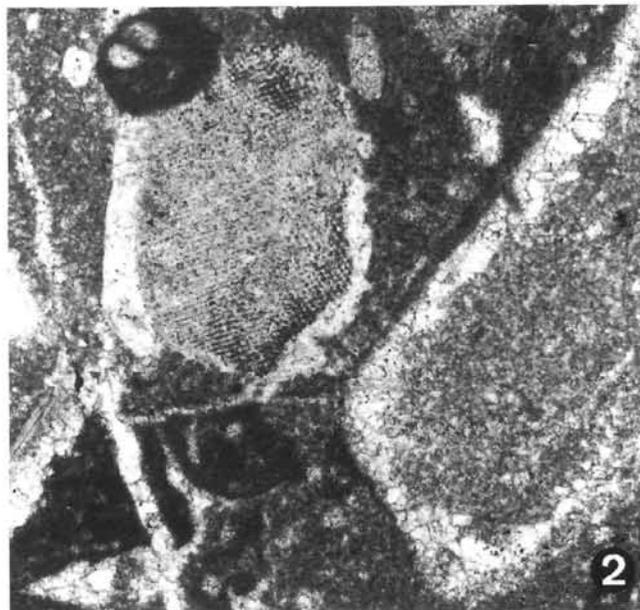
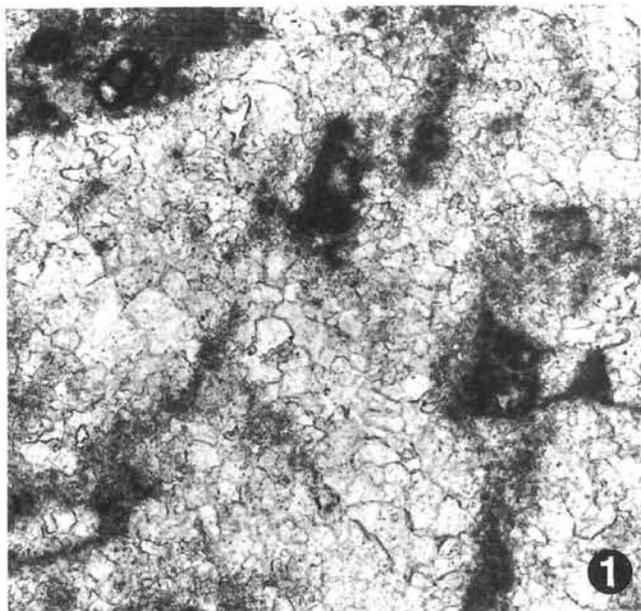
- Fig. 1: **In Packstones und Grainstones weisen Echinodermenbruchstücke am häufigsten syntaxiale Anwachssäume auf.**
Sie müssen sehr früh entstanden sein und wurden im Wettbewerb mit allseitigen Zementen gebildet, die an den umgebenden Allochemen unterschiedlicher Primärmineralogie ausgebildet wurden.
Probe 1.213; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 2: **Wie oben aber mit + Nic.**
Probe 1.213; Bildbreite 2 mm; + Nic.
- Fig. 3: **Manche Echinodermenbruchstücke weisen allseitige Zementsäume auf, die meist in skelnoedrische Kristalle umgewandelt wurden.**
In diesen Gesteinen weisen andere allseitige Zemente auf eine frühmarine phreatische Diagenese hin. Während eines nachfolgenden meteorischen Einflusses wurden viele der Zementsäume umkristallisiert und auch syntaxiale Zemente an den nun stabilisierten Einkristallen der Echinodermenbruchstücke gebildet.
Probe 1.201; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 4: **Wie oben aber mit + Nic.**
Probe 1.201; Bildbreite 2 mm; + Nic.
- Fig. 5: **Syntaxiale Anwachssäume um Echinodermenbruchstücke in mikritischer Matrix haben immer verdrängenden Charakter.**
Sie entstehen dadurch, daß zuerst Mikrit um das Echinodermenbruchstück herum gelöst wird. In diesen Lösungshohlraum wächst anschließend der Einkristall weiter.
Probe 1.157; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 6: **Sind Echinodermenbruchstücke von Mikritsäumen umgeben, konnte es aufgrund der fehlenden Nukleation nicht zur Ausbildung syntaxialer Anwachssäume kommen.**
Probe 1.213; Bildbreite 2,5 mm.



Tafel 6

Diagenese: Meteorische Einflüsse und Phosphat-Stylolithen

- Fig. 1: **Frühe meteorische Einflüsse führen oft zur völligen Rekristallisation der Zemente sowie der teilweise vorhandenen mikritischen Matrix.**
Dabei entstehen fein- bis grobgranulare xenomorphe Kristallgefüge. Allseitige Zementsäume sind nicht mehr zu erkennen.
Probe 1.183; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 2: **In Lösungshohlräumen dieses Wackestones bis Packstones kommen vadose Kristallsilte vor, die gelegentlich auch geopetal eingefüllt sind.**
Meist ist jedoch der ganze Porenraum mit Silt gefüllt. Echinodermenbruchstücke weisen hier häufig matrixverdrängende syntaxiale Anwachssäume auf.
Probe 1.61; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 3: **Gesteinsbruchstücke, die in die Lösungshohlräume hineinragen sind mit grobgranularen Zementsäumen ausgekleidet, die meist äußere skalenoedrische Aufwachsungen haben.**
Probe 1.61; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 4: **Der Rand eines Lösungshohlraumes zeigt, daß die skalenoedrischen Aufwachsungen erst nach/oder zusammen mit der Überprägung ehemaliger nadeliger Zementsäume entstanden sind.**
Dies weist auf eine zunächst marine Zementation hin, die durch einen nachfolgenden meteorischen Einfluß überprägt wurde und sich dabei zu Skalenoedern weiterentwickelte. Die Füllung mit vadosem Silt erfolgte anschließend.
Probe 1.61; Bildbreite 2 mm.
- Fig. 5: **Gelegentlich treten Stylolithe auf, die sich durch hellbraunes Phosphat auszeichnen.**
Die diagenetische Abfolge läßt nach einer Bildung der Lösungshohlräume zunächst die Bildung grobgranularer Calcizemente auf den durch Lösung gerundeten Wandungen erkennen. Anschließend wurden die noch freien Wandflächen, feine Risse und die granularen Kristalle mit Phosphatüberzügen bedeckt. Danach erfolgte die Füllung des noch freien Porenraumes mit vadosem Silt. Die Phosphatkrusten, die jetzt stylolithisch überprägt sind, weisen wahrscheinlich auf eine längere Verweildauer des aufgelösten Gesteins bei geringen Sedimentationsraten im marinen Milieu hin.
Probe 1.31; Bildbreite 4 mm.
- Fig. 6: **Detail von oben aber mit +Nic.**
Probe 1.31; Bildbreite 2 mm; + Nic.



Literatur

- AISSAOUI, D.M. (1985): Botryoidal aragonite and its diagenesis. – *Sedimentology*, **32**, 345–361, Oxford.
- AISSAOUI, D.M. & PURSER, B. (1983): Nature of origins of internal sediments in Jurassic limestones of Burgundy (France) and Fnoud (Algeria). – *Sedimentology*, **30**, 273–283, Oxford.
- ANDJELKOVIĆ, M. (1976): Structural zoning of the Inner and Central Dinarides of Yugoslavia. – *Geol. anali*, **40**, 1–22, Beograd.
- ANDJELKOVIĆ, M. (1978): Tectonic rayonisation of Yugoslavia. – *Zbornik radova, IX. Kongr. geol. Jug.*, 7–13, Sarajevo.
- BOROWITZKA, M.A. (1989): Carbonate calcification in algae–Initiation and control. – In S. MANN, J. WEBB & R.P. WILLIAMS: *Biomineralization*, 63–94, Cambridge (VCH Publishers).
- BRICKER, O.P. (Ed.) (1971): *Carbonate Cements*. – John Hopkins Univ. Stud. Geol., **19**, 376 pp., Baltimore.
- BUSER, S. (1986): Tolmač k osnovni geološki karti SFRJ, list Tolmin in Videm 1 : 100.000. – Geology of the geological maps sheets Tolmin and Videm. – 103 pp., Beograd.
- BUSER, S. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ, list Tolmin in Videm 1 : 100.000. – Geological map of the sheets Tolmin and Videm 1 : 100.000. Zvezno geoloski zavod Beograd.
- BUSER, S. (1989): Development of the Dinaric and Julian carbonate platforms and the intermediate Slovenian basin (NW-Yugoslavia). – *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **40**, 313–320, Roma.
- CELET, P. (1977): The Dinarids and Aegean arcs: the geology of the Adriatic area. – In: A.E. NARIN, W.H. KAINES & F.G. STEHLI (Eds.): *The ocean basins and margins*. – **4**, 215–259, New York (Plenum Publ. Comp.).
- DIMITRJEVIĆ, M.D. (1982): Dinarides – a tectonic overview. – *Vesnik zav. geol. geof. ist.*, **40**, 113–148, Beograd.
- DUNHAM, R. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – In: HAM, W.E. (Ed): *Classification of carbonate rocks*. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **1**, 108–121.
- DUNHAM, R. (1969): Early vadose silt in Townsend Mound (reef), New Mexico. – In: FRIEDMAN, G.M. (Ed.): *Depositional environments in carbonate rocks*. – *SEPM Spec. Publ.*, **14**, 139–181.
- EVAMY, B.D. & SHEARMAN, D.J. (1965): The development of overgrowth on echinoderm fragments in limestones. – *Sedimentology*, **5**, 211–233, Oxford.
- EVAMY, B.D. & SHEARMAN, D.J. (1969): Early stages in development of overgrowth on echinoderm fragments in limestones. – *Sedimentology*, **12**, 317–322, Oxford.
- FAGERSTROM, A.G. (1987): *The Evolution of Reef Communities*. – 600 pp., New York (John Wiley & Sons).
- FISCHER, A.G. (1981): Climate in Earth History. – In: W. BERGER (Ed.): *Climate in Earth History*. – *Nat. Acad. Science*, 97–104, Washington.
- FOLK, R.L. (1962): Spectral subdivision of limestone types. – In: HAM, W.E. (Ed.): *Classification of carbonate rocks*. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **1**, 62–84.
- FOLK, R.L. (1974): The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. – *J. Sed. Petrol.*, **44**, 40–53, Tulsa.
- FRIEDMAN, G.M., AMIEL, A.J. & SCHNEIDERMAN, N. (1974): Submarine cementation in reefs: example from the red sea. – *J. Sed. Petrol.*, **44**, 816–825, Tulsa.
- GRÖTSCH, J. (1993): Guilds, cycles and episodic, vertical aggradation of an Upper Barremian to Lower Aptian reef (Dinaric carbonate platform, Slovenia). – In: P. DE BOER & D.G. SMITH: *Orbital Forcing and Cyclic Sequences*. – *IAS Spec. Publ.*, **19**, 227–242, Oxford (Blackwell).
- GRÖTSCH, J., SCHROEDER, R., NOÉ, S. & FLÜGEL, E. (1993): Carbonate platforms as recorders of high-amplitude eustatic sea level fluctuations: The late Albian *R. appenninica* event. – *Basin Res.*, **5**, Oxford (Blackwell).
- HARRIS, P.M., KENDALL, C.G. & LERCHE, J. (1985): Carbonate cementation: a brief review. – In: SCHNEIDERMAN, N., HARRIS, P.M. (Eds.): *Carbonate cements*. – *SEPM Spec. Publ.*, **36**, 79–95, Oxford.
- HERAK, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarids. – *Acta Geol.*, **16**, 1–42, Zagreb.
- HÖFLING, R. (1985): Faziesverteilung und Fossilvergesellschaftungen im karbonatischen Flachwasser-Milieu der alpinen Oberkreide (Gosau-Formation). – *Münchener geowiss. Abh.*, **A 3**, 1–241, München.
- HUBBARD, D.K., MILLER, A.I. & SCATURO, D. (1990): Production and cycling of calcium carbonate in a shelf-edge reef system (St. Croix, U.S. Virgin Islands): application to the nature of reef systems in the fossil record. – *J. Sed. Petrol.*, **60**, 335–360, Tulsa.
- KENDALL, A.C. (1985): Radial fibrous calcite: a reappraisal. – In SCHNEIDERMAN, N. & HARRIS, P.M. (Eds.): *Carbonate cements*. – *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, **36**, 59–77.
- KENDALL, A.C. & TUCKER, M.E. (1973): Radial fibrous calcite: as a replacement after acicular carbonate. – *Sedimentology*, **20**, 365–389.
- KOCH, R. (1978): Fazies und Diagenese eines Biostrom-Komplexes (Oberkreide, Jugoslawien). – *Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie; Ergänzungsband Compendium 78/79*; 41–64, Echterdingen (Hernhausen).
- KOCH, R. (1988): Mikrofazielle und diagenetische Entwicklung kretazischer Karbonatgesteine im jugoslawischen Raum. – *Habilitationsschrift, Univ. Heidelberg, Vol.1*: 210 pp, 90 Figs., 5 Tab., 8 Plates; *Vol. 2*: Photodokumentation der Mikrofaziestypen, 41 Taf.; Heidelberg.
- KOCH, R. & OGORELEC, B. (1990): Biogenic Constituents, Cement types and sedimentary fabrics. – In: HELING, D., ROTHE, P., FÖRSTNER, U. & STOFFERS, P. (Eds.): *Sediments and Environmental Geochemistry*, 23–95, Berlin – Heidelberg – New York (Springer).
- KOCH, R. & OGORELEC, B. & OREHEK, S. (1989): Microfacies and Diagenesis of Lower and Middle Cretaceous Carbonate Rocks of NW-Yugoslavia (Slovenia, Trnovo Area). – *Facies*, **21**, 135–170, Erlangen.
- LONGMAN, M.W. (1980): Carbonate diagenetic textures from near-surface environments. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **64**, 461–487.
- LUCIA, F.J. (1962): Diagenesis of a crinoidal sediment. – *J. Sed. Petrol.*, **32**, 848–865, Tulsa.
- OGORELEC, B. (1988): Mikrofazies, Geochemie und Diagenese des Dachsteinkalkes und Hauptdolomits in Süd-West-Slowenien, Jugoslawien. – *Diss. Univ. Heidelberg*, 173 S., Heidelberg.
- OGORELEC, B. & ROTHE, P. (1993): Mikrofazies, Diagenese und Geochemie des Dachsteinkalkes und Hauptdolomits in Süd-West Slowenien. – *Geologija*, **35**, 81–181, Ljubljana.
- PLACER, L. (1981): Geologic structure of southwestern Slovenia (in slovenisch). – *Geologija*, **24**, 27–60, Ljubljana.
- PLUMLEY, W.J., RISLEY, G.A., GRAVES, R.E. & KALEY, M.E. (1962): Energy index for limestone interpretation and classification. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **1**, 85–107, Tulsa.
- PREZBINDOWSKI, D.R. (1985): Burial cementation – is it important? A case study, Stuart City Trend, south central Texas. – In: SCHNEIDERMAN, N. & HARRIS, P.M. (Eds.): *Carbonate cements*. – *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, **36**, 241–246.
- RADOIČIĆ, R. (1960): Mikrofacije krede i strajjeg terciara Spoljnih Dinarida Jugoslavije. – *Zavod geol. istr. Crne Gore Paleontol. Jugoslovenskih Dinarida Ser. A Mikropaleontol.*, **IX/1**, 1–172, 67 Taf. Titograd.
- REID, P.R. & GINSBURG, R.N. (1986): The role of framework in Upper Triassic reefs in the Yukon (Canada). – *Palaios*, **1**(6), 590–600, Ann Arbor.
- RICHTER, D.K. (1988): Karbonatgesteine. – In: FÜCHTBAUER, H. (Ed.): *Sedimente und Sedimentgesteine*, 233–434, Stuttgart (Schweizerbart).

- SALLER, A.H. (1986): Radial calcite in Lower Miocene strata, subsurface Enewetak Atoll. – *J. Sed. Petrol.*, **56**, 743–762.
- SANDBERG, P. (1985): Aragonite cements and their occurrence in ancient limestones. – In SCHNEIDERMANN, N. & HARRIS, P.M. (Eds.): Carbonate cements. – *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, **36**, 36–57.
- SCHLAGER, W. & PHILIP, J. (1991): Cretaceous carbonate platforms. – In: B. BEAUDOIN & R.N. GINSBURG (Eds.): Cretaceous Resources, Events and Rhythms, 173–195, Kluwer (Academic Publ.).
- SCHNEIDER, W. (1977): Diagenese devonischer Karbonatkomplexe Mitteleuropas. – *Geol. Jahrb.*, D 21, 107 S.
- SCHROEDER, J.H. (1972): Fabrics and sequences of submarine carbonate in the Holocene Bermuda cup reefs. – *Geol.Rdsch.*, **61**, 708–730, Stuttgart.
- SCOTT, R.W. (1990): Models and Stratigraphy of Mid-Cretaceous Reef Communities, Gulf of Mexico. – *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Concepts Sedimentol. Paleontol.*, **2**, 102 pp, Tulsa.
- SIKOŠEK, B. & MEDWENITSCH, W. (1965): Neue Daten zur Fazies und Tektonik der Dinariden. – *Verh. Geol. B.-A., Sonderh. G.*, **86**, 102 S., Wien.
- SKELTON, P.W. (1979): Gregariousness and proto-cooperation in rudists (*Bivalvia*). – In: LARWOOD, G. & ROSEN, B.R. (Eds.): *Biology and systematics of colonial organisms*. – *Syst. Assoc. Spec. Publ.*, **11**, 257–279, London.
- SKELTON, P.W. (1985): Preadaption and evolutionary innovation in rudist bivalves. – *Geol. Soc. London Spec. Pap.*, **33**, 159–173, London.
- SKELTON, P.W. & GILI, E. (1990): Did rudists build reefs ?. – 13th Int. Sedimentol. Congr. Abstr., 501, Nottingham.
- SOKAČ, B. & VELIĆ, I. (1978): *Biostratigraphic investigation of the Lower Cretaceous of the Outer Dinarides*. 1. Tehe Neocomian of western Istria. – *Geol. vjesnik*, **30**, 243–250, Zagreb.
- STROHMENGER, C. (1988): Mikrofazielle und diagenetische Entwicklung jurassischer Karbonate (Unter-Lias bis Ober-Malm) von Slowenien (NW-Jugoslawien). – *Heidelberger Geowiss. Abh.*, **24**, 293 S., Heidelberg.
- TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., RADOIČIĆ, R. & CRNKOVIĆ, B. (1983): Upper Jurassic and Cretaceous peritidal, lagoonal, shallow marine and perireefal carbonate sediments of Istria. – In: L. BABIĆ, V. JELASKA (Eds.): *Contribution to Sedimentology of some Carbonate and Clastic Units of the Coastal Dinarids*. – 4th Int. Assoc. Sedimentol., Split, Guidebook, 13–35, Zagreb.
- TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (1990): *Carbonate Sedimentology*. – 482 pp., Oxford (Blackwell).
- TURNŠEK, D. & BUSER, S. (1966): The development of Lower Cretaceous beds and the boundary between Jurassic and Cretaceous formations in western part of Trnovski Gozd. – *Geologija*, **9**, 527–548, Ljubljana.
- TURNŠEK, D. & BUSER, S. (1974): Spodnjekredne korale, hidrozoji in hetetide z Banjške planote in Trnovskega gozda. – The Lower Cretaceous corals, hydrozoans, and chaetetids of Banjška planota and Trnovski gozd. – *Razprave IV, razr. SAZU*, **17/2**, 83–123, Ljubljana.
- TURNŠEK, D. & BUSER, S. (1976): Knidarijska favna iz senonijske breče na Banjški planoti. – Cnidarian fauna from the Senonian Breccia of the Banjška planota (NW Yugoslavia). – *Razprave IV, razr. SAZU*, **19/3**, 39–88, Ljubljana.
- TURNŠEK, D., BUSER, S. & OGORELEC, B. (1981): An Upper Jurassic reef complex from Slovenia (Yugoslavia). – In: D.F. TOOMEY (Ed.): *European fossil reef models*. – *SEPM Spec. Publ.*, **30**, 361–369, Tulsa.
- VELIĆ, I. (1973): Stratigraphy of the Cretaceous deposits in the border region of Velika Kapela and Mala Kapela Mountains (Central Croatia), (in serbo-kroatisch). – *Geol. vjesnik*, **26**, 93–109, Zagreb.
- VELIĆ, I. & SOKAČ, B. (1978): Biostratigraphic analysis of the Jurassic and Lower Cretaceous in the wider region of Ogulin, Central Croatia. – *Geol. vjesnik*, **30**, 309–337, Zagreb.
- WALKDEN, G.M. & BERRY, J.R. (1984): Syntaxial overgrowth in muddy crinoidal limestones: Cathodoluminescence sheds a new light on an old problem. – *Sedimentology*, **31**, 251–267, Oxford.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [50](#)

Autor(en)/Author(s): Grötsch Jürgen, Koch Roman, Buser Stanko

Artikel/Article: [Fazies, Gildenstruktur und Diagenese des nördlichen Randes der Dinarischen Karbonatplattform \(Barreme-Apt, W-Slowenien\) 125-153](#)