

Neuergebnisse aus dem Paläozoikum der Ost- und Südalpen			Redaktion: Hans Peter Schönlaub & Albert Daurer		
Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 135	Heft 1	S. 273-285	Wien, März 1992

Fazies und Diagenese devonischer Riffkalke des Seeberger Aufbruches (Kärnten, Österreich)

Von GERD RANTITSCH*)

Mit 6 Abbildungen und 3 Tafeln (1 Farbbeilage)

*Österreich
Karawanken
Seeberger Aufbruch
Devon
Riffkalke
Fazies
Diagenese*

*Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 212*

Inhalt

Zusammenfassung	273
Abstract	273
1. Einleitung	273
2. Beschreibung der Mikrofazies-Typen	274
3. Struktur der Organismen	275
4. Vergleich mit den Karnischen Alpen	276
5. Diagenese	276
5.1. Durchlichtbeobachtungen	276
5.2. Kathodenlumineszenz-Untersuchungen	277
5.3. Diagenesepfad	277
6. Zusammenfassung und Diskussion	278
Dank	280
Literatur	280

Zusammenfassung

Die devonischen (Ems bis Frasne) Kalke des Seeberger Aufbruches im Bereich nördlich des Gehöftes „Haller“ wurden in acht Mikrofazies-Typen gegliedert, die alle riffnahen Bildungsräumen zugeordnet werden konnten. Der Riffkern wird durch eine Stromatoporen-Renalcis-Fazies gebildet. Die Diagenese konnte zementstratigraphisch und mit Hilfe der Kathodenlumineszenz in fünf Phasen untergliedert werden.

Facies and Diagenesis of Devonian Reef Limestones from the "Seeberger Aufbruch" (Carinthia, Austria)

Abstract

Devonian limestones of the "Seeberger Aufbruch" (Karawanken) has been subdivided into eight microfacies types, all of them being related to near-reef-environments. A Stromatoporida-Renalcis-facies represents the reef-core-facies. The diagenetic succession has been subdivided in five phases by means of cementstratigraphy and the cathodoluminescence.

1. Einleitung

Die devonischen Karbonatgesteine des Seeberger Aufbruches der Ostkarawanken wurden zuletzt von TESSEN SOHN (1974a,b) stratigraphisch und faziell gegliedert (s. Abb. 1). Von diesem großräumigen Modell ausgehend wurde versucht, die Fazies der Riff-Phase (Ems bis Frasne) detaillierter zu erfassen, sowie den Diageneseablauf zu rekonstruieren.

Das Arbeitsgebiet befindet sich ca. sechs km südwestlich von Eisenkappel an der westlichen Talflanke des Vellach-Tales (s. Abb. 2).

Hier sind nach TESSEN SOHN (1974a,b) Korallenkalke und massige, strukturlose Kalke bzw. Dolomite des Ems bis Oberdevon II, die in klastischen Sedimenten der karbonen Hochwipfelschichten tektonisch eingeschuppt sind, anstehend.

*) Anschrift des Verfassers: Mag. Gerd RANTITSCH, Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

AUFARBEIT.-PHASE	U. KARBON	BREKZIEN U. KONGLOMERATE MISCHFAUNEN SCHICHTLÜCKEN	AUFARBEITUNG TROCKENFALLEN
	FAMENNE		
RIFF-PHASE	FRASNE	RIFFKALKE BECKENSSEDIMENTE	ZENTRALER RIFFGÜRTEL
	GIVET		BENACHTBARE BECKENBEREICHE
	EIFEL		
	EMS		
RIFF-VORPHASE	SIEGEN	ROTE FLASERKALKE	OXIDIERENDES MILIEU
	GEDINNE	SCHWARZE PLATTENKALKE	WEITTES, FLACHES, LEICHT EUXIN. NEBENMEER

Abb. 1.
Stratigraphie und Fazies im Devon des Seeberger Aufbruches.
Nach TESSENHORN (1974a,b).

Der Forstweg nordwestlich des Gehöftes „Haller“ (s. Abb. 6) erlaubt den besten Einblick in die verschiedenen Faziesausbildungen. Das Gelände um diesen Forstweg wurde daher als engeres Untersuchungsgebiet gewählt.

Hier zeigt sich noch deutlicher, daß die quartäre Bergzerreißung den ursprünglichen Gesteinsverband in einzelne subanstehende Blöcke zerlegt hat, sodaß deren ursprüngliche Zusammenhänge nicht mehr erkennbar sind.

Es wurde bereits im Gelände versucht, Mikrofaziestypen zu erfassen, eine genauere Unterscheidung war jedoch nur an Dünnschliffen möglich.

Die einzelnen Mikrofazies-Typen stellen hiermit eine Gruppe von Dünnschliffen mit gleichen paläontologischen, strukturellen und diagenetischen Merkmalen dar („Mikrofazieskonzept“, cf. FLÜGEL, 1982).

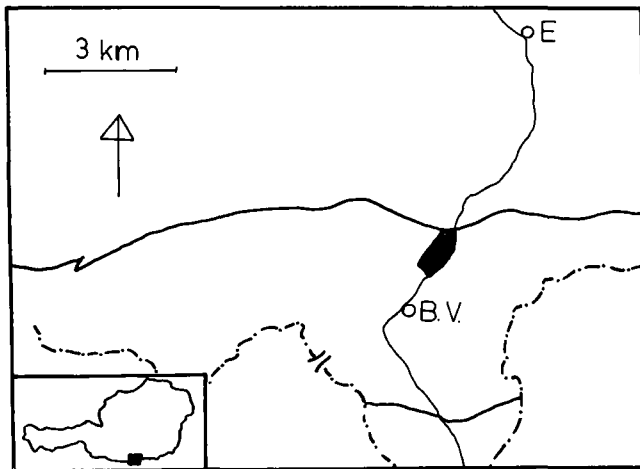


Abb. 2.
Geographische Lage des Arbeitsgebietes.
E = Eisenkappel; B.V. = Bad Vellach; der Seeberger Aufbruch ist umrahmt.

2. Beschreibung der Mikrofazies-Typen (MF-Typen)

MF-Typ 1: Mudstone-Fazies

Die Hauptmasse der bearbeiteten Gesteine bilden hellgraue, strukturlose, grob gebankte Mudstones, in denen i. A. keine Fossilien erkennbar sind.

Sie werden hier als lagunäre Bildungen oder als Gesteine des Inter-Reef-Bereiches gedeutet.

MF-Typ 2: Algen-Laminit-Fazies

Dieser MF-Typ besteht aus fossilarmen (einige Echinodermenreste, Ostracodenschalen und tabulate Korallen) und deutlich lamellierten Bafflestones. An Hohlraumgefügen treten häufig „Birdseyes“ und „stromatactis“-artigen Strukturen (ohne Internsediment) auf. An einigen Stellen sind „Teepee-Strukturen“ erkennbar.

Diese Gesteine werden als Bildungen eines lagunären, inter-bis supratidalen Back-Reef-Bereiches gedeutet.

MF-Typ 3: Pelmikrit-Rudstone-Fazies

Mudstone- bzw. Pelmikrit-Klasten schwimmen in einer sparitischen Matrix und bilden dadurch einen Rudstone. In den Klasten sind Calcisphären-, Ostracoden- und Echinodermenreste erkennbar.

Durch die Fauna und das Gefüge läßt sich dieser MF-Typ als Produkt eines lokalen Überarbeitungs- und Erosionsereignisses lagunärer Back-Reef-Sedimente interpretieren (cf. KREBS, 1974; PLAYFORD, 1980; BURCHETTE, 1981; GALLI, 1985).

MF-Typ 4: Stromatoporen-Korallen-Fazies

(Taf. 1, Fig. 1)

Dieser MF-Typ ist ein fossilreicher Floatstone. An Organismen sind nodulare Stromatoporen, dendroide Stromatoporen (*Stachyodes*- und *Amphipora*-Typus), tabulate Korallen (*Thamnopora*), rugose Korallen (*Thamnophyllum*), Stromatolithenkrusten, Echinodermenreste, Calcisphären und vereinzelt Ostracoden-, Muschel- und Brachiopodenschalen vertreten, die i.a. randlich mikritisiert sind.

Diese Organismen sind nach KREBS (1974), PLAYFORD (1980) und BURCHETTE (1981) hauptsächlich Bewohner des eigentlichen Riffkernes. Faunenelemente des Back-Reef-Bereiches stellen die dendroiden Stromatoporen des *Amphipora*-Typus und die Calcisphären dar.

Es ergeben sich somit die Merkmale eines riffnahen, mäßig turbulenten und wasseroberflächennahen Bildungsraumes, der in Zusammenhang mit dem Back-Reef-Bereich steht. Dieser kann dann als mäßig energetisch beanspruchter Teil der Riff-Ebene (Reef-Flat) interpretiert werden (cf. VIAU, 1983; GALLI, 1985). Dort entstehen im Leebereich des Riffkernes geschützte Bereiche, die den riffogenen Detritus, der durch die ständige physikalische bzw. biophysikalische Beanspruchung des Riffes gebildet wird, aufnehmen.

MF-Typ 5: Korallen-Stromatoporen-Rudstone-Fazies (Taf. 1, Fig. 2)

Rudstones mit Stromatoporen (v.a. *Actinostroma*, aber auch *Amphipora* und *Stachyodes*), rugose Korallen (*Thamnophyllum*), tabulate Korallen (v.a. *Thamnopora*) und vereinzelt Ostracoden- und Brachiopodenschalen in einer sparitischen Matrix bilden diesen MF-Typ.

Der Fauneninhalt entspricht demjenigen des MF-Typs 4, jedoch sind hier aufgrund der intensiven Zementation hochenergetische Verhältnisse anzunehmen.

Als Bildungsraum ergibt sich ein hochenergetischer Teil der Riffebene, wo wechselnde hydrodynamische Bedingungen eine Mischung von Riffkern-Organismen und Back-Reef-Organismen bewirken.

MF-Typ 6: Schill-Fazies

(Taf. 1, Fig. 3)

An einem Aufschluß (s. Abb. 6) ist ein linsenförmiges Einschneiden eines dichtgepackten Muschel- bzw. Brachiopoden-Schills (eine sichere Zuordnung wird durch

die nicht erkennbare Schalenstruktur verhindert) in einem Floatstone des MF-Typs 4 zu erkennen.

Durch den engen Zusammenhang dieses MF-Typs mit dem MF-Typ 4 ist der Schill als Ablagerung in einer Erosionsrinne innerhalb der Riffebene („spur and groove-System“, FAGERSTROM, 1987) interpretierbar (cf. FLÜGEL, 1968; KREBS, 1974).

Nach STRAUCH (1990) ist hier ein Strömungsschill anzunehmen.

MF-Typ 7: Stromatoporen-Renalcis-Framestone-Fazies (Taf. 1, Fig. 4,5,6; Taf. 2, Fig. 1,2)

Dieser MF-Typ ist als Framestone ausgebildet. Massive Stromatoporen werden von *Renalcis* (= coccoide Blau-Grün-Alge) umkrustet. *Renalcis* wächst in die Hohlräume des Stromatoporen-Gerüsts, die gleichzeitig zementiert werden, hinein.

An diesen Algen sind gekammerte („chambered“), klumpige („clotted“) und taschenförmige („saccate“) Wuchsformen (nach PRATT, 1984) mit allen Zwischenformen (z.T. in einem Cluster vorkommend) zu beobachten (s. Taf. 1, Fig. 5,6).

Die Hohlräume des Stromatoporen-Gerüsts sind durch zwei Zementgenerationen (Radial Fibröser Zement und drusiger Zement), die teilweise von einem Internsediment überlagert werden, vollständig ausgefüllt (s. Taf. 1, Fig. 4; Taf. 2, Fig. 1). Mikritbereiche zwischen *Renalcis*-Cluster können als Mikritzement angesprochen werden (MOUNTJOY & RIDING, 1981). Hohlräume innerhalb und zwischen *Renalcis*-Cluster sind mit Mikrosparit gefüllt (s. Taf. 1, Fig. 5,6).

Massige Stromatoporen und *Renalcis* sind für den Riffkern devonischer Riffe charakteristisch (TSIEN, 1979; MOUNTJOY & RIDING, 1981; PLAYFORD, 1980).

Durch die Inkrustierung von *Renalcis* um das Gerüst der massigen Stromatoporen wird ein wellen- und strömungsresistenter Framestone erzeugt.

Synsedimentäre Zementation verfestigt das biogene Gerüst zu einer rigiden Masse. Dieser MF-Typ ist eine Bildung des eigentlichen Riffkernes.

Durch diese Fazies ist für einen Teil des bearbeiteten Riffkomplexes ein Algen-Zement-Riff nachgewiesen. Ein solches Riff wird durch Algenkrusten und rasche synsedimentäre Zementation gebildet (FLÜGEL et al., 1984b). Dieser Riffotypus wurde aus dem Perm von Slowenien (FLÜGEL et al., 1984a) und aus Trias-Gesteinen Spaniens (FLÜGEL et al., 1984b) beschrieben.

MF-Typ 8: Detritische Rudstone-Fazies

(Taf. 2, Fig. 3)

Dieser MF-Typ erscheint als Rudstone. Stromatoporen, tabulate und rugose Korallen, Echinodermen, Brachiopoden, Ostracoden und vereinzelt *Girvanella* als Organismen und Aggregatkörner, Onkoide und Intraklasten als Allocheme, schwimmen in einer sparitischen Matrix.

Der Unterschied zum MF-Typ 5 ergibt sich durch den größeren Anteil sparitisch zementierter Hohlräume und das vermehrte Auftreten von Aggregatkörnern, Onkoiden und Intraklasten.

Die typische Fauna riffnaher Bereiche und die intensive Zementation lassen auf einen höheren, hochenergetischen Fore-Reef-Bereich schließen.

3. Struktur der Organismen

In Anlehnung an die Darstellung der strukturellen Zusammenhänge („Gildenkonzept“) von Rifforganismen in

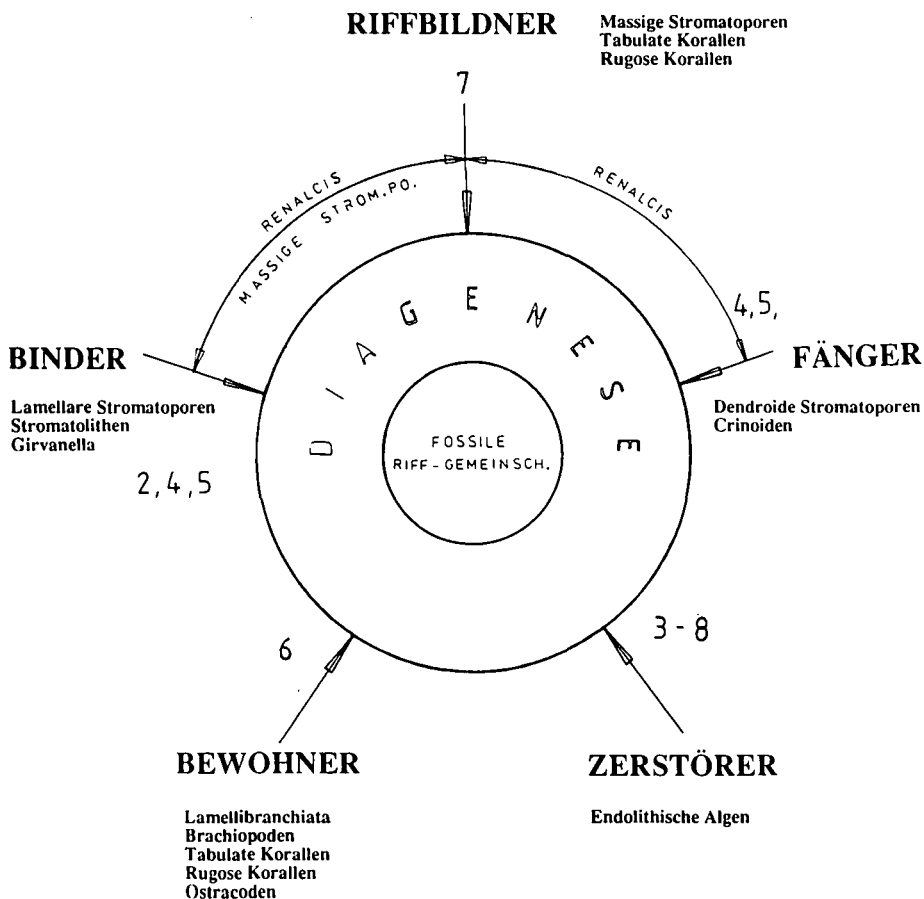


Abb. 3.
Gildenstruktur der Rifforganismen in den bearbeiteten Gesteinen.
Nach FAGERSTROM (1987, 1988).
Die Ziffern bezeichnen die für die Gilde charakteristischen Mikrofazies-Typen.

FAGERSTROM (1987, 1988) läßt sich auch für die bearbeiteten Gesteine eine solche konstruieren (Abb. 3).

Die Funktion der riffbildenden Organismen („Constructor“) übernehmen hier vorwiegend massive Stromatoporen zusammen mit *Renalcis*. Untergeordnet gehören rugose und tabulate Korallen in diese Gilde.

Die Gilde der Binder („Binder“) ist durch *Renalcis*, lamellare Stromatoporen, Stromatolithen und vereinzelt *Girvanella* vertreten.

Die überlappende Funktion von *Renalcis* ist auch in der Sedimentfänger-Gilde („Baffler“) erkennbar, wo feinkörniger Mikrit zwischen den *Renalcis*-Aggregaten stabilisiert wird. Weiters gehören dendroide Stromatoporen (*Amphipora* und *Stachyodes*) in diese Gilde. Eine große Rolle spielen hier auch Crinoiden, deren Reste in allen MF-Typen zu finden sind.

In die Gilde der Zerstörer („Destroyer“) gehören endolithische Algen und andere Mikroorganismen.

Die Rolle der Riffbewohner („Dweller“) nehmen Muscheln, Brachiopoden, rugose und tabulate Korallen ein.

Das rigide organische Gerüst wird durch die ausgeprägte frühdiagenetische submarine Zementation verstärkt.

4. Vergleich mit den Karnischen Alpen

Die hier beschriebenen Mikrofazies-Typen (MF-Typen) können mit der Fazies zeitgleicher Riffe der Karnischen Alpen verglichen werden. Diesbezügliche Beschreibungen liegen von AUERBAUER (1971), BANDEL (1969, 1972), SCHÖNLAUB & FLAJS (1975), GALLI (1985) und KREUTZER (1990) vor.

Folgende Parallelitäten ergeben sich:

MF-Typ 2

Algen-Laminite sind häufige und weitverbreitete Bildungen devonischer Riffkomplexe. Vergleichbare Gesteine findet man z.B. in KREUTZER (1990) mit „Pelsparit-Loferiten“, die ähnlich wie im MF-Typ 2 ausgebildet sind und als tidale Ablagerungen gedeutet werden.

Dort sind auch „mikritische Loferite“ als Algenbildung in niedrigerenergetischen Back-Reef-Bereichen beschrieben, die ebenfalls im MF-Typ 2 auftreten.

MF-Typ 3

GALLI (1985) beschreibt eine „interclastic facies“ die aus angularen, fossilarmen, mikritischen bis dolomikritischen Intraklasten in einer mikritischen und dolosparitischen Matrix besteht. Diese Fazies wird durch lokale Überarbeitung und Erosion von Lagunensedimenten erklärt.

MF-Typ 4

Dieser MF-Typ ist mit der „detrital *Thamnopora* facies“ von GALLI (1985) vergleichbar. Verschiedene Biogenteile (*Thamnopora*, *Amphipora*, Crinoiden, Calcisphären und Brachiopoden) in einer biopelsparitischen Matrix lassen sich hier als riffnahe Back-Reef-Bildung interpretieren.

MF-Typ 5

Die „Rindenkorn-Grainstone-Fazies“ von KREUTZER (1990) ist sowohl mit dem MF-Typ 4 als auch mit dem MF-Typ 5 zu parallelisieren. Sie besteht aus sparitisch gebundenen Rindenkörnern, Peloiden, Biogenteilen

und seltenen Ooiden. Der Bildungsraum wird als hochenergetischer Back-Reef-Bereich interpretiert.

GALLI (1985) beschreibt eine „detrital crinoidal stromatopoid facies“ als Bildung einer hochenergetischen Riffebene, die aus Bioklasten in einer biopelsparitischen Matrix besteht.

MF-Typ 7

Vergleichsmöglichkeiten für diese Riffkernfazies gibt es mit Framestones die von KREUTZER (1990) beschrieben wurden. Dort tritt *Renalcis turbitus* WRAY 1967 gesteinsbildend oder als stromatolithische Inkrustierung um Stromatoporen auf. Ausgeprägte sparitisch zementierte Hohlräume wie im MF-Typ 7 fehlen dort.

MF-Typ 8

Die „Riffschuttbreccie“ in KREUTZER (1990) ist mit der hier beschriebenen direkt vergleichbar, sie zeigt jedoch nicht die im MF-Typ 8 beobachtete ausgeprägte Zementation der Komponenten.

AUFERBAUER (1971) beschreibt am Oisternig als miteldevonische Riff-Flankenbildung einen „Klastkalk“ mit verschiedenen Bioklasten in einer Matrix aus sparitisch zementierten Crinoiden.

Diese Vergleiche zeigen die erwarteten Parallelitäten zu den Riffkalken der Karnischen Alpen.

5. Diagenese

Die Untersuchung der diagenetischen Merkmale erfolgte im Durchlicht und mit Hilfe der Kathodenlumineszenz (KL).

5.1. Durchlichtbeobachtungen

Mikritisierung

Eine Mikritisierung der Biogene und Allocheme durch bohrende Mikroorganismen ist in allen MF-Typen nachzuweisen. Besonders ausgeprägt ist sie im MF-Typ 5 und 8.

Mikritzement und mikrokristalliner Zement

Mikritzement und mikrokristalliner Zement bilden im MF-Typ 7 die Matrix, die einzelne *Renalcis*-Aggregate verbinden (s. Taf. 1, Fig. 5,6; Taf. 2, Fig. 2).

Aus dem Nebeneinandervorkommen von Mikritzement und mikrokristallinem Zement mit den *Renalcis*-Aggregaten ist erkennbar, daß die Zementation gleichzeitig mit dem Wachstum der Kalkalgen erfolgte.

Radialfibröser Zement

(RFZ, s. Taf. 1, Fig. 4; Taf. 2, Fig. 4,5,6)

Dieser Zement charakterisiert den MF-Typ 7, in den MF-Typen 3, 5 und 8 tritt er untergeordnet auf. Es lassen sich alle charakteristischen Merkmale dieses Zementes beobachten (BATHURST, 1959; KENDALL & TUKKER, 1973).

Die isopachen Krusten (bis zu 3 cm mächtig) des RFZ werden i.a. von drusigem oder granularem Zement überlagert. In einigen Fällen ist er von einem Internsediment überlagert. Wo kein Mikritzement oder mikrokristalliner Zement auftritt, stellt er immer die erste Zementgeneration dar.

Er wird meist als syndementäre, marin phreatische Fällung beschrieben (KREBS, 1969; KENDALL & TUCKER, 1973; SCHNEIDER, 1977; BURCHETTE, 1981; KENDALL, 1985; WALLS & BURROWES, 1985; KERANS, HURLEY & PLAYFORD, 1986; HURLEY & LOHMANN, 1989).

Syntaxialer Rindenzement

Dieser Zement entwickelt sich in allen MF-Typen.

Hundezahn-Zement

Hundezahn-Zement (Dog-Tooth Cement, Dentate Cement, Scalenohedric Calcite Cement) tritt sehr selten auf. Er besteht aus kleinen, klaren, ca. 1 mm langen Kristallen mit steilen, spitzen Enden. Innerhalb von Hohlräumen bildet er den Randzement und ist in einigen Fällen von drusigem Zement oder Internsediment überlagert.

Drusiger und granularer Zement

Sie treten in allen MF-Typen als einzige oder als zweite Zementgeneration auf.

Internsediment

(s. Taf. 2, Fig. 4,5,6)

Internsedimente kommen im Zentralbereich größerer Hohlräume, meist über RFZ vor. Die zentrale Position innerhalb von Zementbereichen unterscheidet dieses Sediment deutlich von den geoptalen Internsedimenten in den Hohlräumen von Biogenen.

Durch das Vorkommen überarbeiteter, abgebrochener Zementkristalle der vorherigen Zementgenerationen im Internsediment ist die zeitlich der Zementation nachfolgende Überarbeitung und Ablagerung ersichtlich.

Die Lamination des Internsedimentes belegt seine mechanische Ablagerung. In Hohlräumen, die in erster Generation von RFZ und in zweiter Generation von drusigem bzw. granularem Zement erfüllt sind, läßt sich eine Überarbeitung beider Generationen feststellen.

Diese Merkmale erlauben eine Interpretation des Internsedimentes als vadoser Silt sensu DUNHAM (1969).

5.2. Kathodenlumineszenz-Untersuchungen

(Taf. 3)

Die Untersuchungen erfolgten mit einem Luminoscop der Nuclide Corp. (ELM-2B) mit einer „cold electron gun“ bei einer Anregungsspannung von 10 kV und 0,6 mA.

Der granulare bzw. drusige Zement und der syntaxiale Rindenzement lumineszieren schwach bis überhaupt nicht (s. Taf. 3, Fig. 1), der Mikritzement und der mikrokristalline Zement zeigt dunkle, rötlich-orange Lumineszenzfarben.

Der RFZ zeigt in Schnittlagen parallel zu seiner c-Achse eine deutliche Wachstumszonierung. Die einzelnen Wachstumsstadien zeichnen die aciculäre Ausgangsform (BATHURST, 1959) dieser Kristalle deutlich nach (Taf. 3, Fig. 1,2).

Die Zementkristalle zeigen deutliche Überarbeitungserscheinungen. Abgebrochene Kalzitkristalle, die das Lumineszenzverhalten des RFZ zeigen, belegen eine mechanische Überarbeitung, die dann durch neomorphe Umwandlung für Durchlichtbeobachtungen unkenntlich gemacht werden (Taf. 3, Fig. 2,3).

Der vadose Silt, der im Durchlicht mehr oder weniger homogen mit einigen größeren Kristallen erscheint, ist mit Hilfe der KL als Gemenge kleiner und kleinster Kalzitkristalle (Größe im μm -Bereich) mit einigen Bruchstücken des RFZ charakterisierbar (s. Taf. 3).

5.3. Diageneseppfad

Aus einer „Zementstratigraphie“ (MEYERS, 1974) der diagenetischen Merkmale ist die folgende Reihenfolge der Ereignisse ersichtlich:

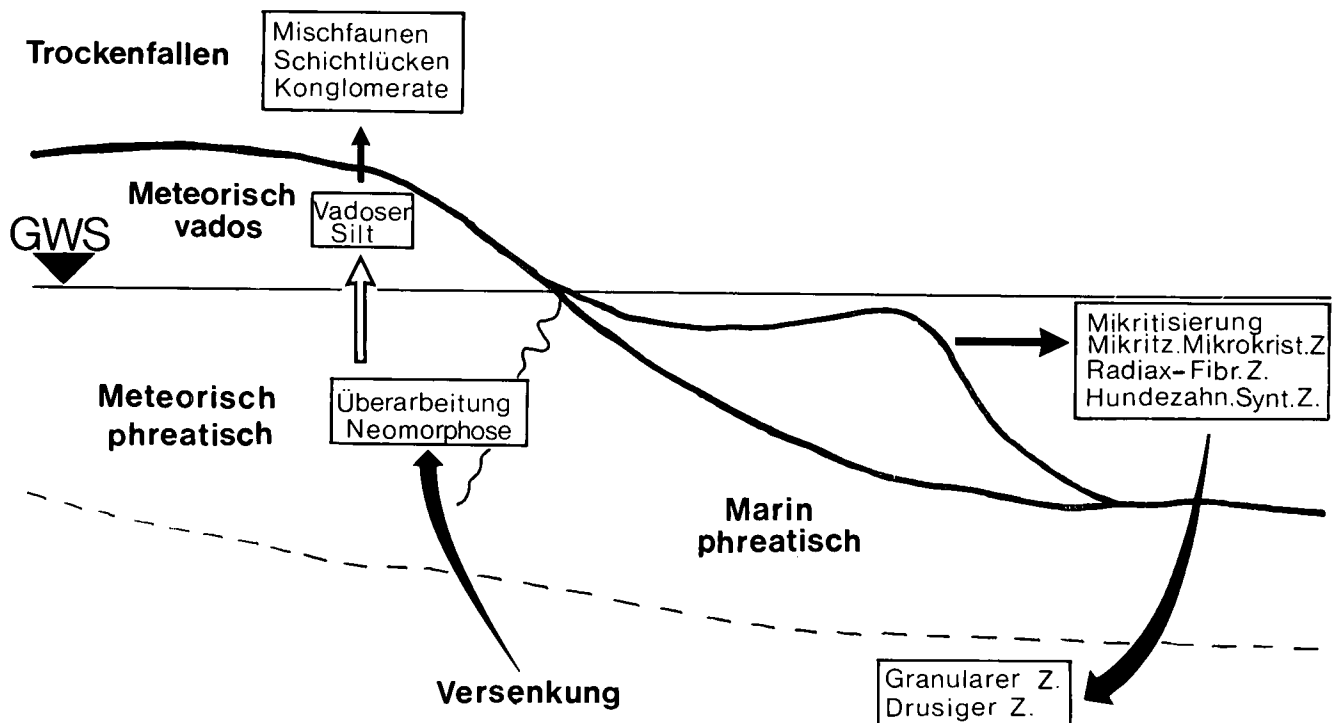


Abb. 4. Diageneseppfad der bearbeiteten Gesteine.

- 1) Mikritisierung.
- 2) Zementation des Mikritzementes und des mikrokristallinen Zementes (nur im MF-Typ 7).
- 3) Zementation des RFZ, Hundezahnzementes und syntaxialen Rindenzementes.
- 4) Zementation des granularen und des drusigen Zementes.
- 5) Überarbeitung.
- 6) Neomorphose.
- 7) Bildung des vadosen Silts.
- 8) Drucklösung und Kompaktion.

Daraus läßt sich folgender „Diagenesepfad“ rekonstruieren (s. Abb. 4):

- 1) Eogenetische (CHOQUETTE & PRAY, 1970), marin-phreatische Diagenese.
Mikritisierung, Zementation des Mikritzementes, mikrokristallinen Zementes, RFZ, Hundezahnzementes und syntaxialen Rindenzementes.
- 2) Flache Versenkungsdiagenese.
Granularer und drusiger Zement.
- 3) Meteorisch-Phreatische Diagenese.
Überarbeitung und darauf folgende Sammelkristallisation (nur mit Hilfe der KL nachweisbar).
- 4) Meteorisch-Vadose Diagenese.
Bildung des vadosen Silts.
- 5) Versenkungsdiagenese.
Drucklösung und Kompaktion.

An der Frasn/Famenne-Grenze bricht die Karbonatsedimentation ab (s. Abb. 1). Aufarbeitungserscheinungen wie Conodonten-Mischfaunen, Schichtlücken und Aufarbeitungskonglomerate sind die Folge einer Heraushebungsphase (TESSENSOHN, 1974a).

Daneben sind im höheren Oberdevon und tiefen Unterkarbon auch Bereiche mit einer kontinuierlichen Karbonatsedimentation gegeben (SCHÖNLAUB, 1971; TESSENSOHN, 1974a).

Die hier erkannte Phase einer meteorischen Diagenese läßt sich nicht direkt in das Schema von TESSENSOHN (1974a,b, Abb. 1) einordnen. Es wird bei Annahme der Vorstellungen von TESSENSOHN diese Phase dem oberdevonischen bis unterkarbonen Aufarbeitungsereignis (als „interregional paleokarst“ sensu CHOQUETTE & PRAY, 1988) zugeordnet.

Andererseits könnte es sich auch um ein lokales Ereignis („local paleokarst“), das durch tektonische Vorgänge oder durch geringfügige Meeresspiegelschwankungen bewirkt wird (CHOQUETTE & PRAY, 1988), handeln. Hier werden nur Teile eines Karbonatschelfes herausgehoben.

In den Karnischen Alpen ist eine Heraushebungsphase mit weitverbreiteten Karsterscheinungen an der Tournais/Vise-Grenze des Unterkarbons nachgewiesen (SCHÖNLAUB et al., 1991).

Dabei sind ähnliche diagenetische Merkmale zu beobachten, die mit den hier beschriebenen direkt vergleichbar sind.

6. Zusammenfassung und Diskussion

①

Für die bearbeiteten Karbonatgesteine ergibt sich eine fazielle Gliederung in acht Mikrofazies-Typen, die durchwegs riffnahen Bildungsräumen zugeordnet werden (Abb. 5).

Die beschriebenen MF-Typen zeigen einige Paralleltäten zur Fazies zeitgleicher Gesteine der Karnischen Alpen (cf. AUERBAUER, 1971; BANDEL, 1969, 1972; SCHÖNLAUB & FLAJS, 1975; GALLI, 1985; KREUTZER, 1990). Sie können in das Standard-Mikrofazies-Typ-(SMF-Typ)-Modell von WILSON (1975) eingeordnet werden:

Dabei ist der Faziesbereich 5 (buildup, platform margin) und der Faziesbereich 4 (foreslope) vertreten.

Innerhalb des Faziesbereiches 5 kann mit dem MF-Typ 7 der SMF-Typ 7 (organic reef) und mit dem MF-Typ 6 der SMF-Typ 12 (bioclastic packstone) nachgewiesen werden.

Im Faziesbereich 4 kann mit dem MF-Typ 8 der SMF-Typ 6 (fore-reef-slope) und mit dem MF-Typ 4 und 5 der SMF-Typ 5 (reef-flank) erkannt werden.

②

Als Teil des Riffkernes konnte eine Algen-Zement-Assoziation erkannt werden. Kalkalgen vom *Renalcis*-Typ bilden mit massigen Stromatoporen ein wellenresistentes Gerüst, das durch synsedimentäre Zementation stabilisiert wird.

③

Mit Hilfe zementstratigraphischer Methoden und der Kathodenlumineszenz konnte ein fünfstufiger Diagenesepfad rekonstruiert werden, der von einer eogenetischen marin-phreatischen Diagenese über eine meteorisch-vadose Diagenese bis zu einer Versenkungsdiagenese verläuft.

*

Die bearbeiteten Gesteine gehören durchwegs zur Riffphase (nach TESSENSOHN, 1974a). Durch die variszische und alpidische tektonische Überprägung und die quartäre Bergzerreißung ist im Arbeitsgebiet eine ökologische Abfolge („ecological succession“) sensu ODUM (1969) nicht mehr rekonstruierbar. Das generelle Bild eines Klimaxstadiums der Riffentwicklung (COPPER, 1988) ist aufgrund der Ausbildung und der hierarchischen Struktur der Rifforganismen, der voll ausgebildeten dreidimensionalen Riffarchitektur, der internen Faziesdifferenzierung, der geringen terrigenen Beeinflussung (Karbonatgehalte von 95 bis 100 %) und der hochenergetischen Bildungsbedingungen erkenntlich.

Die Aufschlußverhältnisse verhindern eine genaue Rekonstruktion des Ablagerungsraumes, da die Zusammenhänge zwischen den einzelnen MF-Typen sowie laterale und vertikale Übergänge nicht beobachtet werden können.

Da die unterschiedenen Faziesbereiche im Kartenbild auf engstem Raum nebeneinander vorkommen (s. Abb. 6), kann man auf ein relativ kleinräumiges Riffsystem schließen.

TESSENSOHN (1974a) kommt in seiner Interpretation zu dem Bild eines „zentralen Riffgürtels“ mit angrenzenden Beckenbereichen. Große Bereiche dieses Riffgürtels nehmen strukturlose Kalke ein. Im Arbeitsgebiet sind ebenfalls große Teile der bearbeiteten Gesteine als strukturlose Mudstones (MF-Typ 1) ausgebildet. Für diese Gesteine bietet sich die Interpretation einer Inter-Reef-Fazies (Bereiche zwischen den eigentlichen Riffsystemen) an.

MF - TYP 1 2 3 4 5 6 7 8

INTERPRETATION	INTERREEF- od. LAGUNE	INTER-SUPRA- TIDALER BACK-REEF-BER.	ÜBERARBEITUNG IM BACK-REEF-BER.	RIFFEBENE NIEDRIG- ENERGETISCH	RIFFEBENE HOCH- ENERGETISCH	EROSIONS- RINNE	RIFFKERN	HÖHERER FORE-REEF-BER.
FAZIES	MUDSTONE	ALGEN-LAMINIT	PELMIKRIT RUDSTONE	STROMATOPOREN- KORALLEN- FLOATSTONE	KORALLEN- STROMATOPOREN- RUDSTONE	SCHILL	STROMATOPOREN- RENALCIS- FRAMESTONE	DETRITISCHE RUDSTONE FAZIES
KLASSIFIKATION	MUDSTONE	BINDSTONE	RUDSTONE	FLOATSTONE	RUDSTONE	PACKSTONE	FRAMESTONE	RUDSTONE
GRUNDMASSE	MIKRIT	MIKRIT,SPARIT	SPARIT	PELSPARIT	PELSPARIT	MIKRIT,SPARIT	SPARIT	SPARIT
BIOGENE	BIODETRITUS	ECH,OSTR	CALC,OSTR,ECH	STROPO,TAB,RUG STROLLECH	STROPO,RUG,TAB ECH,OSTR	LAM bzw. BRAPO	RENALCIS STROPO,ECH	STROPO,RUG,TAB ECH,OSTR
ALLOCHEME		PELLE,EXTRA,INTRA RK	INTRA,EXTRA	PEL	PEL,AK,INTRA			PEL,AK,ONK,INTRA
ZEMENTE		GRAN	RFZ	SRZ,GRAN	SRZ,RFZ,DRUS	DRUS	MIZ,MZ,RFZ,DRUS	SRZ,RFZ,DRUS

BIOGENE

- ECH Echinodermatenreste
- OSTR Ostracoden
- CALC Calcisphären
- STROPO Stromatoporen
- TAB Tabulate Korallen
- RUG Rugose Korallen
- STROLI Stromatolithen
- LAM Lamellibranchiata
- BRAPO Brachiopoden

ALLOCHEME

- PELL Pellets
- EXTRA Extraktasten
- INTRA Intraktasten
- RK Rindenkörner
- AK Aggregatkörner
- ONK Onkoide

ZEMENTE

- GRAN Granularer Zement
- DRUS Drusiger Zement
- RFZ Radial axial Fibröser Zement
- SRZ Syntaxialer Rindenzement
- MIZ Mikritzement
- MZ Mikrokristalliner Zement

Abb. 5.
Zusammenfassung der Mikrofazies-Typen mit ihren wichtigsten diagnostischen Merkmalen.

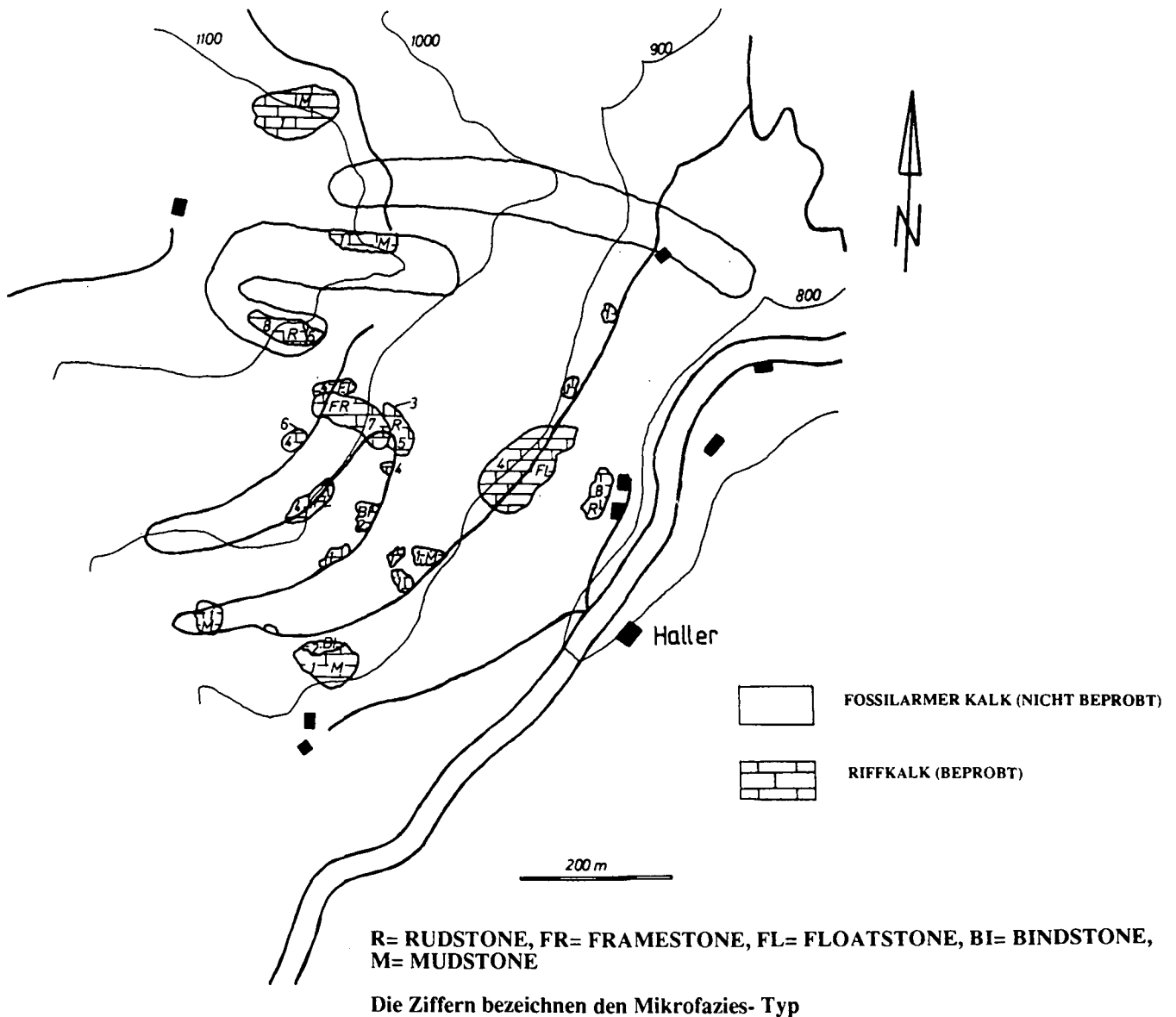


Abb. 6.

Faziesverteilung im Arbeitsgebiet.

Die devonischen Karbonatgesteine sind in den karbonen Hochwipfelschichten tektonisch eingeschuppt und entlang des Forstweges nordwestlich des Gehöftes „Haller“ durch quartäre Bergzerreißung in einzelne Blöcke zerlegt.

Somit läßt sich die „zentrale Riffzone“ (TESSENSOHN, 1974a) in mehrere individuelle Riffkörper, die möglicherweise als Atolle ausgebildet sind, auflösen.

Diese Bild würde auch mit dem Faziesmodell von KREUTZER (1990) übereinstimmen, der für die devonischen Riffe der zentralen Karnischen Alpen ein Barrier-Riff-Modell beschreibt.

Dabei trennen einzelne Riffkörper, die in Ost-West-Richtung angeordnet sind, eine nördliche pelagische Entwicklung (Rauchkofelfazies) von einer südlichen Back-Reef-Entwicklung.

Dank

Die vorliegende Arbeit stellt die Ergebnisse einer Diplomarbeit an der Universität Graz vor (RANTITSCH, 1990). Für die Betreuung dieser Arbeit möchte ich Herrn Univ. Prof. Dr. A. FENNINGER meinen herzlichen Dank aussprechen.

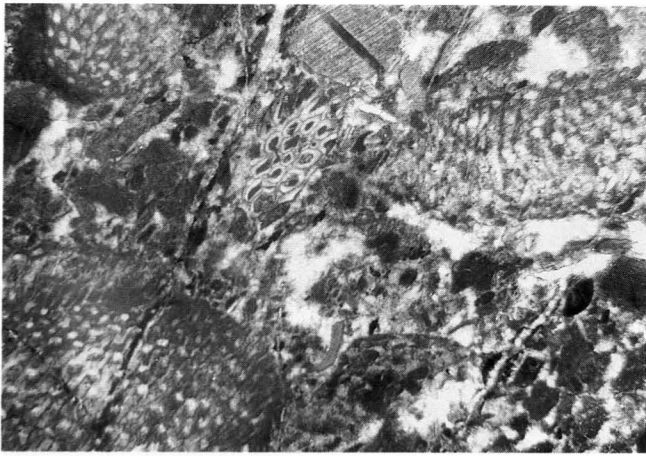
Literatur

- AUFERBAUER, H.: 1. Fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Devon des Osternig (Karnische Alpen). 2. Zur Kenntnis der Silur-Devon-Folge von Pessendellach (Kärnten). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 152 S., Graz 1971.
- BANDEL, K.: Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See: zentrale Karnische Alpen). – Jb. Geol. B.-A., **112**, 197–234, 1 Abb., 1 Tab., 8 Taf., Wien 1969.
- BANDEL, K.: Palökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der Zentralen Karnischen Alpen. – Palaeontographica (A), **141**, 1–117, 82 Abb., 10 Taf., Stuttgart 1972.
- BATHURST, G.C.: The cavernous structure of some Mississippian Stromatactis reefs in Lancashire, England. – J. Geol., **67**, 506–521, 2 Abb., 2 Taf., Chicago 1959.
- BURCHETTE, T.P.: European Devonian reefs: A review of current concepts and models. – In: TOOMEY, D.F. (Ed.): European fossil reef models. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Publ., **30**, 85–142, Tulsa 1981.

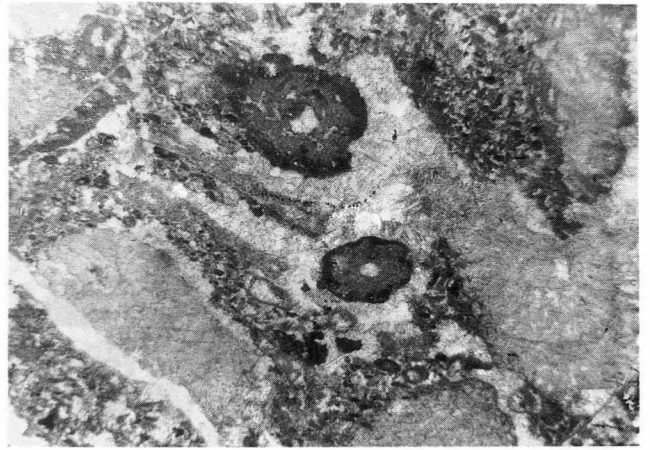
- CHOQUETTE, P.W. & JAMES, N.P.: Introduction. – In: JAMES, N.P. & CHOQUETTE, P.W. (Eds.): Paleokarst. – 1–21, 7 Abb., New York – Tokyo (Springer Verlag) 1988.
- CHOQUETTE, P.W. & PRAY, L.G.: Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **54**, 207–250, 13 Abb., 3 Taf., Tulsa 1970.
- COPPER, P.: Ecological succession in phanerozoic reef environments: is it real? – *Palaios*, **3**, 136–152, 4 Abb., 3 Taf., Tulsa 1988.
- DUNHAM, R.J.: Early vadose silt in Townsend mound (reef), New Mexico. – In: FRIEDMANN, G.M. (Ed.): Depositional environment in carbonate rocks. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Public., **14**, 139–181, 22 Abb., Tulsa 1969.
- FAGERSTROM, J.A.: The evolution of reef communities. – 600 S., 51 Taf., New York – Chichester – Brisbane – Toronto – Singapore (John Wiley & Sons) 1987.
- FAGERSTROM, J. A.: A structural model for reef communities. – *Palaios*, **3**, 228–232, 2 Abb., Tulsa 1988.
- FLÜGEL, E.: Bericht über fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Perm der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, **158**, 38–65, 1 Abb., 5 Tab., Klagenfurt 1968.
- FLÜGEL, E.: Microfacies analysis of limestones. – 633 S., 78 Abb., 58 Tab., 53 Taf., Berlin – Heidelberg – New York (Springer Verlag) 1982.
- FLÜGEL, E., KOCHANSKY-DEVIDE, V. & RAMOVŠ, A.: A Middle Permian calcisponge/algal/cement Reef: Straza near Bled, Slovenia. – *Facies*, **10**, 179–256, 7 Abb., 19 Taf., Erlangen 1984a.
- FLÜGEL, E., FLÜGEL-KAHLER, E., MARTIN, J.M. & MARTIN-ALGARRA, J.: Middle Triassic Reefs from Southern Spain. – *Facies*, **11**, 173–218, 7 Abb., 2 Tab., 10 Taf., Erlangen 1984b.
- GALLI, G.: Depositional environment in the devonian limestone succession of the Cima Ombladet (Carnic Alps, Italy). – *Facies*, **12**, 97–112, 5 Abb., 2 Taf., Erlangen 1985.
- HURLEY, N.F. & LOHMANN, K.C.: Diagenesis of devonian reefal carbonates in the Oscar Range, Canning Basin, Western Australia. – *J. Sed. Petrol.*, **59**, 127–146, 19 Abb., 2 Taf., Tulsa 1989.
- KENDALL, A.C.: Radial Fibrous Calcite: A reappraisal. – In: SCHNEIDERMAN, N. & HARRIS, P.M. (Eds.): Carbonate cements. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Public., **36**, 59–77, 14 Abb., Tulsa 1985.
- KENDALL, A.C. & TUCKER, M.E.: Radial Fibrous Calcite: A replacement after accicular carbonate. – *Sedimentology*, **20**, 365–389, 9 Abb., Amsterdam 1973.
- KERANS, C., HURLEY, N.F. & PLAYFORD, P.E.: Marine diagenesis in devonian reef complexes of the Canning Basin, Western Australia. – In: SCHROEDER, J.H. & PURSER, B.H. (Eds.): Reef diagenesis. – 357–380, 13 Abb., Berlin-Heidelberg (Springer Verlag) 1986.
- KREBS, W.: Early void filling cementation in devonian fore-reef limestones (Germany). – *Sedimentology*, **12**, 279–299, 8 Abb., 1 Taf., Amsterdam 1969.
- KREBS, W.: Devonian carbonate complexes of Central Europe. – In: LAPORTE, L.F. (Ed.): Reefs in time and space. Selected examples from the recent and ancient. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Public., **18**, 155–209, 25 Abb., 10 Taf., Tulsa 1974.
- KREUTZER, L.H.: Mikrofazies, Stratigraphie und Paläogeographie des Zentralkarnischen Hauptkammes zwischen Seewarte und Cellon. – *Jb. Geol. B.-A.*, **133**, 275–343, 35 Abb., 3 Tab., 9 Taf., Wien 1990.
- MEYERS, W.J.: Carbonate cement stratigraphy of the Lake Valley formation (Mississippian), Sacramento Mountains, New Mexico. – *J. Sed. Petrol.*, **44**, 837–861, 19 Abb., Tulsa 1974.
- MOUNTJOY, E.W. & RIDING, R.: Foreslope Stromatopoid-Renalid bioherm with evidence of early cementation, devonian Ancient Wall reef complex, Rocky Mountains. – *Sedimentology*, **28**, 299–319, 15 Abb., 1 Taf., Amsterdam 1981.
- ODUM, E.P.: The strategy of ecosystem development. – *Science*, **164**, 262–270, Washington 1969.
- PLAYFORD, P.E.: Devonian „Great Barrier Reef“ of Canning Basin, Western Australia. – Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **64**, 814–840, 27 Abb., Tulsa 1980.
- PRATT, B.R.: Epiphyton and *Renalcis* – Diagenetic microfossils from calcification of coccoïd blue-green algae. – *J. Sed. Petrol.*, **54**, 948–971, 14 Abb., 2 Taf., Tulsa 1984.
- RANTITSCH, G.: Fazies und Diagenese devonischer Riffkalke des Seeburger Aufbruches (Kärnten, Österreich). – Unveröff. Dipl. Arbeit Univ. Graz, 120 S., 37 Abb., 5 Beil., 34 Taf., Graz 1990.
- SCHNEIDER, W.: Diagenese devonischer Karbonatkomplexe Mitteleuropas. – *Geol. Jb. (D)*, **21**, 3–107, 11 Abb., 7 Tab., 8 Taf., Hannover 1977.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Stratigraphische und lithologische Untersuchungen im Devon der Karawanken (Jugoslawischer Anteil). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **138**, 157–168, 3 Abb., 1 Tab., 1 Beil., Stuttgart 1971.
- SCHÖNLAUB, H.P. & FLAJS, G.: Die Schichtfolge der Nordwand der Hohen Warte (Mt. Coglians) in den Karnischen Alpen (Österreich). – *Carinthia II*, **165**, 83–96, 7 Abb., Klagenfurt 1975.
- SCHÖNLAUB, H.P., KLEIN, P., MORDECKAI, M., RANTITSCH, G. & SCHARBERT, S.: Lower Carboniferous paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). – *Facies*, **25**, 91–118, 7 Abb., 4 Tab., 9 Taf., Erlangen 1991.
- STRAUCH, F.: Zur Gliederung einiger känozoischer Schill-Typen. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **181**, 417–430, 1 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1990.
- TESSENSOHN, F.: Zur Fazies paläozoischer Kalke in den Karawanken (Karawankenkalke II). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1974**, 89–130, 6 Abb., 3 Phototaf., 1 Taf., Wien 1974a.
- TESSENSOHN, F.: Schichtlücken und Mischfaunen in paläozoischen Kalken der Karawanken. – *Carinthia II*, **164**, 137–160, 7 Abb., 5 Tab., 1 Karte, Klagenfurt 1974b.
- TSIEN, H.H.: Paläoecology of algal-bearing facies in the Devonian (Couvinian to Frasnian) reef complexes of Belgium. – *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **27**, 103–127, 33 Abb., 1 Taf., Amsterdam 1979.
- VIAU, Ch.: Depositional sequences, facies and evolution of the Upper Devonian Swan Hills reef buildup, Central Alberta, Canada. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Core Workshop No. 4, 112–143, 12 Abb., Dallas 1983.
- WALLS, R.A. & BURROWES, G.: The role of cementation in the diagenetic history of devonian reefs, Western Canada. – In: SCHNEIDERMAN, N. & HARRIS, P.M. (Eds.): Carbonate cements. – Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Public., **36**, 185–220, 23 Abb., 3 Tab., Tulsa 1985.
- WILSON, J.L.: Carbonat facies in the geological history. – 471 S., Berlin – Heidelberg – New York (Springer Verlag) 1975.

Tafel 1

- Fig. 1: **MF-Typ 4.**
Tabulate Korallen und Echinodermenreste in einer pelsparitischen Matrix.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 2: **MF-Typ 5.**
Dendroide Stromatoporen in sparitischer bis pelsparitischer Matrix.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 3: **MF-Typ 6.**
Schill mit orientierungslosen Geopetalgefügen in mikritischer Matrix.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 4: **MF-Typ 7.**
Renalcis-Krusten um Stromatoporen; die Hohlräume sind mit Radaxial fibrösem und drusigem Zement gefüllt; beide Zementgenerationen werden von einem Internsediment überlagert.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 5: **MF-Typ 7.**
Renalcis-Cluster vollständig von Radaxial fibrösem Zement umgeben.
Bildlänge = 6 mm.
- Fig. 6: **Detail aus Fig. 5.**
Renalcis mit gekammerten und klumpigen Wuchsformen (nach PRATT, 1984).
Bildlänge = 1 mm.



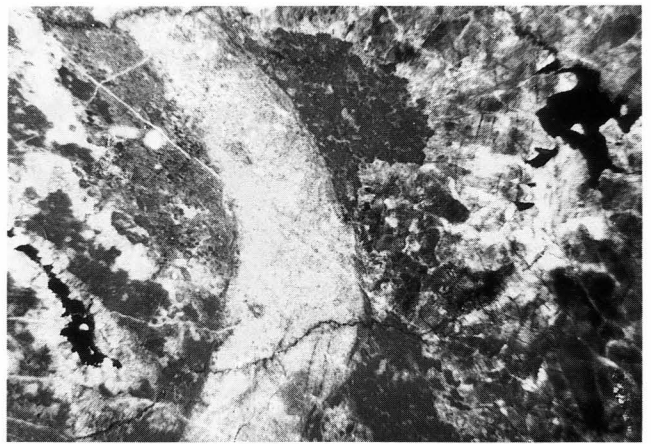
1



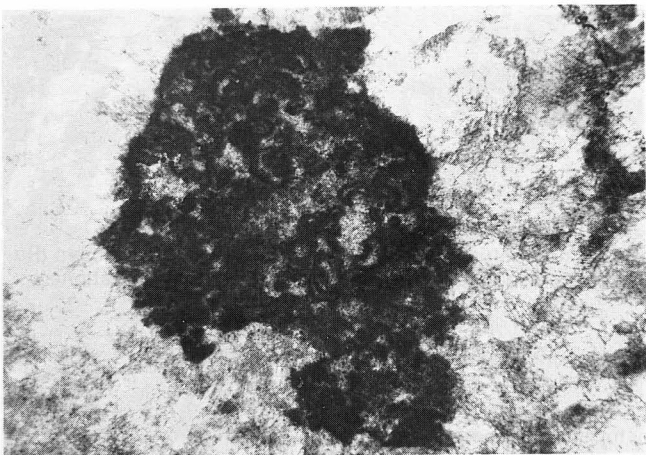
2



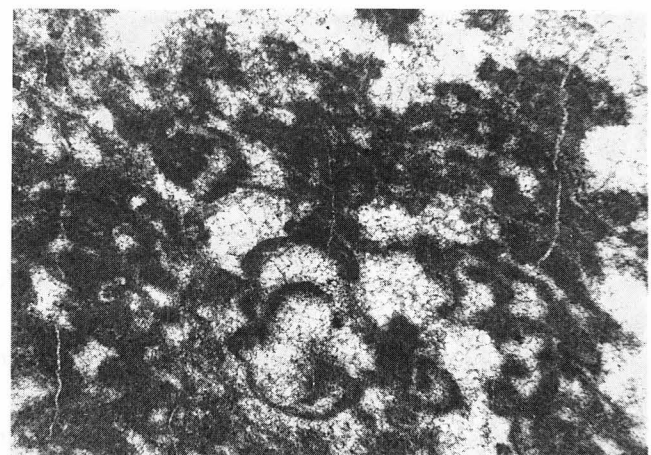
3



4



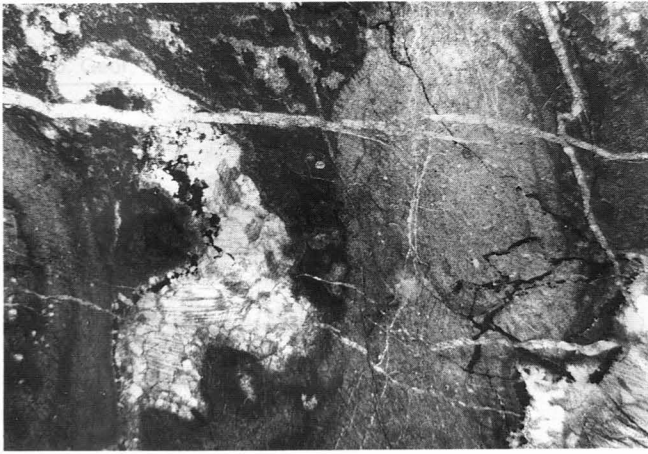
5



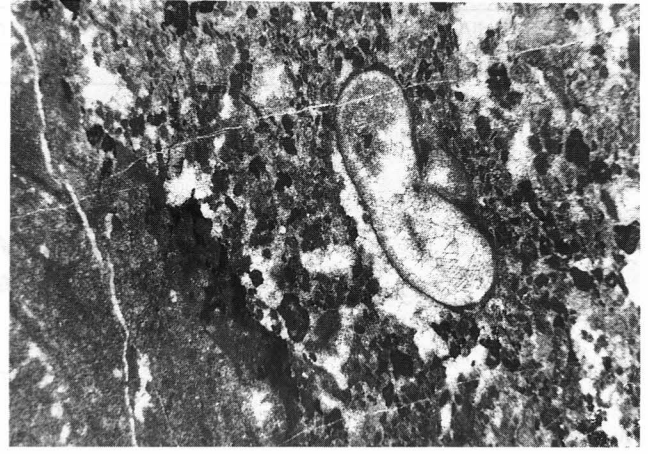
6

Tafel 2

- Fig. 1: **MF-Typ 7**
Stromatoporen-*Renalcis*-Framestone. Die Hohlräume innerhalb des Gerüsts sind durch zwei Zementgenerationen (Radial axial fibröser Zement und drusiger Zement) verfüllt. Ein Internsediment überlagert beide Zementgenerationen.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 2: **MF-Typ 7.**
Renalcis-Krusten um Stromatoporen. In den Algenkrusten ist eine Ostracodenschale eingeschlossen.
Bildlänge = 6 mm.
- Fig. 3: **MF-Typ 8.**
Rugose Koralle (durch *Girvanella* inkrustiert) und Stromatoporen in sparitischer Matrix.
Bildlänge = 3 cm.
- Fig. 4,5,6: **Hohlraum in einem Rudstone des MF-Typ 8.**
Ein lamelliertes Internsediment mit abgebrochenen Kristallspitzen korrodiert den RFZ (untere Bildhälfte) und den granularen Zement (obere Bildhälfte).
Bildlänge = 3 mm.



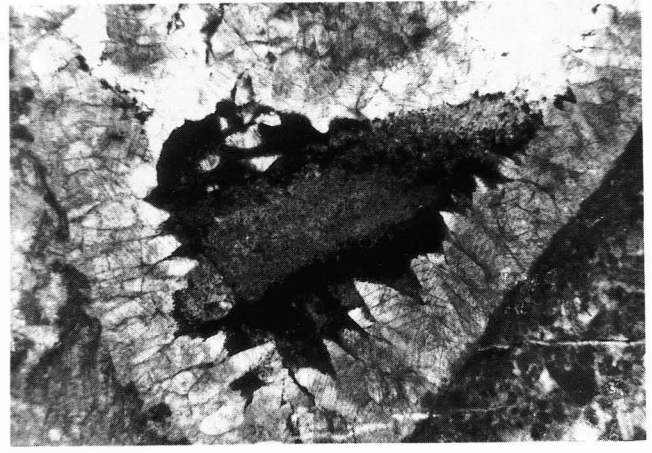
1



2



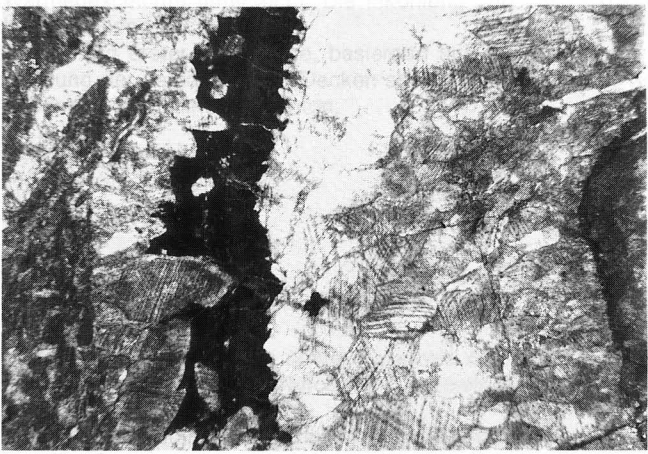
3



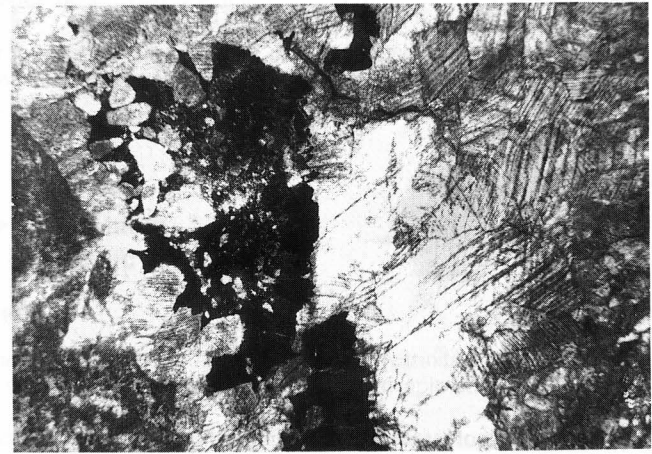
4

Zusammenfassung

Das Gozer Paläozoikum wird anhand von vier verschiedenen Phasen (1-4) in der Zeitachse des Paläozoikums dargestellt.



5



6

ring the Santonian, could not be

Wissenschaftler

Anschrift der Autoren: ÖH Graz, Institut für Geologie, Inffeldgasse 17, A-8010 Graz, Österreich
E-Mail: heinrich.strobl@unigraz.at