©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Jb. Geol. B. A.	Bd. 112	S. 197—234	Wien, Oktober 1969

Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See: zentrale Karnische Alpen)

mit 1 Abbildung und 8 Tafeln (davon 6 Phototafeln)

Von Klaus BANDEL *)

Inhaltsverzeichnis

Inhalt 197
Summary 198
1. Einleitung und Arbeitsmethoden 199
I. Profilaufnahme 201
II. Untersuchung des Feingefüges 201
III. Aufbereitung der Mikrofossilien 202
2. Terminologie der Gefügetypen 202
3. Der Fossilinhalt 203
4. Beschreibung der Gefüge im Aufschluß und Schliffbereich 207
5. Die Hohlräume und Hohlraumfüllungen 212
I. Primäre Hohlräume 213
A. Schichtparallele Hohlräume 213
a) Hohlräume mit einschichtiger Kalzitlage 213
b) Hohlräume mit mehrschichtiger Kalzitlage 213
B. Nicht an die Schichtung gebundene Hohlräume 214
a) Hohlräume in Gerüstkalken 214
b) Hohlräume in Algenkalken 215
II. Sekundäre Hohlräume 216
A. Tektonisch oder durch Lösung gebildete Hohlräume 216
B. Diagenetisch entstandene Hohlräume 217
6. Auswertung der Beobachtungen 217
I. Schwarze Kalke 217
a) Einheit 0b 217
b) Einheiten 0d, 0f, 0g 218
c) Seewarte-Kalk 218
II. Helle Crinoiden-Kalke 219
a) Heller Crinoiden-Kalk mit Matrix 219
b) Heller Crinoiden-Kalk ohne Matrix 219
c) Kalkalgen-Krusten 220
d) Gerüstbildner-Krusten 221

*) Adresse des Autors: Paläontologisches Institut der Universität Bonn, Nußallee 8, D-53 Bonn.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

III. Biogerüst-Kalke 221
a) Biogerüst-Kalke mit organogenen Sedimenten gefüllte Hohlräume enthaltend 221
b) Biogerüst-Kalke mit organogenen und chemischen Sedimenten gefüllte Hohlräume enthaltend 222
7. Vergleiche mit rezenten und fossilen Riffen 223
8. Zusammenfassung 226
I. Stratigraphie 226
II. Faunen-Beziehungen 227
III. Zeitlicher Ablauf der Biotop-Änderungen im Profil 228
Literaturverzeichnis 230
Tafel 1—6 ..... Photos
Tafel 7 ..... Profil
Tafel 8 ..... Faunentabelle

Inhaltsangabe

540 *m* unten gebankter, oben massiger, unterdevonischer Kalk werden untersucht und vom Liegenden zum Hangenden hin in 27 Einheiten untergliedert. Der größte Teil der Kalke besteht aus grobkörnigem Crinoidenkalk, in den Stromatoporen- und Korallenknollen, Korallenbüsche und Korallen-Stromatoporen-Algenkrusten eingeschaltet sind. Der Entstehungsbereich lag in flachem, turbulentem Wasser. Es erstreckten sich weite Crinoidenwälder mit knolligen Coelenteraten-Kolonien, Korallendickichten und mit Krusten. In diese Ablagerungen einer flachen Lagune sind mehrere verschiedene Faziestypen eingeschaltet. Unten sind es schwarze bituminöse, fossilarme Kalke, die in einem abgeschlossenen Stillwasserbereich entstanden. Dreimal folgen dünnbankige, dunkle, feinkörnige Crinoiden-Kotpillenkalke, die in ruhigem, mit dem offenen Meer in Verbindung stehendem, etwas tieferem Wasser zur Ablagerung kamen. Im mittleren Teil stehen Riffstotzen an, die verstreut in der Lagune wuchsen. Kotpillen und Kalkalgen bilden einen anderen feinkörnigen Kalktyp, der in etwas ruhigerem und flacherem Wasser entstand.

Im oberen Teil werden die Crinoidenkalke abgelöst durch Biogerüstkalke und deren Zerstörungsprodukte. Hier wirkten Brandung und Strömung des offenen Meeres riffbauend und -zerstörend. Das Profil schließt ab mit dem Übergang von Riffsedimenten zu Ablagerungen einer Lagune, in der die Wasserturbulenz gering war, Crinoiden keine guten Lebensbedingungen fanden und Kotpillen-Sedimente abgelagert wurden.

Die Fauna, die schon in der Einheit 0d sicher unteremsisch ist, wird von unten nach oben immer reicher und erreicht in der Zone des Riffes ihre größte Arten- und Individuenvielfalt. Der ganze Schichtkomplex hat emsisches Alter.

Summary

The 540 *m* of Lower Devonian limestone examined are banked in the lower part and massive in the upper part. 27 units are differentiated. The greater part of the section is made up of crinoidal limestone with large grainsize. Intercalated are crusts of corals, stromatopores and algae as well as single knolls of corals and stromatopores and branching tabulate corals. This facies has been formed in shallow turbulent water of a lagoon. Characteristic were large forests of crinoids with single knolls of coelenterates, patches of coralthickets and algal and coelenterate crusts. In the middle part of the section single great knolls made up of composite structure of stromatopores, corals, algae and crinoids can be observed. These reef-knolls have been growing in the lagoon at random where turbulence was sufficiently high. In more quiet parts of the lagoon fine algal and pelletoidal limestones were laid down.

An intercalation of black, bituminous, finegrained limestone which has been formed in a quiet restricted area occurs in the lower part of the section. At three levels thinly banked, dark and finegrained pelletoidal crinoid-limestones are interspersed which have been formed in non-turbulent water connected to the open sea. The plain of sedimentation was a little deeper than that of the crinoid-facies.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

In the upper part of the section the crinoid-limestone slowly grades into bio-structure limestones and products of their destruction. Currents and wave-action of the open ocean were active here.

The section ends with the transition from the reef to a quiet shallow lagoon, where crinoids were not able to live and a pellet-limestone was formed. Going up the section the fauna becomes more abundant in individua and species and reaches its greatest diversity in the reef-structures. The limestone is of Lower Emsian age from unit 0d onward, above the section of Upper Emsian age, so that the 540 *m* of limestone dealt with are totally of Emsian time.

1. Einleitung

Angeregt von Herrn Professor Dr. H. K. Erben wurde im Sommer 1966 ein Profil in den unterdevonischen Kalken am Westfuß der Seewarte in den zentralen Karnischen Alpen südlich der Ortschaften Birnbaum und Kötschach-Mauthen in der Nähe der Eduard-Pichl-Hütte am Wolayer See aufgenommen mit dem Ziel, eine feinstratigraphische und biofazielle Untersuchung durchzuführen. Dabei sollte besonderer Wert auf die Strukturen und Texturen im Schliffbereich gelegt werden, und diese zusammen mit den Aufschluß-Aufnahmen sollten eine ökologische Ausdeutung der Kalke ermöglichen.

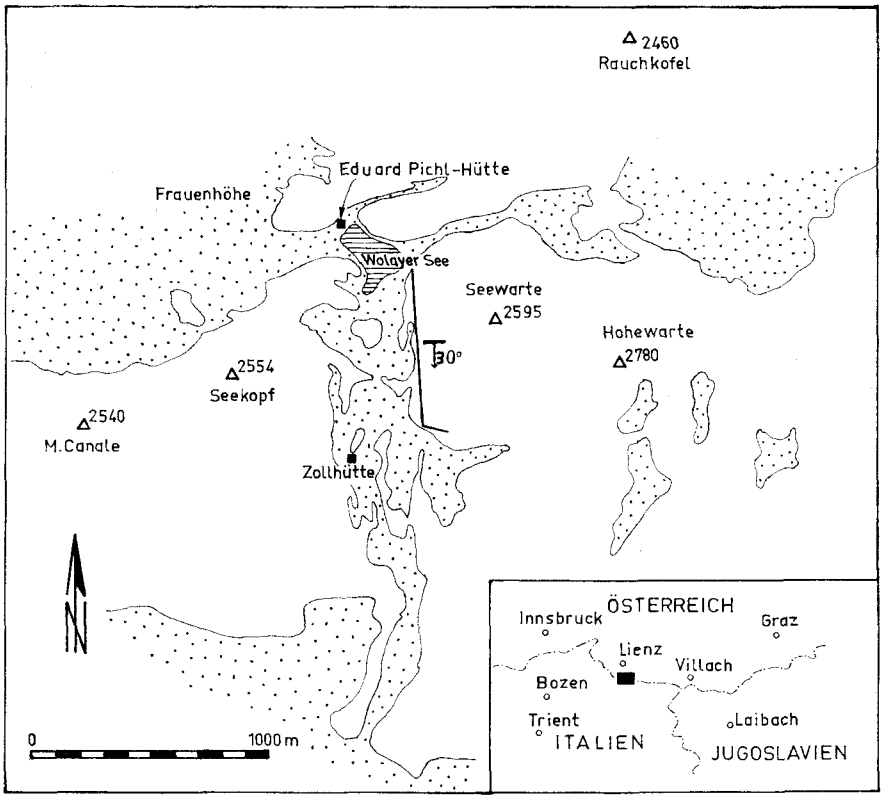


Abb. 1. Übersichtskarte; weiß = anstehendes Gestein, punktiert = Halde

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Das Profil beginnt am Nordende des Fußes der Seewarte mit einem Schichtkomplex heller Kalke; es folgen graue Knollenkalke, dolomitische, gelbliche, plattige Kalke sowie graue, massige Kalke, mit denen an der Basis der Seewarte-Kalke JHAVERI's (1968) die aufgenommene Schichtfolge abschließt.

Stratigraphisch beginnt das Profil nach H. R. v. GAERTNER (1931) und G. B. VAI (1963) in den Schichten mit *Septatrypa megaera*, die dem Ludlowium zugeordnet werden. Der graue, organodentritische, massige Kalk ist nach ERBEN, FLÜGEL & WALLISER (1962) in das tiefere Emsium einzustufen, die Seewarte-Kalke ins obere Unterems.

Das Alter der gelblichen, dolomitischen Plattenkalke zwischen den schwarzen Kalken des Ludlow und den Unteremskalken ist noch offen. Im Hangenden der Seewartekalke folgen mächtige Kalkablagerungen des Eifelium und Givetium.

Nach H. R. v. GAERTNER (1931) setzt im höchsten Ludlow in den Karnischen Alpen das Absinken und damit die Geosynklinalbildung ein. Sie fand einen Abschluß im Unterkarbon. Es folgte eine Orogenese, und die kalkigen Ablagerungen wurden diskordant von klastischen Sedimenten des Karbons überlagert. Im höheren Karbon erfolgte eine erneute Bewegung, die zu einem nach Norden gerichteten Deckenbau führte. Der Hohe Warte-Seewarte-Komplex gehört der südlichsten der von v. GAERTNER ausgeschiedenen Decken, der Kellerwanddecke, an, die über die Rauchkofeldecke überschoben ist. Die im Profil angetroffenen tektonischen Elemente sind somit nach v. GAERTNER variszisch und nicht während der Alpen-Orogenese entstanden.

Die aufgenommene Schichtenfolge ist überall direkt zugänglich und ungestört. Die Schichten fallen mit etwa 30° gegen S ein und werden senkrecht zum Streichen vom Wolayer Paß durchschnitten.

Die Bezeichnungen für die Einheiten sind uneinheitlich ausgefallen, da die Zahlen für die Einheiten 1—20 bereits auf den Fels aufgemalt waren, als zur Abrundung des Profils noch im Liegenden von Einheit 1 das anstehende Gestein in die Untersuchung mit einbezogen wurde. Für die liegenden Teile wurde daher die Ziffer 0 gewählt und noch in 0a—0g unterteilt (siehe Tafel 7).

Die Vermessung des Profils erfolgte nicht entlang der Linie der Profilaufnahme — auf Grund des uneinheitlichen Ansatzes der Halde an den Fels (siehe Tafel 7) —, sondern die wahre Schichtmächtigkeit wurde direkt senkrecht zur Bankung durch Erklettern des Felsens gemessen. Dabei sind sicherlich Fehler im Bereich von Metern nicht vermeidbar gewesen.

Von den Schutthalden des Seewarte-Fußes ist von allen bisherigen Bearbeitern (FRECH, HERITSCH, SCUPIN, v. GAERTNER, ERBEN u. a.) eine reiche Fauna beschrieben worden.

Einige der fossilreichen Lagen konnten jetzt im Anstehenden aufgefunden werden. Dabei wurde ein umfangreiches Fossilmaterial gesammelt. Die Bestimmung dieser Formen übernahmen dankenswerterweise Prof. H. K. ERBEN (Trilobiten), Dr. A. SIEHL (Brachiopoden), Dr. R. JHAVERI (Gastropoden),

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Dr. H. RISTEDT (Cephalopoden) und Prof. K. J. MÜLLER (Conodonten). Besonderer Dank sei den Herren Prof. ERBEN und Dr. SIEHL für wertvolle Hinweise im Laufe der Arbeit.

Arbeitsmethoden

I. Profilaufnahme:

An der W-Wand der Seewarte wurde die Schichtenfolge Meter für Meter untersucht (siehe Karte), was durch Kontinuität der Aufschlüsse erleichtert und durch starken Flechtenwuchs erschwert war. Zumeist ist die Felswand selbst unzugänglich, und damit beschränkte sich die Aufnahmebreite des Profils von den Schichten 1—20 auf die am Ansatz der Schutthalde erreichbaren Felspartien, etwa 2—4 *m* im Streichen. Die Schichten 0a—0g sind für zirka 100 *m* im Streichen auf dem Absatz am N-Fuß der Seewarte in Lawinenrissen verfolgbar. Im übrigen Teil der Schichtenfolge ließen sich die Schichten nur selten im Streichen verfolgen oder wiederauffinden, wenn zugängliche Felsbänder ausgebildet waren. Die in dieser Arbeit gemachten Angaben beziehen sich also ausschließlich auf das aufgenommene Profil der etwa 530 *m* mächtigen Schichtenfolge, da der Gesteinskörper der Seewarte einen stark wechselnden Aufbau zeigt.

Die Untergliederung des Gesteinspaketes in 27 Schichten erfolgte nach Gesteinsfarbe, Textur und Fossilinhalt. Fossilreiche Lagen wurden sorgfältig abgesammelt, um ein möglichst vollständiges Bild der Faunengemeinschaften zu erhalten. Von jeder der ausgeschiedenen Schichten wurden orientierte Proben entnommen, und zwar insgesamt etwa 900 Stück. Dabei waren wegen Materialfülle und Transportkosten Einschränkungen notwendig. Gleichförmigen, mächtigen Schichten wurden weniger Proben entnommen als dünneren, wechselhaften Lagen. Von jeder Schicht wurde eine etwa 2 *kg* schwere Conodontenprobe gewonnen.

II. Untersuchungen des Feingefüges:

Die orientiert entnommenen Proben wurden vertikal und horizontal zur Schichtung zersägt, angeschliffen und poliert. Die einzelnen Anschliffe wurden unter dem Binokular untersucht, dann angeätzt (2—10 Sekunden mit 20% Ameisensäure). Die Schlifffläche diente als Matrize für Abdrücke auf Nitrocellulose-Filmen und Azetatcellulose-Platten. Erstere wurden bei großen Schnittflächen verwendet. Dazu wurde eine Nitrocelluloselösung folgender Zusammensetzung (im wesentlichen nach BISSELL, 1957) verwendet:

112 g	Nitrocellulose	
700 ccm	Kondensat	Kondensat:
300 ccm	Butylacetat	57% Essigsäureäthylester
40 g	Amylalkohol	3% Essigsäurebutylester
40 g	Xylol	35% Toluol
12 g	Äthyläther	5% Methanol
12 g	Dioctylphthalat	

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die Lösung wurde unmittelbar auf die Fläche geschüttet und nicht verstrichen, um Blasenbildung zu vermeiden. Eine Trockenzeit von etwa 12 Stunden im Abzug ist ausreichend. Meist waren drei Überschichtungen der Lösung notwendig, um einen ausreichend festen Film zu erhalten, der sich ohne zu reißen mit der Hand abziehen ließ. Von den Lackfilmen wurden im Vergrößerungsgerät Papierabzüge mit Vergrößerungen bis 20× hergestellt. Daneben wurden Versuche mit Astralon nach BOARDMAN & ULGAARD (1964) durchgeführt. Azetatcellulose-Platten erwiesen sich als besonders günstig bei Abdrücken kleiner Probeflächen, da bei der Lackfilmmethode störende Randverzerrungen auftreten. Die Gesteinsflächen wurden genauso geätzt wie bei der Lackfilmmethode und auf die mit Aceton befeuchtete Astralonplatte aufgebracht. Vorteil der Methode ist eine größere Konturenschärfe, Nachteile sind festes Haften am Gestein, unvermeidliche Blasen und eine Krümmung der Kunststoffplatte, die eine photographische Wiedergabe erschwert. Zur Kontrolle angefertigte Dünnschliffe zeigen, daß die Lackfilmabzüge in der Qualität gleichwertig sind und alle Gefügemerkmale erkennen lassen.

Unterscheidung von Dolomit und Kalzit wurde bei einigen Stücken durch Anfärben der Schliffflächen mit salzsaurem Alizarin-S durchgeführt (WARNE 1962).

III. Aufbereitung der Mikrofossilien

Conodonten-Proben wurden in Essigsäure gelöst. Der meist sehr dolomitreiche Rückstand wurde mit etwa 10 Schüttungen auf ungelöste kalkige und dolomitische Mikroorganismen untersucht und dann weiter mit Ameisensäure behandelt. Aus diesem Rückstand wurden die Conodonten ausgelesen.

2. Terminologie der Gefügetypen

Zur Beschreibung der zahlreichen Gesteinsschliffe wurde die Terminologie karbonatischer Gesteine von FOLK (1959, 1962) benutzt. In seiner Beschreibung der Karbonatgefüge wird zwischen der Grundmasse (Matrix) einerseits und den Allochemen (Komponenten) andererseits unterschieden.

a) Grundmasse:

Mikrit: feinkörniger, karbonatischer, nicht oder nur wenig umkristallisierter, verfestigter Kalkschlamm mit Korngrößen unter zirka 0·03 *mm*.

Sparit: spätige Grundmasse, die durch chemische Ausscheidung von Kalziumkarbonat in den zwischen den Komponenten verbliebenen Poren oder durch Umkristallisation von Kalkschlammatrix entstehen kann.

b) Komponenten:

Biogene: alle eindeutigen Fossilreste

Intraklaste: synsedimentär aufgearbeitete, karbonatische Sedimentpartikel, die von biogenem oder anorganischem Kalziumkarbonat stammen können.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Pseudooide (pellets): gerundete Körner ohne konzentrische Struktur, meist Kotpillen oder Kalkalgenbildungen.

Onkoide: Körner mit einem Kern und einer unregelmäßig-konzentrisch angelagerten Schale. Durchmesser bis etwa 1 *cm*.

Ooide: Körner mit einer regelmäßig-konzentrisch angelagerten Schale. Durchmesser bis etwa 2·5 *mm*.

Terrigene Bestandteile: z. B. gerundete Quarz-Sandkörner.
Mineralien-Neubildungen: z. B. Dolomit und Quarz.

Durch eine Kombination der Namen der vorherrschenden Komponente und der Matrix ergeben sich rein beschreibende Bezeichnungen für verschiedene Karbonattypen.

Grundmasse		Komponenten
Sparit	Mikrit	—
Biosparit	Biomikrit	Biogene
Intrasparit	Intramikrit	Intraklaste
Pellet-Sparit	Pellet-Mikrit	Pellets (Pseudooide)
Oosparit	Oomikrit	Ooide

Tabelle 1

Wenn bestimmte Biogene, wie z. B. Crinoiden-, Algen- oder Stromatoporen-Reste das Gesteinsbild beherrschen, so werden sie der Bezeichnung des Karbonattyps vorangesetzt, z. B. Crinoiden-Biosparit bei absolutem Vorherrschen von Crinoiden-Resten; Stromatoporen-Biomikrit bei Stromatoporen-Gerüstkalken mit mikritischer Hohlraumfüllung; Algen-Biomikrit bzw. Algen-Pellet-Mikrit bei aus vorwiegend aus Algen-Krusten zusammengesetzten Mikriten oder Pellet-Mikriten usw.

3. Der Fossilinhalt

Als gesteinsbildende Organismen sind Algen häufig. Außer in Einheit Ob, Of und Og sind in allen Einheiten Calcisphaeren in die feine Matrix zwischen den Komponenten eingebettet. Die winzigen, hohlen, aus klarem Kalzit bestehenden Kügelchen sind nach JOHNSON (1958) wahrscheinlich pelagische Chlorophycaceen.

In hellen Schichtgliedern der Folge treten Stromatolithe auf, die aus den Boden überziehenden Kalkalgen-Matten entstanden.

Dünne Stromatolith-Krusten sind in die Crinoiden-Kalke eingeschaltet, grobe Biogene sind von Kalkalgen-Krusten umgeben (Tafel 6: Fig. 2), und die Gerüste der Riffstrukturen werden von ihnen mit erbaut, zementiert und überkrustet (Tafel 1: Fig. 8; Tafel 2: Fig. 1, 3, 4; Tafel 3: Fig. 1, 2; Tafel 4: Fig. 5; Tafel 5: Fig. 2; Tafel 6: Fig. 1). Einheit 9 stellt sogar einen fast reinen Kalkalgen-Kalk dar, aufgebaut aus vorwiegend stromatolithischen Krusten.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Ein Teil der im Schliff beobachteten Pseudooide mag das Produkt von Kalkalgen sein. Diese sogenannten Oncolithen sind im Gegensatz zu den Stromatolithen nicht fest mit dem Substrat verbunden. Auf Tafel 1: Fig. 7 und Tafel 6: Fig. 1 sind solche Pseudooide gut zu erkennen, die vielleicht eine Mischung aus Oncolithen und Kotpillen darstellen. Ferner tritt *Girvanella*, eine aus Bündeln von Röhren bestehende Alge unbekannter systematischer Zugehörigkeit, in Verbindung mit gerüstbildenden Organismen häufig von Einheit 0a an auf (Tafel 2: Fig. 3). Ebenso sind verschiedene Gattungen der Solenoporaceen schon ab Einheit 0a (Tafel 1: Fig. 8; Tafel 2: Fig. 1; Tafel 3: Fig. 1) vertreten und zumeist in Verbindung mit Krusten- und Gerüstbildnern aufgewachsen. Dasycladaceen sind vereinzelt in stromatolithischen Krusten eingewachsen und in den Einheiten 0a, 17—20 häufig (Tafel 2: Fig. 4; Tafel 4: Fig. 3). Eine fragliche Charophycaceen-Oogonie enthielt der Essigsäure-Rückstand von Proben der Einheit 11. Aus dem Hangenden des Profils beschrieb PALLA (1967) einige Grünalgen aus den hellen Zwischenlagen des Hercynellen-Kalkes (Seewarte-Kalk, JHAVERI, 1968).

Auch die fossile Tierwelt ist als Gesteins- und Gerüstbildner reich vertreten. Aus den Lösungsrückständen der Essigsäure konnten einige Foraminiferen gewonnen werden. Es handelt sich dabei um einfache, agglutinierende Formen. *Rhizammina* ist häufig und schon von Einheit 0d an vertreten. Daneben erscheinen gelegentlich die ebenfalls röhrenförmige *Rhabdammina* und die kugeligen *Psammosphaera* und *Sorosphaera*.

Schwamm-Reste sind im Anstehenden und im Schliff nirgends beobachtet worden, doch deuten sternförmige Gebilde vom Typ Oxyaster in den Essigsäure-Rückständen auf ihre Anwesenheit hin.

Die wesentlichen Elemente unter den Coelenteraten sind die Stromatoporen und die tabulaten Korallen. Die Stromatoporen bauen einen großen Teil des Gesteins auf und sind in drei verschiedenen Formen vertreten:

1. Gerüstbildner in pfeilerförmiger Ausbildung und mit unregelmäßig gegliederter Oberfläche (in den Einheiten 4, 6, 15, 17, 18, 19 und 20);

2. Krustenbildner als fladenförmige, flache (wenige *cm* hoch), das Sediment oder Biogene überziehende Gebilde (in den Einheiten 0a, 0c, 0e, 1/2, 5, 8, 12, 14, 17, 18, 19 und 20);

3. Einzelknollen, bis zu 2 *m* hoch (in allen Einheiten außer 0b, 0d, 0f, 9 und 16).

Eingewachsen in Stromatoporen-Krusten werden folgende Gebilde beobachtet:

1. Einzelkorallen (Einheit 4, 19),

2. Crinoiden-Kelche (Einheit 4, 19),

3. kleine und große (bis 10 *cm* hoch) *Favosites*-Kolonien (Einheit 14, 19),

4. zwischen die Latilaminae eingeschaltete Kalkalgen-Schichten (Einheit 18, 19, 20),

5. dünne, gleichzeitig mit der Kolonie aufgewachsene Pterokorallen (Einheit 6, 18, 19, 20),

6. langgestreckte, mit klarem Kalzit gefüllte, wenig verzweigte Röhren (Einheit 5, 20).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die letzten beiden sind senkrecht zur Kolonie-Oberfläche ausgerichtet.

Knollige tabulate Korallen sind neben den Stromatoporen und Algen die drittwichtigsten Gerüstbauer. Sie sind mit einer großen Zahl hier nicht unterschiedener Formen vertreten (Tafel 4: Fig. 6; Tafel 5: Fig. 1). Nur selten fehlen sie im Gerüst, wie z. B. in Einheit 6. Als Krustenbildner im Crinoiden-Kalk sind Tabulaten-Kolonien den Stromatoporen mengenmäßig gleichwertig. Knollige Einzelkolonien von tabulaten Korallen sind selten.

Bruchstücke ästiger tabulater Korallen sind außer in den Einheiten 0b, 0d, 0f überall außerordentlich häufig und in den Crinoiden-Kalken Gesteinsbildner. Aufrecht in Wuchsstellung eingebettete Korallenstöcke wurden in den Einheiten 0e, 4, 9, 15—20 beobachtet (Tafel 1: Fig. 4; Tafel 2: Fig. 2; Tafel 4: Fig. 1; Tafel 5: Fig. 1, 2; Tafel 6: Fig. 3).

Einzelpolypare von Pterokorallen fehlen in den hellen Crinoiden-Kalken nirgends. Sie sind besonders in feinkörnigen, schlammigen Kalken häufig und hier auch in Wuchsstellung. Neben freien sind an Krustenbildnern, Brachiopodenschalen und Crinoiden-Resten geheftete Polypare häufig (Tafel 2: Fig. 1; Tafel 5: Fig. 1).

Im Riffbildnergerüst — besonders in Einheit 4 — kommen große, auf den Kolonien aufgewachsene und in sie eingewachsene Einzelkorallen vor. In den Einheiten 0b, 0d, 0f und 0g sind keine Einzelkorallen gefunden worden.

Kolonien von Pterokorallen treten durchweg sehr selten auf. Zwei gut erhaltene Conularien-Schalen stammen aus Einheit 18.

Bryozoen sind zumeist an die fossilreichen Lagen gebunden. Zuerst treten sie in Einheit 0d auf; ab Einheit 5 sind sie dann häufiger. In den Einheiten 14 und 18 sind größere Kolonien in Wuchsstellung erhalten. Sie überkrusten Stromatoporen-Knollen in Einheit 19.

Die Einheiten 0f und 0g lieferten die Reste hornschaliger inartikulater Brachiopoden. Artikulate Brachiopoden erscheinen zuerst mit der Unterordnung der Atrypidina in der Einheit 0e. In den dunklen Kalken der Einheiten 0d, 0f, 0g sind außerdem Vertreter der Unterordnung Spiriferina und der Ordnung Rhynchonellida vertreten; in Einheit 4 treten Formen der Ordnung Strophomenida und in Einheit 5 der Ordnungen Orthida und Pentamerida hinzu. Während in den unteren Teilen des Profils Brachiopoden selten sind, werden sie mit Einheit 8 häufig. Die Atrypidina herrschen mit einem Verhältnis von 2 : 1 vor den anderen Formen vor (insgesamt 90 bestimmte Taxa). Mit etwa 10% ist der Anteil von kleinwüchsigen, glatten Formen hier hoch. In den Einheiten 10—18 liegt das Verhältnis von Atrypidina und Rhynchonellida bei etwa 1 : 1, und die beiden Gruppen bilden zusammengenommen etwa die Hälfte der vertretenen Brachiopodenfauna.

Aus Einheit 14 wurden 131 Brachiopoden bestimmt. Strophomenida und Spiriferina bilden hier 80% der verbleibenden Formen. Neu tritt die Unterordnung Athyrididina hinzu.

Die Einheiten 15—17 sind arm an Brachiopoden, dagegen konnten aus Einheit 18 634 bestimmbare Brachiopoden geborgen werden, davon sind etwa die Hälfte Rhynchonellida und Atrypidina. Unter den übrigen treten

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

mit 80 Stücken die kleinwüchsigen, glatten Formen und mit 70 Stücken die Spiriferina besonders hervor, während Orthida, Strophomenida, Pentamerida mit je 30—40 Stücken vertreten sind. Die hier neu hinzukommende Unterordnung Retziidina sowie Ordnung Terebratulida liegen nur in wenigen Exemplaren vor. In den Einheiten 19 und 20 sind Brachiopoden selten und nur durch die Orthida und Rhynchonellida vertreten.

Da die Arten *Karpinskia conjugula* und *K. consuelo* als Leitfossilien gelten, soll hier auf das Auftreten von *K. conjugula* in Einheit 0e hingewiesen werden. In den Einheiten 7 und 8 tritt neben *K. conjugula* auch *K. aff. consuelo* auf.

Nowakien sind in Einheit 0d häufig und in den Einheiten 0a, 0f und 0g nachgewiesen.

Die Pelecypoden setzen mit unbestimmbaren Formen in Einheit 5 ein und sind ab Einheit 7 in allen an Fauna reichen Schichten vertreten. Mit Einheit 14 erscheint *Hercynella*, die in Einheit 20 Schille bildet. *Conocardium* ist in den Einheiten 14 und 18 besonders zahlreich und mit allen ontogenetischen Stadien vertreten.

An Gastropoden kommen in den unteren Einheiten ab 0e zuerst die Platyceratiden vor, die mit der Gattung *Platyceras* auch im gesamten Profil recht häufig sind. In Einheit 11 und 12 treten die Gattungen *Orthonychia* und *Praenatica* hinzu, in Einheit 13 die ersten Vertreter der Oristomataceen und der Murchisoniaceen. In Einheit 14 wird ein erster Höhepunkt im Auftreten der Schneckenfauna erreicht. Bellerophontaceen, Euomphalaceen, Loxonemaceen und Trochiden kommen hinzu, in Einheit 15 auch die Pleurotomariaceen. Besonders zu erwähnen ist hier *Palaeoscurria*, eine Patellacee.

Ein zweiter Höhepunkt im Faunen-Reichtum wird ebenso wie bei Brachiopoden, Lamellibranchiaten, Trilobiten und Cephalopoden bei den Gastropoden in Einheit 18 verzeichnet.

Cephalopoden sind vereinzelt und schlecht erhalten im unteren Teil des Profils vertreten, aber erst von Einheit 13 an häufiger und bestimmbar. Aus den Einheiten 14 und 18 konnten etwa 60 gut erhaltene orthocone Nautiloideen gewonnen werden, die einer ganzen Reihe verschiedener Gattungen und Arten angehören. Oncoceratiden-Reste wurden in Einheit 18 und 20 beobachtet.

Glattschalige Ostracoden sind in den meisten Lagen im Schliff und als Essigsäure-Lösungsrückstand in zweiklappiger Erhaltung nachgewiesen. Besonders die dunklen Kalke der Einheiten 0d, 0f und 0g sind an Ostracoden reich. Im Schichtabschnitt 14—18 treten auch sehr große Formen (bis 1 *cm*) auf.

Phyllocariden-Reste wurden lediglich in Einheit 0d beobachtet.

Trilobiten sind besonders in Einheit 0d häufig. Bis auf eine Unterart von *Weberopeltis scalprata* (Weber) handelt es sich hier im wesentlichen um dieselben Formen, die auch in Einheit 18 vorkommen. In der Schichtenfolge 0f, 0g wurden Trilobiten-Reste im Schliff beobachtet, vermutlich der

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

gleichen Fauna angehörig wie in 0d. Die Einheiten 14 und 18 weisen im Unterschied zur Fauna von 0d eine *Scutellum*-Art mit auffallend gewölbtem Pygidium auf. Hier gibt es in enger Nachbarschaft mit Riffbildnergerüsten besonders häufig große *Scutellum*-Reste, oft in Nestern schillartig angehäuft.

Aus der Halde am Fuß der Seewarte wurden außer den in der Liste aufgeführten Formen noch *Astycoryphe*, *Tropidocoryphe*, *Coignouina n. sp. B.*, *Decoroproetus* und *‚Proetus' aff. tozeri* von Prof. ERBEN gesammelt.

Crinoiden-Reste stellen den Hauptgemenganteil des das Gestein der Seewarte zusammensetzenden organodetritischen Kalkes dar. Kelche sind häufig und in fast allen Einheiten vertreten.

Seeigel-Stachel fanden sich in den Essigsäure-Rückständen der Einheiten 0d, 0f, 5, 14 und 20.

Holothurien-Skelettelemente (kleine siebförmige Plättchen und vielstrahlige Spangengebilde) wurden aus den Crinoiden-Kalken der Einheiten 7, 14, 18 und 20 gewonnen.

Auch die Conodonten-Führung ist im gesamten Profil sehr gering. Es konnte nur etwa ein Exemplar oder Bruchstück pro Kilogramm Gestein gewonnen werden. Eine stratigraphische Gliederung ist hier mittels Conodonten nicht möglich.

4. Beschreibung der Gefüge im Aufschluß und Schliffbereich

(Vom Liegenden zum Hangenden, vgl. Tafel 7)

Einheit 0a (Mächtigkeit 10 *m*):

Aufschluß: Hellgraue, ungeschichtete Kalksteine; ungleichmäßig dolomitisiert, z. T. völlig in grobzuckrigen Dolomit umgewandelt. Die Dolomitisierung geht von Klüften aus. Im unteren und mittleren Teil der Einheit makroskopische Biogene selten, im oberen Teil der Einheit häufig Crinoiden-Fragmente.

Schliff: Intramikrit mit bis 50% Crinoiden-Fragmenten (1—15 *mm* ⌀) und untergeordnet auch anderen Biogenen. Astbruchstücke tabulater Korallen in die Schichtung eingeregelt. Crinoiden-Bruchstücke oft von Kalkalgen vom Typ *Solenopora* und *Girvanella* überkrustet.

Wo Algen und Korallen überwiegen, ist das Gestein als Algen-Korallen-Biomikrit bzw. -Biosparit zu bezeichnen (Taf. 2: Fig. 1). Hohlräume in den autochthonen Algen-Korallen-Gerüsten mit Intramikrit ausgefüllt, der Calcisphaeren und Tentakuliten enthält. Bei einem der untersuchten Stücke ist die Oberfläche einer *Favosites*-Knolle von dem Wurzelorgan einer Crinoidee überwachsen, die ihrerseits von Solenoporen überkrustet ist (Taf. 2: Fig. 1). Selten treten einzelne, mit klarem Kalzit gefüllte Brachiopoden-Gehäuse auf.

Einheit 0b (Mächtigkeit 10 *m*):

Aufschluß: Unten schwarze Kalkbänke (zirka 10 *cm*), durch stark bituminöse, dolomitische Zwischenlagen voneinander getrennt. Nach oben allmählich in feinen, aus brotlaibförmigen Knollen (5—10 *cm* ⌀) bestehenden Kalk übergehend, bei dem die Knollen tektonisch gegeneinander bewegt worden sind, wie die Schrammung ihrer Oberflächen erkennen läßt. Zum Hangenden hin Knollen allmählich in Kalkbänke mit welliger Oberfläche übergehend und schließlich in dunkle Crinoidenkalk-Bänke ähnlich denen an der Basis der Einheit.

Schliff: Intramikrit bzw. Intrasparit mit etwa 1% Biogenen. Gestein durch feinverteiltes Bitumen tiefschwarz gefärbt, kein Pyrit. Zum Hangenden und Liegenden hin Zunahme des Anteils an Crinoiden-Resten bis 50%. Im knolligen, mittleren Teil der Schichtenfolge sind maximal 1 *mm* Durchmesser besitzende Crinoiden-Reste die einzigen Biogene.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Einheit 0c (Mächtigkeit 33 *m*):

Aufschluß: Fester, massiger, spatiger Crinoidenkalk mit deutlich erkennbarer Schichtung, die an Stromatoporen-Fladen sowie eingeregelten, langen Crinoiden-Bruchstücken ersichtlich wird. Wo die bis zu 2 *m* dicken Stromatoporen-Knollen näher zusammenrücken, ist Rasen ausgebildet. Teile der Einheit dolomitisiert. Abkömmlinge des massigen, festen Stromatoporen-Kalks in zuckrige, gleichkörnige Dolomite umgewandelt; Abkömmlinge von Crinoidenkalk eine völlig dolomitisierte Matrix mit darin schwimmenden, undolomitisierten 2—10 *mm* messenden Biogenen besitzend. Einzelne, nicht dolomitisierte Blöcke können in der Dolomitmatrix rotiert sein.

Schliff: Crinoiden-Intramikrit bzw. -Intrasparit mit meist gut sortierten Echinodermen-Fragmenten. Bei größerer Mächtigkeit und Ausdehnung der Stromatoporen-Krusten Stromatoporen-Biosparit vorliegend. Oberfläche von Krusten und Knollen meist von Kalkalgen-Schichten überzogen.

Einheit 0d (Mächtigkeit 13 *m*):

Aufschluß: Im unteren Teil schwarzer, nach oben hin heller werdender, gebankter Kalk (5—50 *cm* Bankungsdicke). Innerhalb einer Bank Korn von unten nach oben gröber (0·1—2 *mm*). Einheit ohne Änderung der Zusammensetzung vom Wolayer See bis zur großen Halde am Valentintörl verfolgbar.

Schliff: Pellet-Mikrit-Intramikrit bzw. Pellet-Sparit-Intrasparit mit vielen Biogenen (Taf. 1: Fig. 2). Mikrite an 0·1—1 *mm* große Crinoidenreste, Pseudooide und Intraklaste, Sparite an bis 2 *mm* große Crinoidenreste gebunden. Häufigste Biogene sind Crinoidenreste; bei bis 70% Crinoidenanteil liegen Crinoiden-Intramikrit bzw. -Intrasparit vor. Zweiklappige Ostracoden-Gehäuse mit klarer Kalzitfüllung, Tentakuliten und Trilobiten in allen Schliffen angeschnitten. Pyrit in bis 0·5 *mm* großen Kristallhaufen und 0·1—0·2 *mm* großen Einzelkristallen auftretend und bis 1% des Gesteins ausmachend.

Einheit 0e (Mächtigkeit 98 *m*):

Aufschluß: Scheckig-gelblicher, stark dolomitisierter, geschichteter Crinoidenkalk mit lagenweiser Anreicherung von bis 10 *mm* großen Crinoiden-Bruchstücken sowie bis 30 *mm* großen Stromatoporen-Fragmenten. Diese Schichten sind auf einem kleinen Absatz am N-Fuß der Seewarte in Sturzbachrissen gut aufgeschlossen. Hier geschichteter Aufbau dieser Folge besonders gut sichtbar und auch der rasche Wechsel von Crinoidenkalken mit wenig Stromatoporen- und Korallen-Bruchstücken zu Stromatoporen-Krusten und -Rasen, in denen aufrecht stehende ästige tabulate Korallen und Stromatoporen-Rasen wechseln (Taf. 2: Fig. 2; Taf. 4: Fig. 1). Übergang von nicht dolomitisiertem Kalk zu zuckrigem Dolomit hier im Meterbereich festgestellt.

Schliff: Crinoiden-Intrasparit mit zumeist völlig in Dolomit umgewandelter Matrix. Gröbere Biogene meist nicht dolomitisiert. Krusten- und Rasenkalke besitzen Pellet-Mikrite bzw. Pellet-Sparite als Ausfüllung der Zwickel im Gerüst. Bei stärkerer Anreicherung von Gerüstbildnern besteht Übergang zu Biospariten. Onkoidische Strukturen zumeist an Algenrasen gebunden.

Einheit 0f (Mächtigkeit 0·5 *m*):

Aufschluß: Eine Einschaltung in Kalken vom Typ der Einheit 0e bildet dunkelgrauer bis schwarzer Kalk (Bankung 10 *cm*), örtlich durch Dolomitisierung an der Oberfläche scheckig schwarz bis gelbbraun. (Taf. 1: Fig. 1).

Schliff: Durch Bitumen dunkel gefärbte Intramikrite mit bis zu 2 *mm* großen Echinodermen-Resten. Typisch sind mit klarem Kalzit gefüllte Ostracoden-Gehäuse, Tentakuliten- und Trilobiten-Reste.

Einheit 0g (Mächtigkeit 9 *m*):

Aufschluß: 5—10 *cm* dicke, dunkelgraue bis schwarze Kalkbänke mit welliger Oberfläche und vertikalen Übergängen zu knolliger Auflösung.

Schliff: Crinoiden-Pellet-Mikrit bzw. -Pellet-Sparit mit bis zu 5 *mm* großen Bestandteilen im unteren Teil einer Bank und Zunahme an feinen (bis 2 *mm*) Partikeln zu den Hangendpartien hin. Einzelne gröbere Biogene, wie etwa 10 *mm* große Crinoiden-Reste und etwa 10 *mm* dicke Tabulaten-Krusten, sowohl im unteren groben als auch im oberen feinen Teil einer Bank eingelagert. Brachiopoden stets einklappig erhalten.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Einheit 1—2 (Mächtigkeit 63 *m*):

Aufschluß: Gelbfleckiger, meist von Klüften aus stark dolomitisierter, wenig gebankter Crinoidenkalk. Stromatoporen- und Korallenkrusten von durchschnittlich 5—20 *cm* Mächtigkeit sowie Crinoidenkalke mit eingeregelten langen Crinoiden-Bruchstücken (bis 5 *cm* Länge) wechseln einander ab. In die Crinoidenkalke sind Stromatoporen-Knollen mit Durchmessern bis zu 1 *m* eingelagert. Zum Hangenden hin zunehmende Dolomitisierung und Gestein von Kalkspatadern durchzogen.

Schliff: Crinoiden-Intrasparit mit einer aus grobzuckrigen Dolomitkristallen zusammengesetzten Matrix, in der die Biogene schwimmen. Unveränderte Matrix nur in wenigen Proben erkennbar; sie enthält Intraklaste und zwischen 0·5—1 *mm* große Crinoiden-Reste sowie Calcisphaeren. Erhaltene Biogene zumeist nur an den Rändern mit Dolomitkristallen durchsetzt oder eine Dolomitisierung der mit Sediment gefüllten Innenräume zeigend. Brachiopoden-Gehäuse einklappig erhalten. Stärker dolomitisierte Partien aus Dolomit bestehend, der nur schattenhafte Umrisse von Biogenen erkennen läßt.

Einheit 3 (Mächtigkeit 10 *m*):

Aufschluß: Grauer Crinoidenkalk mit etwa 10% Stromatoporen-Bruchstücken. Zum Teil starke, an Klüfte gebundene Dolomitisierung.

Schliff: Crinoiden-Intrasparit und Crinoiden-Biosparit mit von Dolomitkristallen durchsetzter sparitischer Matrix.

Einheit 4 (Mächtigkeit 9 *m*):

Aufschluß: Aus Gerüstbildnern aufgebauter Kalk. Zwischenräume im Gerüst mit grobem Crinoiden-Schutt gefüllt, wobei Ausrichtung längerer Crinoiden-Fragmente in eine bevorzugte Richtung nicht vorhanden.

Schliff: Biomikrit bzw. Biosparit aus autochthonen Biogenen (Stromatoporen, Algen und Korallen). In den Zwischenräumen Crinoiden-Biosparit und Crinoiden-Intramikrit mit bis 40% mikritischer Matrix, letztere mit Mikrofauna (Taf. 4 : Fig. 2). Im oberen Teil der Einheit häufig bis 2 *cm* hohe Hohlräume, von Algenkrusten umkleidet und mit fibrosem Kalzit gefüllt. Ostracoden und kleine unregelmäßig gekrümmte Röhren in Algenkrusten eingewachsen. Zweiklappig erhaltene Brachiopoden-Gehäuse bilden z. T. „fossile Wasserwaagen", da im Schalenhohlraum über Mikrit klarer Kalzit liegt.

Einheit 5 (Mächtigkeit 3 *m*):

Aufschluß: Heller Crinoidenkalk mit Stromatoporen-Algen-Korallen-Rasen verbunden mit an Brachiopoden reichen Lagen. Das Gestein der aus Koloniebildnern aufgebauten Lagen bricht splitterig-scharfkantig. Einzelne Stromatoporen-Knollen haben Durchmesser bis zu 0·5 *m*. Zahl der koloniebildenden Organismen nach oben abnehmend. Häufig an Klüfte gebunden: Nester starker Dolomitisierung.

Schliff: Es treten zwei Typen auf:

a) Echinodermen-Biosparit mit gut sortierten Crinoiden-Fragmenten von 2 bis 4 *cm* Durchmesser. Neben unversehrten Biogenen Bruchstücke krustenbildender Organismen häufig.

b) Biomikrit bzw. Biosparit mit Vorherrschaft von Stromatoporen. Große Hohlräume im Rasen mit Crinoiden-Biosparit (Typ a) gefüllt. Kleinere Hohlräume entweder mit pseudooidreichem Mikrit oder mit klarem Kalzit gefüllt, der mehrschichtige fibröse Lagen bildet.

Einheit 6 (Mächtigkeit 10 *m*):

Aufschluß: Heller, fester, splitteriger Stromatoporenkalk, im Streichen (15 *m*) schnell in an Stromatoporen-Knollen reichen Crinoidenkalk übergehend.

Schliff: Autochthon entstandener Stromatoporen-Biosparit; die Stromatoporen häufig von Algenkrusten umkleidet. Hohlräume im Rasen mit Crinoiden-Biosparit gefüllt, der keinerlei Matrix aufweist (Taf. 1 : Fig. 5). Fast aneinandergepackte Crinoidenreste (zirka 80% Gesteinsanteil) durch klaren Kalzit verbunden. Selten in Hohlräumen Crinoiden-Intramikrit mit Mikrofauna.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Einheit 7—8 (Mächtigkeit 50 *m*):

Aufschluß: Grauer, fester, spatiger Crinoidenkalk mit Lagen großer Biogene. Neben langen, schichtig eingeregelten Crinoiden-Bruchstücken Stromatoporen- und Korallen-Knollen häufig.

Schliff: Vorwiegend Crinoiden-Biosparit mit gut sortierten Körnern (1—8 *mm* ⌀), die durch klaren Kalzit miteinander verbunden sind. In einzelnen Lagen große Biogene von zirka 0·5 *cm* dicker Kruste fibrösen Kalzits überzogen. Zweiklappige Brachiopoden-Gehäuse zeigen fast immer „fossile Wasserwaagen". Lagenweise Crinoiden-Intramikrite mit vielen Pseudooiden oder Pellet-Mikrite mit bis 70% mikritischer Matrix und Mikrofauna. Onkoide mit klarem Kalzitkern und einer oder mehreren mikritischen trüben Schalen treten auf.

Einheit 9 (Mächtigkeit 35 *m*):

Aufschluß: Massiger, ungeschichteter, grauer Kalk. Crinoidenkalk tritt nur in kleinen Taschen und Nestern oder in schnell auskeilenden, schichtigen Einschüben auf. Der Kalk bildet eine glatte Wand ohne Fugen und Absätze.

Schliff: Pellet-Intramikrit bzw. Pellet-Intrasparit mit Übergängen zu Algen-Biomikrit (Taf. 1: Fig. 7). Neben Crinoiden-Resten bilden Calcisphaeren sowie lange, gegabelte Äste und Büsche von Korallen die häufigsten Biogene. In Kalkalgen-Krusten eingewachsen kleine zweiklappige Brachiopoden und unregelmäßig gekrümmte Röhren.

Einheit 10—11 (Mächtigkeit 22 *m*):

Aufschluß: Geschichteter, grauer Crinoidenkalk (Taf. 1: Fig. 3) mit faunenreichen Lagen. Lange Crinoiden-Bruchstücke in die Schichtung eingeregelt.

Schliff: Crinoiden-Pellet-Mikrit bzw. -Sparit sowie Crinoiden-Intramikrit bzw. -Intrasparit. Lagenweise sind große (1—5 *cm*) Bruchstücke von Krustenbildnern angehäuft. Hier treten teils durch Algen umkrustete, mit klarem Kalzit gefüllte Hohlräume auf. Crinoidenreste bilden oft den Kern von Onkoiden. Mikroorganismen sind häufig.

Einheit 12 (Mächtigkeit 19 *m*):

Aufschluß: Heller Crinoidenkalk mit Lagen von Korallen- und Stromatoporen-Knollen, an einigen Stellen übergehend in zusammenhängende Krusten, die jedoch nur einige (1—4) Meter durchhalten.

Schliff: Crinoiden-Pellet-Mikrit bzw. -Intrasparit, Crinoidenreste (30—70% Gesteinsanteil), in die an Intraklasten, Pseudooiden, Onkoiden und Calcisphaeren reiche Matrix eingestreut. In groben Lagen (Korngröße 2—4 *mm*) meist vornehmlich aus Crinoidenresten und Korallenästen zusammengesetzter Biosparit ausgebildet. Einzelne Crinoidenreste bilden Kerne von Onkoiden. Kalkalgen-Krusten häufig, darin eingewachsen sind Ostracoden und seltener Bryozoen.

Einheit 13 (Mächtigkeit 18 *m*):

Aufschluß: Crinoidenkalk mit Korallen- und Stromatoporen-Knollen (etwa 10% Gesteinsanteil), die keine zusammenhängenden Krusten bilden. Im unteren Teil der Schichtenfolge fossilreiche Lagen ausgebildet.

Schliff: Crinoiden-Intramikrite, die bei starker Zunahme (bis 90%) von Crinoidenresten in Crinoiden-Biosparit übergehen. Crinoidenreste Kerne von Onkoiden bildend. Auf Algenkrusten, die größere Biogene, teilweise auch große Flächen des Sediments überkrusten, wurzeln ästige tabulate Korallen. Hohlräume bis 4 *cm* Höhe mit Fiberkalzit, Hohlräume bis 1 *cm* Höhe in Kalkalgen-Krusten mit granulärem Kalzit gefüllt. Eckige bis leicht gerundete Stromatoporen-Bruchstücke vereinzelt im Gestein auftretend.

Einheit 14 (Mächtigkeit 16 *m*):

Aufschluß: Unten geschichtete Crinoidenkalke mit Lagen reicher Fauna. In der Mitte Stromatoporen- und Korallen-Knollen teils zu flachen Rasen verwachsen, teils knollige und pfeilerförmige Gebilde (d. h. senkrecht zur Schichtung). Oben Wechsellagerung von feinen und grobkörnigen Crinoidenkalken mit ganz besonders faunenreichen Lagen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Schliff: Crinoiden-Biosparit bis Crinoiden-Intramikrit mit Onkoiden (Taf. 1: Fig. 4). Zwischen den Biogenen oft Kalzit-Zwickelfüllung. In Gebieten ausgedehnter Algenkrusten kann der Anteil an Pseudooiden zunehmen, bis reiner Pellet-Sparit entsteht (Taf. 6: Fig. 1). Bis 1 *cm* hohe Hohlräume in Kalkalgen-Krusten gefüllt mit granulärem Kalzit. Brachiopodenschalen oft von Lage granulärem Kalzits umgeben. Mit Fiberkalzit gefüllte Hohlräume (2—10 *cm* Höhe) in Schicht- und Gerüstbildnerkalken vorhanden (Taf. 6: Fig. 1). Manche Lagen großer (2—5 *mm*) Biogene von etwa 5 *mm* dicker Fiberkalzit-Kruste umkleidet. Brachiopoden-Gehäuse zwei- und einklappig.

Einheit 15 (Mächtigkeit 4 *m*):

Aufschluß: Grauer, ungeschichteter Crinoiden-Stromatoporen-Kalk, in dem die Kolonien ein Biogerüst bilden. Große Zwischenräume und Spalten mit Kalzit gefüllt. Fauna besonders häufig in Nestern groben Crinoiden-Schutts.

Schliff: Biosparit aus Korallen und Stromatoporen als autochthonen Gerüstbildner. Daneben Crinoiden-Intramikrit und Algen-Biomikrit (Taf. 3: Fig. 1), der aus 4—50 *mm* großen eckigen Brocken heller Algenkrusten mit eingewachsenen kleinen zweischaligen und großen zerbrochenen Brachiopoden, Basisteilen ästiger tabulater Korallen, Stromatoporen-Bruchstücken und Crinoiden-Resten sehr unterschiedlicher (2—10 *mm*) Größe besteht. Ein Teil der zwischen diesen Brocken befindlichen Zwickelräume mit Biomikrit, ein anderer Teil erst teilweise mit Pseudooiden, dann mit Fiberkalzit-Lagen gefüllt (Taf. 3: Fig. 1).

Einheit 16 (Mächtigkeit 16 *m*):

Aufschluß: Grober Crinoidenkalk mit deutlicher Schichtung. Stromatoporen und Korallen nicht vertreten.

Schliff: Crinoiden-Biomikrit bis -Biosparit. Lagenweise gleichgroße (2—4 *mm*) Crinoiden-Reste ohne Matrix aneinandergepackt. Zwischenräume mit klarem Kalzit gefüllt. Einzelne Algenbruchstücke von der Korngröße der gesteinsbildenden Crinoiden-Reste sind beigemengt. Beim Hinzutreten mikritischer Matrix, verbunden mit der Größenabnahme der Crinoiden-Reste (0·5—2 *mm*), größere Häufigkeit von Mikroorganismen. Ästige, reich verzweigte tabulate Korallen teils umgelagert und schichtparallel angeordnet, teils in Wuchsstellung aufrecht im Sediment stehend. Die wenigen beobachteten Brachiopoden-Gehäuse sind zweiklappig.

Einheit 17 (Mächtigkeit 15 *m*):

Aufschluß: Gerüstkalk aus Korallen und Algen. Eingelagert Nester und Lagen von Crinoidenkalken, die Schichtung zeigen. Hohlräume und Spalten mit klarem Kalzit gefüllt.

Schliff: Vorwiegend Algen-Biomikrite mit einzelnen großen Tabulaten-Kolonien (Taf. 4: Fig. 5, 6) und mit Übergängen zu Crinoiden-Intrasparit bzw. -Intramikrit. In den Algenkrusten sind runde bis polygonale Pseudooide häufig, bei stärkerer Anreicherung tritt Pellet-Sparit auf. Korallenbüsche meist mit Kalkalgen-Krusten umgeben. Oft ragen sie so umkrustet in mit Fiberkalzit gefüllte Hohlräume (Taf. 5: Fig. 2), die ihrerseits wieder mit Kalkalgen-Krusten umgeben sind. Einige Kalkalgen-Krusten sind unregelmäßig von bis 2 *cm* großen, mit granulärem Kalzit gefüllten Hohlräumen durchsetzt (Taf. 5: Fig. 2). Mit Fiberkalzit gefüllte Spalten durchziehen senkrecht zur Schichtung das Gestein (Taf. 2: Fig. 4).

Einheit 18 (Mächtigkeit 10 *m*):

Aufschluß: Heterogen zusammengesetzter grauer Kalk aus

1. Crinoidenkalk-Lagen mit reicher Fauna;
2. Breccien und Geröllagen;
3. Gerüstbildner-Kalk.

Häufig sind Hohlraumfüllungen.

Schliff: Gesteine der Einheit unterteilbar in Sedimente der Spalten sowie Hohlräume und ursprüngliche Sedimente der von Spalten und Hohlräumen durchsetzten Schichten. Letztere unten aus Crinoiden-Intramikrit bzw. -Intrasparit bestehend. Bei stärkerer Anreicherung von Crinoiden-Resten (80% Gesteinsanteil) und damit verbundener Abnahme von Matrixmaterial entsteht Crinoiden-Biosparit, wobei viele Crinoiden-Reste Kerne von Onkoiden bilden. Unter den vielen verschiedenartigen Biogenen treten

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

in diesem Gesteinstyp teils eckige, teils gerundete Gerölle biohermaler Organismen auf, die 1—10 *cm* ⌀ erreichen können. Bis 20 *cm* hohe Pterokorallen, teils in Wuchsstellung, teils gekippt, kommen zusammen mit den noch in Lebensstellung erhaltenen ästigen tabulaten Korallen vor. Grobes (2—5 *mm*) Korn oft von durchschnittlich 5 *mm* breiter Fiberkalzit-Lage überkrustet. Kalkalgen-Krusten verknüpft mit Pellet-Mikriten bzw. -Spariten sind eingeschaltet (Taf. 3 : Fig. 2). Im oberen Teil der Einheit ist Biomikrit bzw. Biosparit entwickelt, bestehend aus knolligen bis krustigen Korallen, Einzelkorallen, ästigen Korallen, Stromatoporen mit glatter und mit unregelmäßiger Oberfläche und Algenkrusten (Taf. 5 : Fig. 1). Hohlräume im Gerüst mit Fiberkalzit (Taf. 4 : Fig. 3) und Sediment gefüllt. Sedimente der Spalten und Hohlräume teilweise grau gefärbt, dann Pellet-Mikrit bzw. -Sparit, in dem viele kleine Brachiopoden, Schnecken, Ostracoden und Tentakuliten vorkommen (Taf. 3 : Fig. 3; Taf. 5 : Fig. 3). Biogene zeigen „fossile Wasserwaagen", wobei der untere mit Sediment gefüllte Teil der Schalen oft eine ganz besonders große Anreicherung mit Calcisphaeren aufweist. Zum anderen treten rote und grünliche Sedimente auf. Es handelt sich um durch tonige Substanz verfärbte Mikrite mit vereinzelt eingelagerten, scharfkantigen Crinoidenkalk-Bruchstücken (Taf. 4 : Fig. 4). Neben sehr kleinen Gastropoden sind darin auch Tentakuliten eingebettet.

Einheit 19 (Mächtigkeit 15 *m*):

Aufschluß: Grauer, massiger, ungeschichteter Stromatoporen-Algen-Kalk mit Lagen von Riffbildner-Breccien. Viele mit Kalzit gefüllte Spalten und Hohlräume durchsetzen das Gestein.

Schliff: Biosparit, zusammengesetzt aus knolligen und pfeilerförmigen Riffbildnern, die mit dicken Algenkrusten überzogen sind (Taf. 1 : Fig. 8; Taf. 6 : Fig. 3). In Hohlräumen des Riffgerüstes sind grobe (2—5 *mm*) und feine (0·2—2 *mm*) Crinoiden-Biosparite eingelagert (Taf. 6 : Fig. 3). Korallenbüsche in Wuchsstellung von Kalkalgen-Krusten umwachsen. Hohlräume mit Fiberkalzit gefüllt.

Einheit 20 (Mächtigkeit 11 *m*):

Aufschluß: Unten dunkle, harte, splitterige Kalke, zur Mitte hin helle Kalke mit Stromatoporen und Korallen und Rasen; oben allmählich bituminöser werdender Kalk, schließlich in Hercynellenkalk (Seewarte-Kalk, JHAVERI, 1968) übergehend.

Schliff: Intramikrit bis Pellet-Mikrit mit 5—30% Anteil an Crinoiden-Resten. Gelegentlich der Schichtung folgende Stromatoporen-Krusten bis zu 20 *cm* Dicke, die stark von stromatolithischen Algen überkrustet sind (Taf. 6 : Fig. 2), auch einzelne ± runde Biogene allseitig von Algenkrusten umgeben, z. T. sogar nur auf der Unterseite. Algen-Krusten leiten in Algen-Biomikrite über, die Korallenbüsche in Wuchsstellung umwachsen haben. Große runde und auch polygonale Pseudooide sind lagenweise häufig. Schichtparallele Hohlräume (5—15 *mm* breit) sind mit gebändertem Fiberkalzit gefüllt. Auch Körner von 2 bis 5 *mm* ⌀ sind oft von einer zirka 5 *mm* dicken Fiberkalzit-Schicht überzogen. In Algen-Krusten treten unregelmäßig begrenzte, bis 1 *cm* große Hohlraumfüllungen granulären Kalzits auf.

5. Die Hohlräume und Hohlraumfüllungen

Die innerhalb der beschriebenen Sedimente entwickelten Hohlräume lassen sich auf Grund ihrer Genese und ihrer Merkmale wie folgt klassifizieren:

I. Primäre Hohlräume
- A. Schichtparallel
  - a) mit einschichtiger Kalzitlage
  - b) mit mehrschichtiger Kalzitlage
- B. Nicht an die Schichtung gebunden
  - a) in Gerüstkalken
  - b) in Algen-Krusten

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

II. Sekundäre Hohlräume
A. Tektonisch oder durch Lösung gebildet
B. Diagenetisch entstanden.

I. Primäre Hohlräume

I. A. a Primäre, schichtparallele Hohlräume mit einschichtiger Kalzitlage

Beschreibung:

Grobe Biogene (2—10 *mm* ⌀) sind in den Einheiten 7, 8, 14, 18 und 20 oft mit einer wenige *mm* dicken, einschichtigen Kalzitlage überzogen. Bruchflächen parallel zum Kalzitüberzug zeigen, daß sich die Kruste wie ein Kanten und Unebenheiten ausgleichendes, dickes Tuch schichtparallel über die Biogene legt. Diese Krusten sind nur auf gröberen Körnern in Lagen ohne Matrixmaterial zu beobachten.

Deutung:

Die chemischen Anlagerungen in den schichtparallelen Hohlräumen dieser Art weisen nach KREBS (1966) darauf hin, daß in den submarin ausgewaschenen Detrituslagen die Strömung für den Absatz von feinem Kalkschlamm zu kräftig war. Hier schied dann das oberflächennah fließende, kalkübersättigte Wasser Kalzit aus, der die groben Bestandteile teils völlig umkleidete und aneinander band, teils die gesamte Oberfläche mit einer Schicht überzog. Zur Entstehung von Krusten dieser Art hält auch STAUFFER (1962) starke Strömung für notwendig. NEWELL (1955) beobachtete auf dem Raroia Riffplateau nahe der Küste Gerölle, die durch fibrosen Aragonit zementiert waren. In dieser durch den äußeren Riffgürtel geschützten Flachwasserzone wärmt sich das Meer stark auf und überschüssiges Kalziumkarbonat wird als Kristallrasen auf der Sedimentoberfläche ausgeschieden. Die Strömung ist in diesem Bereich so stark, daß es zu keiner Sedimentation feinen Materials kommen kann. Kalzit-Krusten dieser Art sind in devonischen Kalken eine häufig zu beobachtende Erscheinung. So beschrieb z. B. KREBS (1966) Krusten aus den oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffsedimenten, die den oben beschriebenen Krusten in Genese und in äußeren Merkmalen gleichen. In unterdevonischen Crinoidenkalken bei Koněprusy (Mittel-Böhmen) sind dort, wo sie sich mit Algenriffen verzahnen, die gleichen Kalzit-Krusten zu beobachten. In Givet-Kalken des Lummaton-Steinbruches bei Torquay (Devonshire, Südengland) ist in die Stromatoporenrasen-Kalke das sogenannte „shell bed" eingeschaltet, in dem die 2—20 *mm* ⌀ erreichenden Biogene gleichfalls auf die beschriebene Weise überkrustet sind.

I. A. b Primäre, schichtparallele Hohlräume mit mehrschichtiger Kalzitlage

Treten auf in den Einheiten 1 und 2 sowie 10 bis 14.

Beschreibung:

Schichtparallel verlaufende, etwa 1 *cm* mächtige, horizontale und mehrere Meter messende Hohlräume sind eingeschaltet in feine und grobkörnige Kalke. Die Hohlräume sind beiderseitig mit einer Kalzitschicht ausgekleidet, die aus vertikal zur Oberfläche angeordneten, dünnen (etwa 0·5 *cm* lang), parallelrandigen und sich in der Hohlraummitte berührenden Kalzitlamellen besteht. Diese besitzen eine feine *mm*-breite Bänderung durch Beimischung feinster, grauer und roter Pelite. Dort, wo die Hohlraumwände weiter auseinanderrücken, wandern auch den Wänden anliegende gleichmächtige Kalzitlagen auseinander, und der verbleibende Hohlraum ist entweder mit neu eingeschalteten Kalzitlamellen gefüllt oder aber mit klarem, unverfärbtem, granulärem Kalzit.

Neben den in Lagen lang aushaltenden etwa 1 *cm* breiten Hohlräumen kommen auch Formen von schichtparallel ausgelängten ovalen oder unregelmäßig schlauchförmigen oder pfannkuchenähnlichen, 10—50 *cm* langen Hohlräumen vor, die gelegentlich auch einige *cm* hoch sein können. Die Basisteile der Hohlräume sind in wenigen Fällen mit einer dünnen Lage Pelit ausgekleidet. Über dieser liegen dann oft mehrere aufein-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

anderfolgende Schichten lamellären Kalzits. Die jüngste Schicht hat sich in einem Hohlraum von der Decke gelöst und ist mit einem Ende noch an der Decke befestigt, mit dem anderen Ende liegt sie der den Boden bekleidenden Schicht auf. Diese abgelöste Schicht ist nun in groben, granulären, unverfärbten Kalzit eingebettet.

Deutung:

Der wandständige, senkrecht zur Oberfläche in Lamellen aufgewachsene Kalzit entspricht dem „sparry calcite" STAUFFER's (1962) und deutet damit auf die Füllung eines bereits vorliegenden oder sich im Laufe der Füllung öffnenden Hohlraumes hin. In einem mit karbonatgesättigtem, zirkulierendem Wasser gefüllten Hohlraum beginnt das Wachstum von Kalzit mit der Bildung vieler kleiner Kristalle an den Wänden. Beim weiteren Wachstum tritt eine Konkurrenz in bezug auf den Platz ein, und die Kristalle, die senkrecht zur Oberfläche der Wand wachsen, besitzen das schnellste Wachstum. Sie verdrängen die anderen, bis sie schließlich über alle anders gerichteten dominieren. Die Anzahl der Kristalle nimmt somit sehr schnell mit der Entfernung von der Wand ab, während die Größe zunimmt, bis einander parallel gerichtete, etwa gleich große Kristalle verbleiben. So entstanden der Wandung anliegende Kalzitkrusten, die aus senkrecht zur Wandoberfläche angeordneten Kalzitlamellen bestehen. Es muß also angenommen werden, daß ein primärer Hohlraum vorhanden war, in den die Lagen von lamellösem Kalzit („sparry calcite") hineinwachsen konnten. Er kann durch Auflösung von Sediment-Bestandteilen entstanden sein, oder aber er stellt einen Raum dar, der ursprünglich von einer vergänglichen organischen Kruste eingenommen war, die schnell zusedimentiert wurde und frühdiagenetisch zersetzt werden konnte. Der so entstandene Hohlraum wurde dann von anorganisch ausgeschiedenem Kalzit gefüllt, wobei die zirkulierenden Wässer eine pelitische Trübe enthielten, welche die wachsenden Kristallite grau und rot einfärbte und damit eine feine Bänderung verursachten. Teilweise setzte sich Tonsubstanz als dünne Lage auch am Boden ab. Eine Kalzitkruste ist meist aus etwa 5 *mm* langen Kristallen zusammengesetzt, d. h. etwa 5 *mm* dick. Erneute Anlieferung von mit Kalziumkarbonat übersättigtem Wasser ließ in vielen Fällen auf der alten Kalzitkruste eine neue sprossen. Es wurden bis zu 10 übereinanderliegende Kalzitkrusten beobachtet. Noch verbleibende Resträume werden in einer späteren Phase der Kalkabscheidung mit klarem, granulärem Kalzit gefüllt.

Eine gewisse Ähnlichkeit der beobachteten Hohlräume mit von A. G. FISCHER (1964) beschriebenen „sheet cracks" aus triassischen Dachsteinkalken ist vorhanden, doch sind „sheet cracks" durch Schrumpfungserscheinungen in sehr feinem Sediment erklärt worden, während die hier beschriebenen Hohlräume in grobkörnigem, an feinen Bestandteilen armem Sediment entstanden.

Die von CHLUPAC (1955) vom „Cisařsky Lom"-Steinbruch in Koněprusy (Mittel-Böhmen) aus sehr grobem, an Stromatoporen und anderen Biogenen reichem Crinoidenkalk beschriebenen Hohlräume aus dem unterdevonischen oberen Koněprusy-Kalk sind ebenfalls sehr ähnlich, doch zumeist stärker mit Peliten gefüllt. Nach eigenen Beobachtungen sind aber die internen chemischen Anlagerungen genauso ausgebildet wie im Seewarte-Profil, und die Entstehung ist wohl die gleiche. Neben pelitischem Bodenbelag reten hier allerdings auch Innenausfüllungen von Resträumen mit feinem Sediment auf.

Die Hohlraumfüllungen in Givet-Kalken des Long-Quarry-Point-Steinbruchs in Torquay (Südengland) gleichen dagegen Hohlraumformen des Seewarte-Profils. Hier sind die Hohlräume willkürlich in Wechsellagerungen von Stromatoporen-Krusten und Crinoiden-Kalken eingeschaltet.

I. B. a Primäre, nicht an die Schichtung gebundene Hohlräume in Gerüstkalken

An Riffgerüste gebundene Hohlraumfüllungen sind in den Einheiten 5, 15, 17, 18 und 19 festgestellt worden (Tafel 6: Fig. 1; Tafel 3: Fig. 1).

Beschreibung:

Zwischen den aufeinander wuchernden und einander umkrustenden Gerüstbildnern der Riffrasen sind neben sedimentgefüllten Hohlräumen auch solche mit konzentrisch den Wänden anliegenden Kalzitkrusten vorhanden. Die einzelnen Kalzitlagen zeigen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

dabei die oben beschriebenen 0·5—1 *mm* breiten grauen und roten Bänder. Etwa 10 — ungefähr 3—10 *mm* dicke — Kalzitschichten können übereinander liegen. Resträume sind entweder mit klarem, grobem, granulärem Kalzit oder mit sehr feinem, viele Calcisphaeren enthaltendem Kalkschlamm gefüllt.

Deutung:

Die Lagen lamellösen Kalzits müssen zu einer Zeit abgeschieden worden sein, als noch Verbindung zu freiem Meereswasser bestand, da noch feine Trübe in die Hohlräume gelangen konnte, nachdem sich bereits Kalzitkrusten gebildet hatten. NEWELL (1955) berichtet, daß die oberflächennahen Gesteine der Riff-Front am Raroia Atoll 25—50% des Volumens offenen Raum haben. Meist bleibt der Raum dort, wo noch starke Turbulenz herrscht, ungefüllt. Aufeinanderfolgender Korallen- und Algenbewuchs begräbt dann die Hohlräume, meist ohne sie völlig zu schließen. Die zunehmend stärkere Behinderung der Zirkulation des Seewassers im Riffgerüst führt schließlich in den meisten Fällen zu einer Ausfüllung der primären Öffnungen mit Foraminiferen und feinem Detritus. Viele der Hohlräume werden jedoch nur unvollständig gefüllt. Hier kann es dann zur Ankristallisation von Kalzit kommen. CULLIS hat 1904 vom Funafuti-Atoll sekundäre Füllungen von Hohlräumen mit Lagen lamellösen Kalzits und Aragonits beschrieben, die etwa 7 *m* unter der Oberfläche in den Kalken der Riff-Front auftreten. In der Bohrung wurden auch Hohlräume angetroffen, die noch nach Ausscheidung von Kalzitkrusten eine Ausfüllung mit Riffdetrius erfahren hatten. Chemische Ausscheidung von Kalzit war also hier bereits erfolgt, als das Seewasser noch ungehinderten Zugang zum Hohlraum hatte.

Im permischen Capitan Reef von West Texas besteht der eigentliche Riffkalk zu 50% aus Zwischenraumfüllungen, und hier sind einige der Hohlräume nach einer Auskleidung durch chemisch abgeschiedenen Kalzit mit feinem Quarzsand gefüllt, der den Sedimenten des Schelfbeckens gleicht (NEWELL, 1957).

Vergleiche mit rezenten und gut bekannten fossilen Riffen lassen demnach den Schluß zu, daß die beschriebenen Hohlraumfüllungen in Teilen des Riffkörpers entstehen, die heftiger Turbulenz ausgesetzt sind, d. h. wahrscheinlich am äußeren Rand des Riffs.

I. B. b Primäre, nicht an die Schichtung gebundene Hohlräume in Algenkalken

Hohlräume in Algen-Krusten sind am weitesten verbreitet und treten in den Einheiten 4, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18 und 20 auf (Tafel 5: Fig. 2; Tafel 2: Fig. 3).

Beschreibung:

Die Wandflächen sind glatt, und der Übergang von Kalkalgen-Krusten zu Kalzit-Lagen ist scharf. Senkrecht zur Schichtung geschnittene Hohlräume zeigen, daß Kalkalgen-Krusten an der Basis der Hohlräume nie vorhanden sind, sondern sich nahe der Basis von den Seiten abwenden und den Detritus daneben überkrusten, d. h. den Hohlraum bis auf die Basis allseitig umgeben.

Deutung:

Algen scheinen einen ursprünglich auf dem Sediment gewachsenen Organismus an allen dem freien Seewasser und Licht zugänglichen Stellen überkrustet zu haben, genau wie sie den umliegenden Detritus überwucherten. Der vermutlich aus organischer Substanz oder Aragonit bestehende Organismus ist dann später aufgelöst worden oder zersetzt, und der damit entstandene Hohlraum ist mit intern chemischen Anlagerungen gefüllt worden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

II. Sekundäre Hohlräume

II. A. Sekundäre, tektonisch oder durch Lösung gebildete Hohlräume bzw. Spalten

Beschreibung:

Senkrecht zur Schichtung verlaufende, meist wenige *cm* breite Spalten sind mit Anlagerungen und mit Sedimenten gefüllt (Einheit 15, 17, 18 und 19). Einige bis zu 1 *m* breite Spalten sind an den Wänden zuerst mit chemisch angelagerten Kalzit-Krusten überkleidet und dann schließlich mit Sediment gefüllt worden. Bei einigen schmalen Spalten ist unter den wandständigen Kalzit-Krusten oft eine graue, feinschichtige, wenige *mm* dicke, mikritische Schicht ausgebildet, in der als Biogene Foraminiferen-ähnliche unregelmäßig gekrümmte Röhren und Calcisphaeren vorkommen (Taf. 2 : Fig. 4). Ränder der Spalten durchschneiden das Gestein scharf und gehen durch Biogene hindurch (Taf. 4 : Fig. 3).

Sedimente der Spaltenfüllungen sind unterschiedlich ausgebildet. Die auffälligsten sind rote und grünliche tonige Kalke, die in Farbe und Fossilinhalt an die roten und grünlichen Netzkalke der Wolayer Fazies erinnern (Taf. 4 : Fig. 4).

Neben den farbigen pelitischen Sedimenten sind graue Pellet-Mikrite und Mikrite mit kleinen Brachiopoden, Schnecken und Ostracoden entwickelt (Taf. 5 : Fig. 3). Die Biogene können Schillagen bilden (Taf. 3 : Fig. 3). In die Mikrite sind immer wieder große und kleine scharfkantige Riffbildner-Bruchstücke und Crinoidenkalk-Brocken eingesprengt (Taf. 4 : Fig. 4).

Deutung:

Die Entstehung der Spalten ist zu einem Zeitpunkt erfolgt, als das von den Spalten durchsetzte Gestein bereits verfestigt war. Die Fossilien des Gesteins werden scharf abgeschnitten und aufgearbeitete Teile des verfestigten Sediments sind als scharfkantige Brocken in die Sedimentfüllung der Spalten mit eingelagert. Eine Besiedlung der Hohlräume durch marine Organismen muß angenommen werden. Die in einigen Spalten unter den wandständigen Kalzitlagen ausgebildeten dünnen Mikrit-Lagen sind durch einen organischen Bewuchs der Spaltenwände entstanden, der Kalkschlamm erzeugte oder einfing. Ein Teil der in den Spaltensedimenten gefundenen Fossilien kann sehr gut an Ort und Stelle gelebt haben. A. G. Fischer (1964) hat im triassischen Dachsteinkalk mit roten Peliten gefüllte Spalten gefunden, in denen kleine Brachiopoden und Gastropoden sehr häufig sind. Er hält die Fauna für autochthon, d. h. zumindest im Lebensraum der Spalte aufgewachsen. Die ausgezeichnete Erhaltung der Fossilien im Spaltensediment läßt diesen Schluß auch für die hier beschriebenen Spalten zu. Krebs (1966) fand in den Spalten und Hohlraumfüllungen des oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider-Riffes Rotpelite und hält sie für Einspülungen von Sedimenten einer anderen Fazies, wenn er auch keine Beziehung zu den roten Cephalopodenkalken der näheren Umgebung nachweisen kann. E. Flügel und E. Flügel-Kahler (1963) konnten Rotpelit-Einschaltungen in den triassischen Dachstein-Riffkalken eindeutig der Hallstein-Fazies zuordnen und somit eine enge Nachbarschaft der beiden Fazies nachweisen.

Die Einspülung von Kalkschlammen aus andersartigen Faziesbereichen in Riffhohlräume ist leicht vorstellbar.

In Übereinstimmung mit dieser Vorstellung habe ich am Big Pine Key an der Südspitze Floridas beim Besuch eines am Schelfrand aufsitzenden Riffes beobachtet, daß nach einem kräftigen Wind die feinschlammigen Sedimente der Florida Bay bis zum Riff gelangten und sich dort in ruhigen Winkeln absetzten.

Die Entstehung der Spalten kann nach A. G. Fischer (1964) auf verschiedene Weise erklärt werden. Er nennt tektonischen Bruch durch Erdbeben, Schrumpfungsrisse und Lösung auf Klüften während einer Trockenlage, d. h. Verwitterung durch Regenwasser. Außer der zweiten Möglichkeit, die wegen der Größenordnung mancher Spalten und vor allen Dingen wegen der Gesteinszusammensetzung entfällt, erscheinen Erdbeben und Lösung als Ursachen sehr gut möglich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

II. B. Sekundäre, diagenetisch entstandene Hohlräume

Beschreibung:

In Kalkalgen-Krusten treten meist kleine, mit granulärem Kalzit gefüllte Hohlräume auf (Taf. 3 : Fig. 2; Taf. 5 : Fig. 2). Der Kalzit ist von unregelmäßigem Korn. Ehemals vorhandene Strukturen der Kalkalgen-Krusten werden von den Hohlraumwänden scharf abgeschnitten. Umwachsene Organismenschalen sind in den umkristallisierten Krustenteilen noch erhalten (Taf. 3 : Fig. 2). Die Kalzitkristalle dringen von den mit klarem Kalzit gefüllten Räumen in die feine umgebende Matrix oder in die Biogene ein. Die Grenzen zwischen den einzelnen Kristallen der Hohlraumfüllungen sind unregelmäßig verzahnt. Auch ein allmählicher Übergang vom Kalzitmosaik zum Mikrit der Algenkruste kommt vor.

Deutung:

Die beschriebenen Gebilde waren niemals Hohlräume, sondern stellen umkristallisierte Bezirke dar. WOLF (1965) zeigte an rezenten Algenkolonien, daß solche Hohlräume durch Umkristallisation sehr früh in der Diagenese entstehen. Die von STAUFFER (1962) geforderten Ausbildungsformen von durch Umkristallisation entstandenem Kalzit sind gegeben, d. h. ein Kalzitmosaik ist ausgebildet.

6. Auswertung der Beobachtungen

Die untersuchten Sedimentgesteine lassen sich petrographisch in drei Hauptgruppen unterteilen:

I. Schwarze Kalke
II. Helle Crinoiden-Kalke
III. Biogerüstkalke.

I. Bei den schwarzen Kalken sind drei verschiedene Typen zu beobachten:

a) Durch brotlaibförmige Kalkknollen charakterisierter Mikrit der Einheit 0b. Hoher Gehalt an Bitumen und kleine, nur vereinzelt auftretende Fossilreste weisen auf eine Entstehung in schlecht durchlüftetem Wasser hin. Ein allmählicher Übergang zum Crinoiden-Kalk im Hangenden und Liegenden der Schicht deutet eine enge Nachbarschaft der beiden Faziesbereiche an. Der feine bituminöse Kalk entstand aus Kalkschlamm, welcher entweder am Ort ausgefällt oder von benachbarten Gebieten hoher Kalziumkarbonat-Abscheidung herantransportiert wurde, um in Gebieten geringer Wasserbewegung zur Ablagerung zu kommen. Dunkle, stark bituminöse Kalkschlamme entstehen heute in Florida in großen Lagunen innerhalb der Mangrove-Wälder, wie etwa in der Whitewater Bay und im Mündungsfächer des Shark River in der Florida-Bay (SPACKMAN, SCHOLL & TAFT, 1964). Das Fehlen pelagischer Mikrofauna wie etwa von Calcisphaeren und Tentakuliten in den feinen Kalken weist auf einen dem offenen Meer fernen bzw. von ihm durch Barren getrennten Ablagerungsraum hin, in den pelagische Faunenelemente selten oder gar nicht gelangen konnten. Eine starke Bitumen-Anreicherung kann auch in einem sauren Milieu entstehen, indem Kalk aufgelöst und organische Substanz angereichert wird. Bakterien können das organische Material in Bitumen umwandeln.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

b) Kalke der Einheiten 0d, 0f, 0g (Tafel 1: Fig. 1, 2). Die Fossilreste sind nicht abgerollt und Ostracoden- und Brachiopoden-Gehäuse stets in zweiklappiger Form erhalten. Obwohl Pyrit auf reduzierende Bedingungen bei der Sedimentbildung hinweist, lassen doch vereinzelte autochthone kleine Korallenkrusten auf nicht lebensfeindliche Bedingungen an der Sedimentoberfläche schließen. Pseudooide sind in den Schichten häufig und bauen ganze Lagen auf.

Wie die Untersuchungen an Kalken der Bahama-Plattform zeigen (NEWELL u. a., 1959 und PURDY, 1963), können Pseudooide aus den Kotpillen des die Sedimentoberfläche bewohnenden Benthos entstehen. Ostracoden und Trilobiten stellten vermutlich einen wesentlichen Teil dieser Bodenbewohner dar, da sie fossil im Sediment häufig sind. Die Oberfläche des Sedimentes beherbergte demnach eine reiche Fauna, während im Inneren des Sediments in einer geringen Tiefe (*cm*-Bereich) reduzierende und lebensfeindliche Bedingungen herrschten. Verhältnisse dieser Art beobachtete ich im Sommer 1966 vor der jugoslawischen Küste bei Tucepi in etwa 3 *m* tiefem Wasser. Hier lebt auf der Kalkschlamm-Oberfläche eine reiche Fauna, vornehmlich aus Foraminiferen, Ostracoden, Holothurien, einzelnen Lithothamnien-Kolonien, Muscheln und knolligen Korallen-Kolonien bestehend. Im flacheren, gut durchlichteten Bereich gesellt sich noch ein dichter Bewuchs der angiospermen Wasserpflanze *Thallassia* hinzu. Wenige *cm* unter der hellgrauen oberen Sedimentschicht ist der Kalkschlamm schwarz gefärbt und riecht stark nach Schwefelwasserstoff. Der Bereich dieser Sedimentbildung liegt in ruhigem, durch vorgelagerte Inseln geschütztem Wasser, das nur selten einmal während großer Stürme aufgewirbelt wird. Die Foraminiferen der offenen See sind diesem Sediment beigemengt und stellen eine pelagische Komponente dar in Analogie zu den Tentakuliten der devonischen Schichten.

Die Anlieferung des Sedimentmaterials in den schwarzen Kalken erfolgte wohl zum größten Teil aus den benachbarten Arealen der Crinoiden-Fazies. Sedimente mit weniger als 10% Kalkgehalt sind oft wenige *mm* unter der Oberfläche bereits schwarz. Der Gehalt an organischem Material ist dabei nicht einmal hoch (zirka 5%). Pyrit kann sich immer schnell und einfach bilden und das Sediment schwärzen (BRINKMANN, 1961, HÜLSEMANN, schriftl. Mitt.).

c) Die im Hangenden des aufgenommenen Profils aufgeschlossenen Hercynellen-Kalke sind durch reichen Bitumengehalt z. T. tiefschwarz gefärbt. Pyrit ist nicht vorhanden. Im obersten Teil der Schicht 20 setzt unvermittelt eine Schwarzfärbung des Stromatoporen-Algen-Korallen-Rasens ein, und wenige *cm* darüber sind im Kalk keine riffbildenden Organismen mehr vorhanden, dafür aber oft aufrecht stehende solitäre Pterokorallen, knollige Kolonien tabulater Korallen sowie unzerbrochene große, teils entrollte Gastropoden. Es gibt keine Anzeichen für eine kräftige Strömung, eher ist mit einem Stillwasserbereich im Schutz von Riffwällen und Untiefen zu rechnen, in dem eine große Anzahl von Gastropoden-Arten lebte (JHAVERI, 1968). Auch hier ist es ausgeschlossen, daß an der Sedimentoberfläche reduzierende Bedingungen herrschten, da die überall häufigen, autochthonen Einzelkorallen für normale Sauerstoffkonzentration sprechen. Crinoiden-Reste sind hier selten, und typisch ist trotz reicher Gastropoden-Fauna

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

ein völliges Fehlen von Platyceratiden, deren Lebensweise eng mit den Crinoiden verknüpft war. Außerdem fehlen Trilobiten, und Brachiopoden treten nur selten auf. Ooidreiche Lagen in den schwarzen Kalken deuten auf die Nähe von flachem, stark bewegtem Wasser (PURDY, 1963).

Aus den hellen Zwischenschichten der Hercynellen-Kalke machte PALLA (1967) eine Algenflora bekannt, die beweist, daß die Sedimente in durchlichtetem, flachem Wasser entstanden.

II. Helle Crinoiden-Kalke lassen sich in vier Ausbildungsformen unterteilen:

a) Crinoiden-Kalk mit viel mikritischer bzw. sparitischer Matrix vom Typ der Einheiten 10—12 (Tafel 1: Fig. 3; Tafel 2: Fig. 2). Die einzelnen Crinoiden-Fragmente sind nie abgerollt, ein Zeichen für kurzen Transport vom Lebensort zur Stelle der Einbettung. Hier für liefert das Vorkommen von mit Armen erhaltenen, vollständigen Crinoiden-Kelchen einen weiteren Beweis. Wasserbewegung war jedoch vorhanden, wie Onkoide bezeugen. Bei diesen handelt es sich um Kalkalgen-Krusten, die einzelne am Boden hin und her bewegte Biogene allseitig umwachsen haben. Die Strömung verhinderte zwar die Ablagerung von Kalkschlamm, ihre Stärke reichte jedoch nicht aus, um zwischen den groben Körnern der zerfallenen Crinoiden-Fragmente das feine Sediment herauszuspülen.

NEWELL (1957) stellte in seinen Untersuchungen an den Sedimenten der luvseitigen Lagune der Great Bahama Bank fest, daß trotz kräftiger Strömung die dort entstehenden Ablagerungen im wesentlichen aus den Resten am Ort gewachsener Organismen bestehen (siehe auch LAPORTE, 1966). Reichverzweigte *Porites*- und *Acropora*-Korallenbüsche besiedeln hier das grobkörnige Sediment. Die feinen Sediment-Bestandteile werden durch Wellen und Strömung in die offene See gespült. Selten sind in diesen Sedimenten Reste von Organismen, die im nahegelegenen Riff lebten.

Ähnliche Bedingungen müssen im Ablagerungsraum der hellen Crinoiden-Kalke geherrscht haben. Das grobkörnige Bodensediment war von einem Wald langstieliger Crinoiden bedeckt. Buschartig verästelte tabulate Korallen waren eingestreut und bildeten dort, wo sie enger zusammentraten, Korallen-Dickichte, die vermutlich den *Acropora*-Dickichten in mittleren Lagunentiefen des Bikini-Atolls ähnelten (LADD, TRACEY, WELLS & EMERY, 1950).

b) Grober, gut sortierter Crinoiden-Kalk ohne mikritische Matrix mit Kalzitkrusten (Tafel 1: Fig. 5).

Die als Bruchstücke eingebetteten Reste ästiger tabulater Korallen sind von der Strömung schichtig eingeregelt. Dort, wo die Körner alle der gleichen Größe sind und auch eine Matrix völlig fehlt, sind die Crinoiden-Reste von einer Kalzitkruste umgeben, die in Richtung der optischen Achse der Crinoiden-Reste ausgerichtet ist.

Die einzelnen Platten rezenter Echinodermen-Gehäuse sind aus einem feinen Gerüst von Kalkspatkristallen aufgebaut, deren optische Achsen parallel verlaufen. Nach LUCIA (1962) werden diese Platten nach dem Tode des Tieres frühdiagenetisch zu einem soliden Einzelkristall. Die den Crinoid-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Rest umgebende Kalzitkruste ist ein Weiterwachsen des Einzelkristalls, wobei Porenraum gefüllt wird. Es entsteht dann ein im Schliff typisches Mosaikmuster (Tafel 1: Fig. 5).

Neben dem Überwuchs, der nur an aus optischen Einzelkristallen bestehenden Echinodermen-Resten auftritt, gibt es an vielkristallachsigen Resten (Korallen, Brachiopoden, Mollusken) aus kleinen fibrosen Kalzitkristallen bestehende Überzüge („dog tooth cement", LUCIA, 1962), die jedoch nur in Einheit 14 beobachtet wurden. LUCIA erklärt das seltene Auftreten von „dog tooth cement" im Vergleich mit dem häufigen „rim cement" damit, daß die Wachstumsrate des letzteren größer ist.

Das Lebensbild dieses Crinoiden-Kalkes sah wohl dem letzteren ähnlich, doch muß eine kräftige Wasserbewegung gefordert werden, die die Zerfallsprodukte des Crinoiden-Waldes sortierte und alle feinen Sedimentpartikel wegführte. Überzüge von einschichtigen Kalzitlagen auf groben Crinoiden-Kalken deuten darauf hin, wie auf Seite 2/3 eingehend erläutert, daß ganz flaches, mit Kalziumkarbonat übersättigtes, turbulentes Wasser das Bildungsmilieu abgab.

c) In den umseitig beschriebenen Crinoiden-Kalken sind in fast allen Einheiten Kalkalgen-Krusten als wenige *cm* dicke Lagen eingeschaltet, in Einheit 9 übergehend in eine mächtige Schichtenfolge, in der nur noch vereinzelt Crinoidenkalk-Lagen und -Nester vorkommen (Tafel 1: Fig. 8; Tafel 4: Fig. 5).

Algenmatten auf dem Meeresboden haben einen starken Einfluß auf die Ansammlung von Sediment (GINSBURG & LOWENSTAM, 1958). Die Decke klebriger, löchriger Cellulose hält feines Sediment fest und umwächst es. GINSBURG (1954) beobachtete bei einer Kultur von *Phormidium* im Laboratorium das Durchwuchern einer 4 *mm* dicken Sedimentüberlagerung innerhalb von 24 Stunden. Die Algenschicht hatte sich in dieser Zeit zur Oberfläche durchgearbeitet und bildete nun einen Bodenüberzug, welcher die Erosion des Sedimentes durch Wasserbewegung verhindert.

Bei diesem Vorgang entstehen laminierte Lagen. Die Knollen-Laminae der Stromatolithen spiegeln also eine rhythmische Sedimentverfestigung wider.

Faktoren für den Wuchs rezenter Algen sind nach JOHNSON (1961) Tiefe, Salinität, Intensität des Lichtes, Strömungsverhältnisse und bei Flachwasserbewohnern Beschaffenheit des Bodens. Lichtintensität und Salinität sind dabei die wichtigsten. Algenmatten- und -filme treten in der Gezeitenzone Floridas bis in etwa 2 *m* Tiefe unter der Niedrigwasserlinie (GINSBURG & LOWENSTAM, 1958) auf. J. H. JOHNSON (1961) und GINSBURG (1954) stellen fest, daß krustenbildende Algen — in Frage kommen vor allen Dingen Grünalgen und blaugrüne Algen — im allgemeinen flaches Wasser bevorzugen und auch ein kurzfristiges Trockenfallen ertragen können.

Ein zelliger Aufbau ist im fossilen Material meist nicht mehr zu erkennen. WOLF (1965) zeigte an rezenten Algenriffen, daß zelluläre Algen-Kolonien sich häufig frühdiagenetisch in feine, Strukturlose Mikrite umwandeln.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Dort, wo Algenlagen auftreten, sind oft auch Pseudooide und Onkoide vorhanden. Die Pseudooiden-reichen Partien (Tafel 1: Fig. 7) erinnern stark an die von PURDY (1963) von der Great Bahama Bank beschriebenen „Grapestone-Sedimente". Hier bilden sich um Kalk-pellets (Kotpillen) in ruhigem Wasser Algenkrusten. Außerdem füllen sich die Hohlräume zwischen den Kotpillen mit Schlamm, der an organischem Material reich ist. Kalziumkarbonat-Ausfällung findet in den Hohlräumen durch Bakterien statt. Hierbei werden die Kotpillen durch eine Kruste verbunden. Es gibt alle Übergänge von „Grapestone-Sedimenten", die noch Kotpillen-Form erkennen lassen, zu krustigen mikritischen Lagen, in denen die Form der Kotpillen nicht mehr sichtbar wird. Der im Entstehungsbereich der „Grapestone-Sedimente" anfallende Kalkschlamm kommt auf Grund leichter Wasserbewegung nicht zur Ablagerung, während die Kotpillen kaum bewegt werden. Sedimente dieses Typs gibt es von der Gezeitenzone bis in etwa 42 *m* Tiefe auf der Great Bahama Bank.

Eine Rekonstruktion der Lebensverhältnisse dieses Sedimentationsbereiches im Profil der Seewarte ist nun möglich. Es handelt sich um Bildungen in flachem Wasser, und es ist wahrscheinlich, daß bei niedrigem Wasser Teile des Sediments trocken lagen. Die vornehmlich aus Kalkalgen-Krusten zusammengesetzten Schichtelemente entstanden in bis zu 2 *m* tiefem Wasser, während die an Pseudooiden reichen „Grapestone-Sedimente" in bis 40 *m* tiefem Wasser zur Ablagerung kamen. Die Lebensbedingungen für Crinoiden und Korallen waren nicht günstig, einerseits wohl wegen des zu flachen Wassers und andererseits wegen zu schwacher Wasserbewegung, die nicht ausreichte, um genügend Nahrung für einen dichten Bewuchs heranzubringen. Einzelne Stromatoporen- und Korallen-Kolonien sowie Crinoiden besiedelten dennoch diese Sedimente durchgehend in lockerem Bewuchs. Die Häufigkeit von Kalkalgen läßt auch paläoklimatische Schlüsse zu. Nach FRIEDRICH (1965) liegt der Schwerpunkt der geographischen Verbreitung der Kalkalgen — sowohl der Grünalgen als auch der Rotalgen — in tropischen und subtropischen Meeresgebieten. Somit ist für die Ablagerung der Sedimente des Seewarte-Profils warmes Wasser eines tropischen oder subtropischen Meeres zu fordern.

d) Charakteristisch für den nächsten Typ ist der Umstand, daß neben den Kalkalgen-Krusten ebenso wenige *cm* mächtige Krusten biogener Gerüstbildner in den Crinoiden-Kalk eingeschaltet sind (Tafel 5: Fig. 1). Die einzelnen Kolonien sitzen auf Algenkrusten und anderen groben Biogenen. Neben knolligen Korallen, Algen und Stromatoporen sind Wurzelorgane von Crinoiden und die Basisteile ästiger tabulater Korallen mit der Kruste verwachsen und auf der Kruste aufgewachsen. Das Zusammenleben der Bewohner des Crinoiden-Waldes mit krustenbildenden Organismen weist darauf hin, daß sich die Lebensbedingungen für jene zur Zeit der Krustenbildung nicht verschlechtert hatten. Die Krustenbildner konnten nur dann wachsen, wenn wenig Sedimentation stattfand, während die Organismen des Crinoiden-Waldes an starke Sedimentation angepaßt waren.

III. Die Biogerüstkalke lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

a) Aus Gerüstbildnern aufgebauter Kalk mit sediment-gefüllten Hohlräumen der Einheiten 4 und 8 (Tafel 4: Fig. 2).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Oft sind lange und in Zusammenhang verbliebene Crinoiden-Stiele wirr gelagert in die Sedimente der Hohlraumfüllung eingebettet.

GINSBURG & LOWENSTAM (1958) beschreiben aus den im Schutz der Riffe befindlichen Lagunen Floridas Riffstotzen, deren Hohlräume wegen ihrer Lage im ruhigen Lagunenwasser schnell mit feinem Lagunen-Sediment und von Riffstotzen stammenden Organismenresten gefüllt werden. Die Lagunen des Alacran Riffs der Yucatan-Plattform sind auf dem Luftbild mit dunklen Punkten übersät, bei denen es sich um Riffstotzen im Durchmesser von wenigen Metern bis 100 *m* handelt (KORNICKER & BOYD, 1962).

MCKEE (1959) stellte an Riffstotzen in der Kapingamarangi Lagune fest, daß die in großer Zahl auftretenden Hohlräume zum allergrößten Teil mit detritogenem Sediment gefüllt sind. Besonders die in Platten zerfallende Alge Halimeda stellt einen großen Anteil und ist vielleicht mit den Crinoiden vergleichbar.

Für die seitlich unvermittelt in Crinoidenkalk übergehenden Riffstrukturen des Profils wird angenommen, daß es sich bei ihnen um einzelne Riffstotzen handelt, die hinter dem Riffkamm in der stilleren Lagune wuchsen. Die Faunenelemente des den Riffstotzen umgebenden Crinoiden-Waldes besiedelten den Stotzen, und ihre Überreste füllten zusammen mit Kalkschlamm die Hohlräume.

b) Biogerüstkalke, die mit organogenen und chemischen Sedimenten gefüllte Hohlräume enthalten, sind in den Einheiten 15, 17, 18 und 19 ausgebildet. Eine Analyse der Hohlraumfüllungen wurde auf Seite 215 durchgeführt. Direkt neben und über autochthonen Biogerüsten sind eckige und ± abgerundete Riffbildner-Bruchstücke zur Ablagerung gekommen. Im Hangenden und Liegenden der Biogerüstkalke und in sie eingeschaltet sind im oberen Teil der Schicht 14 und in Schicht 18 die fossilreichsten Lagen des Profils entwickelt. Besonders auffällig sind unter ihnen Nester mit einer Anhäufung großer Exuvien von Scutelluiden. Vergleichbar sind diese Verhältnisse mit den Befunden aus dem Oberen Koněprusy-Kalk vom Steinbruch „Cisařský Lom" bei Koněprusy (Mittel-Böhmen) (CHLUPAC. 1955). Hier verzahnen sich Algenriffkalke und Crinoidenkalke. In in der Nähe des Riffrandes gelegenen Nestern sind Scutellum- und Harpes-Lumachellen sowie Anreicherungen von Pentameriden häufig. Diese Lumachellen entsprechen den Scutellum-Anhäufungen, die in den Einheiten 14 und 18 im Seewarte-Profil zu beobachten sind. Die Lumachellen dieser Art sind in Koněprusy nur am Rande des gewachsenen Riffkörpers, aber noch im Biogerüst-Kalk entwickelt. Das gleiche gilt für die *Scutellum*-Nester der Seewarte. Am Riffhang sind in Koněprusy aus zerbrochenen Riffbildnern bestehende Schuttfächer ausgebildet, vergleichbar den Riffbildner-Schuttlagen der Einheiten 14, 17 und 18 im Seewarte-Profil. In den Crinoiden-Kalken nahe am Riffrand des „Cisařský Lom" Kalkalgenriffs ist die Fauna ganz besonders reich, wie in vergleichbaren Einheiten der Karnischen Alpen. Im Steinbruch „Cisařský Lom" kann man die Verzahnung der verschiedenen Gesteinstypen lateral verfolgen, während im Profil der Seewarte nur eine vertikale Aufnahme möglich ist.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

In rezenten Riffbildungen gehen vom wachsenden Riffkörper Schuttfächer zertrümmerter Rifforganismen aus. Eine besonders reiche Fauna lebt hier direkt unter der Niedrigwasserzone im meerseitigen Riffgürtel, in völliger Übereinstimmung also mit Befunden aus unterdevonischen Riffen der Karnischen Alpen und Böhmens.

Die Gerüstbildner-Kalke der Einheiten 15, 17, 18 und 19 entstanden in einer Zone mit kräftiger Wasserbewegung. Die Brandung zertrümmerte Teile des Gerüstes, und so entstanden in direkter Nachbarschaft zum Riffgürtel Schuttfächer. Hohlräume im Gerüst wurden wegen der starken Wasserturbulenz nicht oder nur teilweise mit Sediment gefüllt. Unterhalb der Niedrigwasserlinie lebte eine reiche Fauna in weniger kräftiger Strömung. Tütenförmige Bryozoen-Kolonien wurden hier nicht von der Brandung zerschlagen. Aus dem offenen Meer wurden genügend Nahrungspartikel herangebracht, die das reiche Leben ermöglichten.

7. Vergleiche mit rezenten und fossilen Riffen

Ein Vergleich der im Profil angetroffenen verschiedenen Sedimenttypen mit Ablagerungen aus Gebieten rezenter Karbonatausfällung ist mit Einschränkungen möglich. Die gesteinsbildenden Faunen-Elemente haben sich seit dem Devon zwar in ihrer Art und Zusammensetzung sehr stark verändert, doch lassen sich Analogieschlüsse ziehen.

Insgesamt betrachtet, besteht große Ähnlichkeit der Ems-Gesteine am Wolayer See mit Gesteinen aus rezenten Riffablagerungen.

Newell (1955) unterscheidet zwischen Riffablagerungen im engeren Sinne, die wegen der phototropischen Eigenschaften der Riffgemeinschaft in situ nahe der Meeresoberfläche als verfestigte, wellenresistente Konstruktion ausgebildet sind, und Riffablagerungen im weiteren Sinne, zu denen die wandernden Anhäufungen klastischer Sedimente und loser Schalen-Elemente in der Umgebung des eigentlichen Riffs gehören.

Am Fuße der Seewarte sind Riffe im engeren Sinne, d. h. wellenresistente Bauten koloniebildender Organismen, in denen die Riffbauer aufeinander wurzeln und somit keine Schichtung auftritt, gelegentlich in Einschaltungen vorhanden. Es überwiegen jedoch die geschichteten Profilabschnitte. Die großen rezenten Riffkomplexe im Pazifik sind vielgestaltige Gebilde, in denen nur der allerkleinste Teil aus Gesteinen besteht, die aus gerüstbildenden Organismen entstanden sind (Ladd & Tracy, 1950). Den Aufbau des gesamten Komplexes ermöglichen jedoch erst Riffe im engeren Sinne. Die Vorherrschaft geschichteter Sedimente im Profil der Seewarte spricht also nicht gegen eine Entstehung in einem Riffkomplex. Es wird angenommen, daß sie hinter der eigentlichen Riffzone in der Lagune entstanden. Kornicker & Boyd (1962) fassen die Sedimente der Lagune und des Riffes im engeren Sinne in den Gegriff „Riffkomplex" zusammen, der alle Sedimente beinhaltet, die durch das Riff im engeren Sinne beeinflußt werden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die Bedingungen, die VAUGHAM (1917) für rezente Riffbildungen aufstellte, gelten vermutlich auch für die Riffe der Devonzeit. Demnach benötigen riffbildende Korallen einen festen, für die Besiedlung geeigneten Untergrund, flaches Wasser (maximale Besiedlungstiefe 46 *m*), Wasser ohne großen Siltgehalt, Turbulenz, Anlieferung von Zooplankton [Phytoplankton ist für koloniebildende Coelenteraten nicht genießbar (GOREAU, 1960, 1961)] und eine ausreichende Lichtintensität für die symbiontischen Algen. Die Temperatur des Wassers darf ein Minimum von 18 Grad nicht unterschreiten, und die Salinität kann zwischen 27 und 38% schwanken. [Kleine Variationen der normalen Salinität sind meist tödlich für Rifforganismen, wie FAIRBRIDGE (1950) im Bereich des Great Barrier Reefs nachweisen konnte.]

Der Sauerstoffgehalt des Wassers muß hoch sein und die Strömung kräftig genug, um feine Sedimentpartikel und Exkremente fortzuspülen.

Die Riffbildung der Seewarte wird von Stromatoporen, Korallen und Algen getragen, wobei hier die Algen eher als Sedimentsverfestiger und Strukturverstärker zu werten sind. Eine Symbiose von Korallen und Zooxantellen läßt sich nicht nachweisen, doch deuten die immer anwesenden Algenkrusten auf eine Entstehung des devonischen Riffes im Bereich des Phytals hin.

Ein Vergleich der Sedimente der Seewarte mit den von KORNICKER & BOYD (1962) untersuchten Ablagerungen des Alacran-Riffs auf der Campeche-Bank im Golf von Mexiko läßt große Ähnlichkeiten erkennen.

Der Riffwall besteht hier aus Korallen- und Hydrozoen-Kolonien, während Kalkalgen im Gesamtaufbau zurücktreten, aber als Sedimentsverfestiger große Bedeutung haben. Die Situation ähnelt durchaus der bei den Riffstrukturen der Seewarte gegebenen. Im lagunenwärts gelegenen Teil der Riffplattform sind am Alacran-Riff Gerölle und Blöcke von Riffbildnern häufig, zwischen denen eine reiche Fauna lebt. Ebenfalls reich ist die Fauna im Flachwasserbereich des Riffwalles zur offenen See hin. Diese beiden Bereiche sind vergleichbar mit den faunenreichen Lagen 14 und 18 im Profil der Seewarte.

Zum lagunenwärts gelegenen Teil des Riffkomplexes hin wird die Fauna im Alacran-Riff allmählich artenärmer, wie dies in den liegenden Schichten des Riffkalkes im Seewarte-Profil ebenfalls zu beobachten ist.

Vom Riff durch starke Strömung in die Lagune transportierter Riffschutt wird im Alacran-Riff durch Kalkalgen verkrustet und damit stationär gemacht. Im Alacran-Riffkomplex kommt es nirgends zur Ablagerung von Kalkschlamm, sondern die feine Sedimentfraktion wird von der Strömung in die Umgebung des Riffs verfrachtet. Es entsteht also ein aus klastischen Bestandteilen zusammengesetztes Sediment. Dies ist ein Befund, der sehr gut mit den Beobachtungen an der Seewarte vergleichbar ist, denn auch hier wiegen die klastischen Sedimente bei weitem vor. Nur innerhalb einzelner, von der Wasserzirkulation abgeschlossener Becken innerhalb des Alacran-Riffkomplexes entstehen schwarze, übelriechende Sedimente voller Kotpillen und einer reichen Oberflächen-Fauna mit vielen Gastropoden. Mit diesen Sedimenten sind die schwarzen Kalke der Seewarte vergleichbar. Zu den Algenkalken der Einheit 9 im Seewarte-Profil gibt es im Alacran-Riff kein Gegenstück, doch finden sich Parallelen in den „Grapestone"-Sedimenten

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

der Bahama-Plattform und den Kalkalgenbänken, die südlich der Mississippi-Mündung im Golf von Mexiko liegen. Riffstotzen, wie sie im Profil an mehreren Stellen beobachtet werden konnten, sind in der Lagune des Alacran-Riffes häufig.

Die den untersuchten Kalken im Alter etwa gleichen Riffkalke von Koněprusy (Mittel-Böhmen) zeigen viele Ähnlichkeiten. Der eigentliche Riffkörper ist in der E-Wand des „Cisařský Lom"-Steinbruches bei Koněprusy gut aufgeschlossen. Der zentrale Teil des Riffkörpers besteht fast völlig aus krustigen Kalkalgen. Mehr zum Rand hin sind auch tabulate Korallen-Kolonien häufig, doch überwiegen die Algen als Gerüstbildner. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zu den Gerüstbildner-Kalken des Profils der Seewarte, die ja im wesentlichen aus Stromatoporen und Korallen bestehen. Die Verzahnung von geschichtetem Detrituskalk und autochthonen Riffgerüstkalk ist in Koněprusy sehr gut aufgeschlossen. Am Rand des Riffkörpers schalten sich in den Gerüstbildner-Kalk vereinzelt Brachiopoden- und Trilobiten-Lumachellen ein. In ihnen sind besonders Pentameriden, Scutelliden und Harpiden angehäuft, im Fall der Trilobiten vor allen Dingen große Exuvien. Lumachellen dieser Art sind in der Nähe der Gerüstbildnerkalke in den Karnischen Alpen ebenfalls vertreten, doch wegen der weniger guten Aufschlußverhältnisse nicht so gut als Nester zu erkennen. In Koněprusy folgt dem Algengerüst im Streichen entweder ein reiner, faunenreicher Crinoidenkalk, in dem viele zusammenhängende Crinoiden-Kelche vorhanden sind, oder ein an Crinoiden-Resten reicher Detritus-Kalk. Auffallend sind runde, knollige Solenoporen, die in diesen Kalken des Verzahnungs-Bereiches besonders häufig sind. In einer Lage konnte ein im wesentlichen aus Riffschutt bestehender Kalk mit vielen gut gerundeten Geröllen, die aus Algen oder Korallen des Riffgerüstes bestehen, gefunden werden. Im Houbuv-Steinbruch, der in geringer Entfernung vom Steinbruch „Cisařský Lom" die Crinoiden-Kalke noch einmal erschließt, ist der Anteil an Riffschutt im Crinoiden-Kalk nicht mehr groß, die runden Solenoporen sind jedoch noch häufig. Eine reiche Brachiopoden-Fauna und viele, gut erhaltene Bryozoen-Kolonien sowie Conocardien sind die beherrschenden Fossilien. Im W-Teil des Steinbruches „Cisařský Lom" fand sich eine Fossilanhäufung, in der Schnecken besonders häufig waren, daneben auch Orthoceren, Brachiopoden und Conocardien. Ebenfalls besonders fossilreich ist ein Schurf nördlich des Steinbruchs Homalak bei Suchomasty, in dem eine reiche Fauna mit Praenatica, Brachiopoden, Trilobiten, Bryozoen, ästigen tabulaten Korallen, Orthoceren und Conocardium auftritt. Diese an Fossilien besonders reichen Vorkommen erinnern an die sehr fossilreichen Horizonte in den Schichten 14 und 18 im Seewarte-Profil, wobei eine ähnliche Faunen-Zusammensetzung vorliegt, jedoch ein artlicher Unterschied festzustellen ist.

Vergleicht man mit dem von Krebs (1966) untersuchten oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffkomplex aus dem Rheinischen Schiefergebirge, so fällt einmal die Entstehung dieses Riffs auf einer vulkanisch entstandenen Schwelle ins Auge. Der zentrale Riffteil besteht zwar hauptsächlich aus Stromatoporen, Korallen und Crinoiden-Schutt, wie auch im Seewarte-Riff, doch handelt es sich um rugose und nicht um tabulate Korallen, und Kalkalgen spielen keine Rolle.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Im Lagunen-Bereich des Oberdevon-Riffes sind massige, riffnahe Schuttkalke bis dunkle, gut gebankte bis plattige Feinschlamm-Kalke entwickelt. Die kennzeichnende Fauna dieser Sedimente besteht aus Kalkschwämmen, ästigen tabulaten Korallen, Gastropoden, Ostracoden, Foraminiferen und Calcisphaeren und vereinzelt Stromatoporen-Rasen.

Im Unterschied zum unterdevonischen Riff der Seewarte sind in den meisten Lagunen-Sedimenten Crinoiden-Reste nicht gesteinsbildend. Außerdem treten Algenkrusten und Korallen-Stromatoporen-Krusten und -Rasen sehr in den Hintergrund. Im Unterdevon der Karnischen Alpen fehlen Kalkschwämme und Foraminiferen-Reichtum.

Die gegen die offene See hin entstandenen Gesteine des Langenaubach-Breitscheider Riffkomplexes bestehen aus eckigen Brekzien von Intraklasten und Riffbildnern. Dendroide Stromatoporen, Crinoiden und Brachioporen sind häufig. Der Arten- und Individuen-Reichtum der Fauna des oberdevonischen Riffes ist geringer als der vergleichbarer Gesteinsschichten in den Karnischen Alpen. Doch liegt ein ähnliches Gesteinsbild vor.

Die beschriebenen Kalke des Langenaubach-Breitscheider Riffes gehören den Iberger Kalken PAECKELMANN's an. Vergleicht man nun die anderen von PAECKELMANN ausgeschiedenen mittel- bis oberdevonischen Massenkalke — die Eskesberger, Schwelmer und Dorper Kalke —, so ergeben sich große Unterschiede vor allem in bezug auf die Schwelmer Kalke. Die „Rüben-, Block- und Rasenriffe", eingelagert in feinkörnige Mikrite, sind nach KREBS (Vortrag, 1957) Bildungen tieferen Wassers des Schelfs. Kalkalgen fehlen hier und wellenresistente Strukturen ebenfalls. Dieser Banktyp der Massenkalke (KREBS, Vortrag) überwiegt in den Vorkommen im Mitteldevon Belgiens (LECOMPTE, 1965) und am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges (Neandertal, Wuppertal, Iserlohn, Balve, Brilon, Warstein). Die Dorper und Eskesberger Kalke dagegen sind nach KREBS dem Riff-Typ der Massenkalke zuzurechnen. Hier trifft man Sedimente der wellenresistenten Riffe an doch liegt noch keine so genaue Untersuchung wie im Iberger Kalk des Langenaubach-Breitscheider Riffes vor. Von KREBS wurden aus dem Dorper Kalk Riffbrekzien, Erosionsrinnen, Crinoiden-Kalk und chemisch gefüllte Zwischenräume als Beweise für eine Entstehung im Riffkern gezeigt. Die Riffstrukturen unterscheiden sich jedoch von denen der Karnischen Alpen durch das Vorherrschen eines Riffbildners. Die Riffe der Eskesberger und Dorper Kalke bestehen vornehmlich aus Stromatoporen.

8. Zusammenfassung

I. Stratigraphie:

Zusammen mit den noch aufgeschlossenen liegenden Schichten des aufgenommenen Profils am Fuße der Seewarte gehören die Einheiten 0a und 0b nach v. GAERTNER (1931) und VAI (1963) noch in die Schichten mit *Septatrypa megaera* und damit in das Ludlowium. Die Silur/Devon-Grenze soll nach ERBEN, FLÜGEL & WALLISER (1962) über den eigentlichen Schichten mit *Septatrypa megaera* in den dolomitischen Plattenkalken liegen. Nun hat sich gezeigt, daß 43 *m* über dem Beginn des aufgenommenen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Profils und 10 *m* über der letzten Bank schwarzer knolliger Kalke, die nach VAI noch der Zone mit *Septatrypa megaera* zuzurechnen sind, in der Einheit 0d eine reiche Trilobiten-Fauna vorliegt, die völlig der der hangenden grauen organodetritischen Kalke gleicht. Diese Fauna hat eine enge Beziehung zur Fauna der Prag-Stufe Rußlands (mündl. Mitt. Prof. ERBEN). Es wurde von ERBEN, FLÜGEL & WALLISER (1962) gezeigt, daß auf Grund dieser Fauna die grauen organodetritischen Kalke unteremsisches Alter haben. Somit gehören auch die gelblichen Plattenkalke ab Einheit 0d dem Unteremsium an.

Dieses Alter wird für die Plattenkalke auch noch durch das Vorkommen von *Karpinskia conjugla* ab Einheit 0e bestätigt. *Karpinskia conjugula* tritt demnach schon weit unterhalb der von v. GAERTNER (1931) beschriebenen untersten Fundstelle auf. (Nach v. GAERTNER's Beschreibung entspricht sein Fundpunkt der Einheit 7 oder 8.) Von Einheit 7 ab wurde außerdem noch *K. aff. consuelo* neu gefunden.

Das Emsium reicht also weiter in das Liegende der Seewarte-Kalke als bisher angenommen wurde. Gedinnium und Siegenium müssen also nach den neuen Ergebnissen zwischen dem letzten Vorkommen von *S. megaera* und der emsischen Fauna der Schicht 0d gesucht werden.

Das Alter der oberen Partien des aufgenommenen Profils ist durch ERBEN, FLÜGEL & WALLISER (1962) geklärt und reicht bis in das obere Unteremsium. Bestärkt wird dieses Ergebnis durch Untersuchungen von PALLA (1967) an Kalkalgen aus dem Seewarte-Kalk (JHAVERI, 1968). PALLA zeigt, daß die Gattungen *Lancicula* und *Litanaia* in Sibirien und Australien ebenfalls nur wie in den Karnischen Alpen im Unterdevon vorkommen.

II. Faunen-Beziehungen:

Faunen-Beziehungen zu den Kalken des Unteremsium der Seewarte ergeben sich beim Vergleich mit den Faunen Böhmens (Europäische Provinz, herzynischer Ökotyp nach ERBEN, 1967) sowie mit den Faunen Zentralasiens (Zentral-Asiatische Provinz nach ERBEN, 1967, und Uralo-Tienschan-Provinz der russischen Terminologie).

Unter den Trilobiten lassen sich bestimmte Arten einer der beiden Provinzen zuordnen. Sämtliche Weberopeltis-Arten, *Lobopyge* aff. *altirhachis*, *Crotalocephalus „myops"* TSCHERN., *non myops* WHIDBORNE, *Tropidocoryphe* n. sp., *Wolayella wolayae*, *Otarion (Coignouina)* n. sp. *A.*, *Proetus* aff. *supraconvexus* gehören der zentral-asiatischen Provinz an, *Ceratocephala* aff. *vesiculosa* gehört in den herzynischen Ökotyp der europäischen Provinz.

An Brachiopoden weist nur die Gattung *Karpinskia* zur zentral-asiatischen Provinz, während die anderen mit böhmischen Formen identisch sind.

Bei den Gastropoden sind sehr enge Beziehungen zu Böhmen feststellbar, die zentral-asiatischen sind aber für einen Vergleich zu wenig bekannt. Einzelne Formen der Crinoideen weisen in die zentral-asiatische Provinz.

PALLA hat 1967 aus den hellen Bänken der Seewarte-Kalke (JHAVERI, 1968) eine Reihe von Kalkalgen bekannt gemacht, die enge Beziehungen zu Formen aus dem Unterdevon des Kussbass Distrikts in Sibirien und von New South Wales in Australien aufweisen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verbindungen zum rheinischen Ökotyp der europäischen Provinz (ERBEN, 1967) sowie zum Grazer Paläozoikum bestehen im Unterdevon nicht.

III. Zeitlicher Ablauf der Biotopänderungen im Profil:

In flachem, bewegtem, nährstoffreichem und lichtdurchflutetem Wasser lagern sich die hellen Kalke, mit denen das aufgenommene Profil beginnt, ab. Korallen und Crinoiden sind durch Kalkalgen miteinander zu festen Krusten und Gerüsten verbunden. In Hohlräumen im Gerüst und in vor der Strömung geschützten Kalkschlamm-Bereichen werden die Reste pelagischer Tiere und Pflanzen abgesetzt. Das offene Meer hat ungehinderten Zugang, was für die folgende Schicht (0b) nicht mehr zutrifft. Eine Abschnürung des Sedimentationsbeckens durch Inseln oder Untiefen bewirkt, daß ein Bereich entsteht, in dem das Wasser ruhiger, wohl auch etwas tiefer und schlechter durchlüftet ist als vorher. Tiere sind selten und pelagische Organismen werden nicht eingespült. Für benthonische Lebewesen sind die Bedingungen schlecht.

Allmählich werden die Lebensbedingungen wieder besser, bis dann zur Zeit der Ablagerung der Einheiten 0c, 0e, 1—3 organodetritische Sedimente entstehen, die zum allergrößten Teil aus den zerfallenen Skelett-Elementen von Crinoiden zusammengesetzt sind. Dort, wo kurzzeitig keine Sedimentation stattfindet, wachsen Krusten von Korallen, Stromatoporen und Algen. Zwischen den Wäldern langstieliger Crinoiden erstrecken sich kleine Dickichte buschförmiger Korallen. Die Strömung ist kräftig und transportiert den anfallenden Kalkschlamm zum größten Teil ab, wobei sie in einzelnen Lagen die organischen Kalkreste nach ihrer Größe sortiert. Das offene Meer hat Zugang, denn für die reiche Fauna muß ein großes Nährstoffangebot zur Verfügung stehen.

Dreimal schalten sich in diesen, durch turbulentes Wasser gekennzeichneten Ablagerungsraum Sedimente ruhigeren Wassers und damit auch geringerer Korngröße (Einheiten 0d, 0f, 0g) ein. Eine reiche Boden-Fauna besiedelt diesen Raum und erzeugt Kotpillen, die einen wesentlichen Teil des Sediments bilden. Die Lebensbedingungen auf dem Boden lebender Organismen sind gut, trotz mangelnder Durchlüftung im Sediment-Inneren. Auf Grund dieser letzteren entsteht eine Schwefelwasserstoff-Sprungschicht im Sediment und damit verbunden eine Schwarzfärbung durch Bitumen und Pyrit. Aus dem offenen Meer gelangen Schalenreste pelagischer Organismen in diesen Lebensraum und kommen wegen der ruhigen Wasserverhältnisse besonders häufig zum Absatz.

Während die Sedimente im oberen Teil der Einheit 3 zur Ablagerung kommen, treten erstmalig Riffstotzen auf, die bis zu 10 *m* Höhe und 50 *m* Durchmesser erreichen können. Bisher waren Korallen und Stromatoporen zwar häufig vertreten und hatten sich auch gelegentlich zu auf großen Strekken zusammenhängenden Krusten und Rasen vereinigt sowie Einzelkolonien gebildet, jetzt aber bilden sie große Gerüststrukturen, die sich über die Crinoiden-Wälder erheben und bis an die Wasseroberfläche reichen.

Immer mehr Tiergruppen besiedeln den Lebensraum zur Zeit der Sedimentation der Einheiten 5—8, und innerhalb der Tiergruppen nimmt auch die Zahl der Arten zu.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Der größte Teil der bisher entstandenen Sedimente ist aus Crinoiden-Resten zusammengesetzt, dagegen entstehen während der Bildungszeit der Schicht 9 mächtige Algen und Kalkschlamm-Ablagerungen. Hier ist das Wasser zwar bewegt, aber nicht turbulent wie in der Crinoiden-Fazies. Die Suspensionsfänger der letzteren sind vorhanden, doch ist ihr Bewuchs dünn; dafür gedeihen Kalkalgen besonders gut. Das Wasser ist flach und auf Grund geringer Turbulenz nährstoffarm.

Mit den Sedimenten der Einheit 10 kehren die Bedingungen der Crinoiden-Fazies wieder. Die Einheiten 10—14 sind die Sedimente einer mit Crinoiden-Wäldern bewachsenen, von Riffstotzen durchsetzten, flachen Lagune mit turbulentem Wasser.

Die Ablagerungen im oberen Teil der Einheit 14 entstehen am Rande des Riffplateaus. Bellerophontiden und Orthoceren kommen vom offenen Meer und ihre Reste werden mit eingebettet. Mit Einheit 15 ist dann der eigentliche Riffrand — gebildet aus wellenresistenten Korallen-Stromatoporen-Algen-Strukturen — erreicht. Die Brandung zerschlägt den Großteil der Riffstruktur, und die eckigen oder gerundeten Reste kommen vor und hinter dem Riffraum zur Ablagerung. Kurzzeitig ragen die festen Gerüstkalke als Inseln aus dem Meer auf.

Der Riffgürtel wandert wieder nach Süden und in Einheit 16 sind wieder Verhältnisse der mit turbulentem Wasser erfüllten Lagune vorherrschend. Mit der Einheit 17 allerdings ist der Riffsaum wiedergekehrt und mit ihm eine reiche Fauna und Flora.

Durch Schwerkraft- oder Erdbeben-Bewegungen reißen innerhalb der starren Riffklötze Spalten auf und werden in aufgetauchten Teilen vom Regenwasser erweitert.

Nach erneutem Absinken werden die Spalten teils mit organischen, teils mit chemischen Ablagerungen, teils mit feinkörnigen Sedimenten, in die Riffschutt und Schutt bereits verfestigter Gesteinspartien eingestreut ist, gefüllt (Einheiten 17, 18, 19). Dieser Vorgang wiederholt sich, so daß mehrfach Riffwachstum, Heraushebung, Zerbrechen und Absinken aufeinander folgen.

Zur Zeit der Ablagerung der Einheit 20 liegt der Riffgürtel, teils als schützende Inselkette, teils als wellenbrechende, untergetauchte Barriere im Süden, und es kommen im Bereich des Profils Sedimente sehr flachen und wenig bewegten Wassers zur Ablagerung. Crinoiden-Reste spielen hier keine so wichtige Rolle wie in den Lagunen-Sedimenten, die in tieferen Abschnitten der Profil-Sedimente angetroffen werden. Kalkalgen-Krusten verfestigen den anfallenden Schlamm (Stromatolithe), und Korallen und Stromatoporen wachsen in Krusten und Rasen.

Eine geringmächtige Lage dunkler Kalke mit Hercynellen-Schill bildet einen Vorboten der im Hangenden des Profils folgenden Fazies der Seewarte-Kalke (Jhaveri, 1968). Hier entstehen anfangs dunkle Stromatoporen und Korallen-Ablagerungen. Auf diese folgen Lagunen-Sedimente, bestehend aus feinem, schwarzem Kalkschlamm, in dem viele, teils entrollte Gastropoden-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Gehäuse und Einzelkorallen eingebettet sind. Ein reiches Bodenleben erzeugt Kotpillen-Lagen. Crinoiden fehlen in diesem geschützten Becken. Oolith-Lagen weisen auf in der Nähe gelegene Untiefen mit kräftiger Strömung.

Literaturverzeichnis

ADAMS, J. E. (1950): Capitan barrier reef, Texas and New Mexico. — J. Geol., 58: 289—312, 2 Taf., Chicago.

ANDRICHUK, J. M. (1958): Stratigraphy and facies analysis of Upper Devonian reefs in Leduc, Stettler, and Redwater areas, Alberta. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 42: 1—93, 34 Abb., 1 Taf., Menasha, Wisc.

BATHURST, R. G. C. (1958): Diagenic fabrics in some British Dinantian limestones. — Liverpool and Manchester Geol. J., 2: 11—36, 1 Taf., Liverpool.

BERGEBACK, R. E. & TERRIERE, R. T. (1953): Petrography and petrology of Scurra Reef, Scurry County, Texas. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 37: 1014—1029, 4 Abb., 2 Taf., Tulsa, Okla.

BISSELL, H. J. (1957): Combined preferential staining and cellulose peel technique. — J. Sed. Petrol., 27: 417—420, Tulsa, Okla.

BOARDMAN, R. S. & ULGAARD, J. (1964): Modification of study methode for paleozoic Bryozoa. — J. Paleontol., 38: 768—770, Tulsa, Okla.

BRINKMANN, R. (1961): Abriß der Geologie. — 280 S., 209 Abb., F. Enke Verlag., Stuttgart.

CAROZZI, A. V. (1961): Reef petrology in the Beaverhill Lake Formation, Upper Devonian, Swan Hills Area, Alberta, Canada. — J. Sed. Petrol., 31: 497 — 513, 9 Abb., Tulsa, Okla.

CAROZZI, A. V. & SODERMAN, J. G. W. (1962): Petrography of Mississippian (Borden) crinoidal limestone at Stobo, Indiana. — J. Sed. Petrol., 32: 397—414, 9 Abb., Tulsa, Okla.

CHLUPAC, I. (1954): Stratigrafická studie o neystarušich devonských vrstvách Barrandienu. — Věstnik Ustř. ust. geol., 21: 91—134, 17 Abb., 5 Taf., Prag.

— (1962): Zur biofaziellen Charakteristik des Mittelböhmischen Devons. — Symposium Bd. 2. Internat. Silur/Devon-Grenze, Bonn, Brüssel 1960: 12—26, 1 Tab., Stuttgart.

— (1963): Phyllocarid Crustaceans from the Silurian and Devonian of Czechoslovakia. — Paleontology, 6: 97—118, 7 Abb., Taf. 12—16, London.

CHILINGAR, G. V., BISSELL, H. J. & FAIRBRIDGE, R. W. (1967): Carbonate rocks. Developments in sedimentology 9 B. — Elsevier Pub. Comp., 1—413, Amsterdam.

CLOUD, P. E. Jr. (1952): Facies relationship of organic reefs. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 36: 2125—2149, 4 Abb., Tulsa, Okla.

— (1962): Environment of calcium carbonate deposition west of Andros Island, Bahamas. — U. S. Geol. Survey prof. Paper, 350: 138 S., 46 Abb., 10 Taf., Washington D. C.

CULLIS, C. G. (1904): The mineralogical change observed in the cores of the Funafuti borings; The Atoll of Funafuti. — Royal Soc. London: 392—420, London.

EMERY, K. O., TRACEY, J. I. & LADD, H. S. (1954): Geology of Bikini and nearby atolls. — U. S. Geol. Survey prof. Paper, 260-A: 256 S., 71 Abb., 64 Taf., Washington D. C.

ERBEN, H. K., FLÜGEL, H. & WALLISER, O. H. (1962): Zum Alter der Herzynellen führende Gastropoden-Kalke der Zentral-Karnischen Alpen. — Symposion Bd. 2. Internat. Silur/Devon-Grenze, Bonn, Brüssel, 1960: 71—79, 1 Taf., Stuttgart.

— (1967): Bau der Segmente und der Randbestachelung im Pygidium der Scutelluidae (Tril.). — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 129: 1—64, 8 Abb., 2 Taf., Stuttgart.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

FABRICIUS, F. (1962): Faziesentwicklung an der Trias-Jura-Wende in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. — Z. deutsch. Geol. Ges., 113: 311—319, 3 Abb., Hannover.

FAIRBRIDGE, R. W. (1950): Recent and Pleistocene coral reefs of Australia. — J. Geol., 58: 330—401, 12 Abb., 8 Taf., Chicago.

FERRARI, A. & VAI, G. B. (1965): Ricerche stratigrafiche e paleoecologiche al Monte Zermula. — Giorn. Geol., 33: 389—406, 3 Abb., Taf. 50—54, Bologna.

FISCHER, A. G. (1964): The Lofer Cyclothemes of the Alpine Triassic. — Kansas Geol. Surv. Bull., 169: 107—149, 38 Abb., Lawrence, Kansas.

FLÜGEL, E. (1958): Eine mitteldevonische Korallen-Stromatoporen-Fauna vom Plöcken Paß (Kleiner Pal-Westflanke, Karnische Alpen). — Mitt. naturw. Ver. Kärnten, 68: 49—61, Klagenfurt.

— (1966): Algen aus der Perm der Karnischen Alpen. — Verlag naturw. Ver. Kärnten, 25: 76 S., 15 Abb., 11 Taf., Klagenfurt.

FLÜGEL, E. & FLÜGEL-KAHLER, E. (1963): Mikrofazielle und geochemische Gliederung eines obertriadischen Riffes der nördlichen Kalkalpen (Sauwand bei Gußwerk, Steiermark, Österreich). — Mitt. Mus. Bergbau, Geol. u. Tech. Landesmus. „Joanneum", 24: 128 S., 11 Abb., 19 Tab., 10 Taf., Graz.

FLÜGEL, E. & GRÄF, W. (1960) Aufnahmen 1959 auf dem Kartenblatt Kötschach (197), Karnische Alpen. — Verh. Geol. Bundesanst., 3: A 17—A 19, Wien.

FLÜGEL, H. (1963): Das Paläozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges., 56: 401—443, 5 Abb., 6 Tab., Wien.

FOLK, R. L. (1959): Practical petrographic classification of limestones. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 43: 1—38, 41 Abb., Tulsa, Okla.

— (1962): Spectral subdivisions of limestone types. — Amer. Assoc. Petroleum Geol., Mem. 1: 62—84, 7 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Memasha, Wisc.

FRECH, F. (1894): Über das Devon der Ostalpen III. — Z. deutsch. Geol. Ges., 46: 446—479, Taf. 30—37, Berlin.

FRIEDMANG, G. M. (1964): Early diagenesis and lithification in carbonate sediments. — J. Sed. Petrol., 34: 777—813, 53 Abb., Tulsa, Okla.

FRIEDRICH, H. (1965): Meeresbiologie. — Gebr. Bornträger Verlag: 436 S., 212 Abb., Berlin.

GAERTNER, H. R. v. (1931): Geologie der Zentralkarnischen Alpen. — Denkschr. d. Akad. Wiss. Wien. Math. Naturw. Kl., 102: 113—199, 16 Abb., 5 Taf., Wien.

— (1960): Übersicht über die Profile durch die Silur/Devon-Grenze im westlichen Europa. — Prager Arbeitstag. üb. d. Stratigraphie d. Silur u. d. Devon: 105—114, 1 Tab., 2 Taf., Prag.

GINSBURG, R. N. (1954): Early diagenesis and lithification of carbonate sediments in South Florida. — J. Sed. Petrol., 24: 138, Tulsa, Okla.

GINSBURG, R. N. & LOWENSTAM, H. A. (1958): The influence of marine bottom communities on the depositional environment of the sediments. — J. Geol., 66: 310—318, 1 Taf., 3 Abb., Chicago.

GOREAU, T. F. & N. J. (1960): Distribution of labeled carbon in reef-building corals with and without zooxanthellae. — Science., 131: 668—669, New York.

— (1960): The physiology of skeleton formation in corals. IV. On isotopic equilibrium exchange of calcium between corallum and environment in living and dead reef-building corals. — Biol. Bull., 119, 416—427, Woods Hole.

GOREAU, T. F. (1961): Problems of growth and calcium deposition in reef corals. — Endeavour, 20: Nr. 77, 32—39, London.

GORTANI, M. (1926): Le condizioni geologiche delle conca di Volaia (Alpi carniche). — Rend. R. Acc. Sc. Bologna, n. s., 30: 87—97, Bologna.

HADDING, A. (1950): Silurian reefs of Gotland. — J. Geol., 58: 402—409, 3 Abb., 1 Taf., Chicago.

JHAVERI, R. (1968): Unterdevonische Gastropoden aus den Karnischen Alpen. — In Vorbereitung, Bonn.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

JUX, U. (1960): Die devonischen Riffe im Rheinischen Schiefergebirge. — N. Jb. Geol. Paleontol., Abh., 110, I: 186—285, Taf. 9—27, 7 Abb., II: 259—392, Taf. 28—30, 18 Abb., Stuttgart.

JOHNSON, J. H. (1958): Studies of Devonian Algae. — Quart. Colo. School Mines, 53: 85—114, 30 Abb., Golden, Colo.

— (1959): Studies of Silurian (Gotlandian) Algae. — Quart. Colo. School Mines, 54: 163 S., 43 Abb., Golden, Colo.

— (1961): Algae from Eniwetok, Funafuti and Kita-Daito-Jima. — Geol. Survey prof. Paper, 260-Z: 908—947, Taf. 268—280, Washington D. C.

— (1961) Limestone-building Algae and Algal limestones. — Johnson Publ. Comp.: 279 S., Boulder, Colo.

KORNICKER, L. S. (1958): Bahamian limestone crusts. — Transact. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., 8: 167—170, 5 Abb., Houston, Tex.

KORNICKER, L. S. & BOYD, D. W. (1962): Shallow-water geology and environments of Alacran Reef Complex, Campeche Bank, Mexico. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 46: 640—673, 34 Abb., Tulsa, Okla.

KREBS, W. (1966): Der Bau des oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffes und seine weitere Entwicklung im Unterkarbon (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. senkenb. naturf. Ges., 511: 105 S., 18 Abb., 12 Taf., Frankfurt a. M.

LADD, H. S. (1950): Recent reefs. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 34: 203—214, 8 Abb., Tulsa, Okla.

LADD, H. S., TRACEY, J. Jr., WELLS, J. W. & EMERY, K. O. (1950): Organic growth and sedimentation on an Atoll. — J. Geol., 58: 410—425, 2 Abb., 7 Taf., Chicago.

LADD, H. S., INGERSON, E., TOWNSEND, R. C., RUSSELL, M. & STEPHENSON, H. K. (1953): Drilling on Eniwetok Atoll, Marshall Islands. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 37: 2257—2280, 2 Abb., 2 Taf., Tulsa, Okla.

LAPORTE, L. F. (1963): Codiacean and oncolitic algae from the Thacher Limestone (Devonian) of East New York. — J. Paleontol., 37: 643—646, 2 Abb., Taf. 82, Tulsa, Okla.

— (1966): Recent carbonate environments and their paleontologic implications. — Preprint of pap. given in palecology symposium Yale Univ. 1966: 35 S., 23 Abb., Providence, R. I.

LECOMPTE, M. (1956): Quelques precisions sur le phenomene recifal dans le Devonien de l'Ardenne et sur le rythme sedimentair dans Lequel il s'integre. — Inst. Royal des Sciences nat. de Belgique, 32: 1—40, 2 Tab., Brüssel.

— (1957): Les récifs Devoniens de la Belgique. — Bull. Soc. Geol. France, 8: 1045—1068, 8 Abb., Paris.

— (1958): Les récifs paleozoique en Belgique. — Geol. Rundsch., 47: 384—401, 7 Abb., Stuttgart.

— (1965): Quelque concepts generaux sur les récifs, resultant de l'etude du Devonien de la Belgique. — La Scuola in Azione, 2: 144—180, 14 Abb., 4 Taf., San Donato Milanese.

LOWENSTAM, H. A. (1950): Niagaran Reefs of the Great Lakes Area. — J. Geol., 58: 430—486, 11 Abb., Taf. 5, Chicago.

LUCIA, F. J. (1962): Diagenesis of a crinoidal sediment. — J. Sed. Petrol., 32: 848—865, 16 Abb., Tulsa, Okla.

MCKEE, E. D., CHRONIC, J. & LEOPOLD, E. B. (1959): Sedimentary belts in Lagoon of Kapingamaringi Atoll. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 43: 501—562, 21 Abb., 1 Taf., Tulsa, Okla.

MOUNTJOY, E. W. (1965): Stratigraphy of the Devonian Miette Reef Complex and associated strata, East Jasper National Park, Alberta. — Geol. Surv. Canada, 110: 113 S., 8 Abb., 12 Taf., Ottawa.

MYERS, P. T. (1956): Geology of the late Paleozoic Horseshoe Atoll in West Texas. — Univers. Texas Pub., 5607: 113 S., 10 Abb., 16 Taf., Austin, Tex.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

NEWELL, N. D. (1955): Depositional fabric in Permian limestones. — J. Geol., 63: 301—309, 8 Taf., Chicago.

— (1957): Palecology of Permian Reefs in the Guadelupe Mountain Area. — Geol. Soc. Amer., 65: 407—436, New York.

NEWELL, N. D., RIGBY, J. K. (1957): Geological studies on the Great Bahama Bank. — Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec., 5: 15—72, 22 Abb., Taf. 22, Tulsa, Okla.

NEWELL, N. D., IMBRIE, J., PURDY, E. G. & THURBER, D. L. (1959): Organic Communities and bottom facies, Great Bahama Bank. — Amer. Mus. Nat. Hist. Bull., 117: 183—224, New York.

PALLA, P. (1967): New Lower Devonian Codeacean Algae from Carnic Alpes. — Natura, 58: 94—112, 3 Taf., Milano.

PAECKELMANN, W. (1922): Der mitteldevonische Massenkalk des Bergischen Landes. — Abh. Preuß. Geol. Landesamt. N. F., 91: 111 S., 1 Tab., 1 Taf., Berlin.

PURDY, E. G. (1963): Recent carbonate facies of the Great Bahama Bank. I. Petrography and reaction groups. — J. Geol., 71: 334—355, 5 Abb., 5 Taf., II. Sedimentary facies. — J. Geol., 71: 472—497, 4 Abb., 1 Taf., Chicago.

SCHLANGER, S. O. (1963): Subsuface Geology of Eniwetok Atoll. — Geol. Survey prof. Paper, 260-BB: 991—1066, Abb. 306—318, Taf. 282—288, Washington D. C.

SCUPIN, H. (1905): Das Devon der Ostalpen IV. — Z. deutsch. Geol. Ges., 57: 91—111, Berlin.

SPACKMAN, W. O., SCHOLL, D. W. & TAFT, W. H. (1964): Environments of coal formation. — Geol. Soc. Amer., pre-convention fieldtrip-guide: 67 S., 57 Abb., 12 Taf., Miami.

SPITZ, A. (1909): Geologische Studien in den Zentral-Karnischen Alpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien II, 2: 275—334, Wien.

STAUFFER, K. W. (1962): Quantitative petrographic study of paleozoic carbonate rocks, Caballo Mountains, New Mexiko. — J. Sed. Petrol., 32: 357—396, 38 Abb., Tulsa, Okla.

STERNBERG, R. M. & BELDING, H. F. (1942): Drypeel technique. — J. Paleontol., 16: 135—136, Tulsa, Okla.

TEXTORIS, D. A. & CAROZZI, A. V. (1964): Petrography and evolution of Niagaran (Silurian) Reefs, Indiana. — Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol., 48: 397—426, 24 Abb., 2 Taf., Tulsa, Okla.

TRACEY, J. J., LADD, H. S. & HOFFMEISTER, J. E. (1948): Reefs of Bikini; Marshall Islands. — Geol. Surv. Amer. Bull., 59: 861—878, 8 Abb., 11 Taf., New York.

VAI, G. B. (1963): Ricerche geologiche nel gruppo del Monte Coglians e nella zona di Volaia (Alpi Carniche). — Giorn. Geol., s. 2, 30: 47 S., 7 Abb., 7 Taf., Bologna.

VAUGHAM, T. W. (1917): Chemical and organic deposits of the sea. — Geol. Soc. Amer. Bull., 28: 933—944, Washington D. C.

WARNE, S. St. J. (1962): A quick field of laboratory staining scheme for the differtiation of the major carbonate minerals. — J. Sed. Petrol., 32: 29—38, 3 Abb., Tulsa, Okla.

WOLF, K. H. (1965): "Grain-Diminuation" of Algal colonies to micrite. — J. Sed. Petrol., 35: 420—427, 7 Abb., Tulsa, Okla.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 1

(Alle Schliffe sind senkrecht zur Schichtung orientiert)

Fig. 1: Intramikrit mit kalzitgefüllten Biogenen. Wenige Crinoiden-Reste. Einheit 0 f; 6·5×.

Fig. 2: Crinoiden-Pellet-Sparit. Biogene mit klarem Kalzit gefüllt. Einheit 0 d; 6×.

Fig. 3: Crinoiden-Biosparit mit Seeigelstachel. Einheit 10; 6×.

Fig. 4: Crinoiden-Biomikrit mit Ast einer tabulaten Koralle. Einheit 14; 7×.

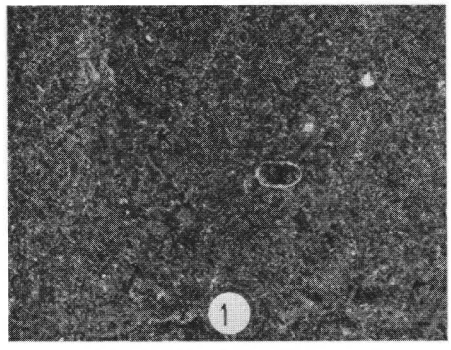
Fig. 5: Crinoiden-Biosparit mit Stromatoporen-Bruchstück. Durch anorganisches Weiterwachsen der Crinoiden-Bruchstücke in Richtung der optischen Achse sind die Poren gefüllt. Einheit 6; 9×.

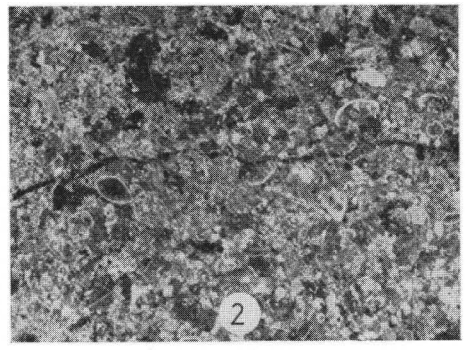
Fig. 6: Pellet-Intramikrit mit Kalkalge, Crinoidenresten und ästigen Tabulaten. Einheit 9; 6×.

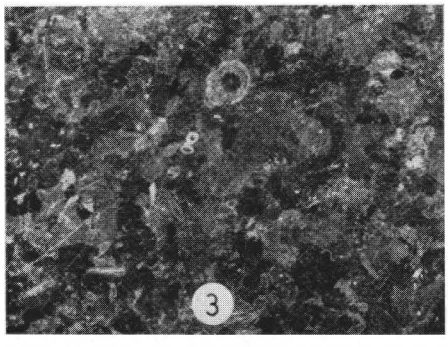
Fig. 7: Algen-Pellet-Mikrit mit einzelnen Crinoidenresten und hohlen Röhren. Einheit 9; 6×.

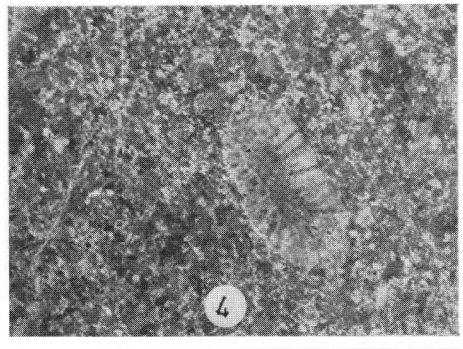
Fig. 8: Algenkruste mit verschiedenartigen Kalkalgen. Einheit 19; 6×.

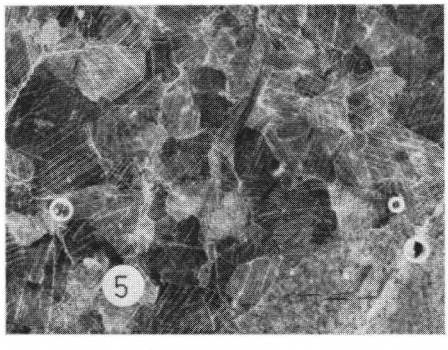
©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

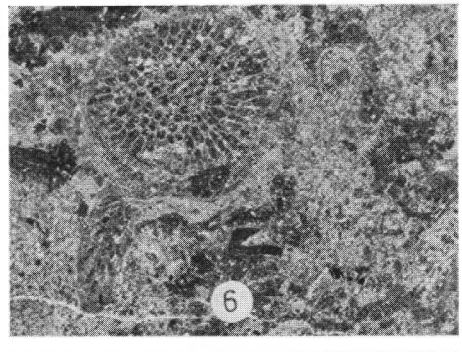


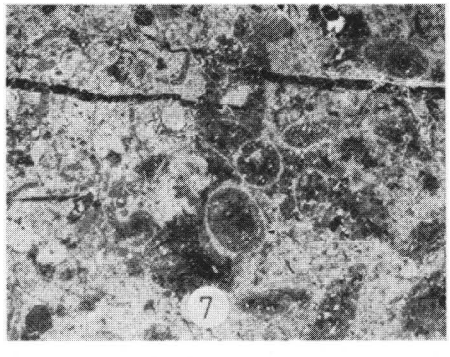


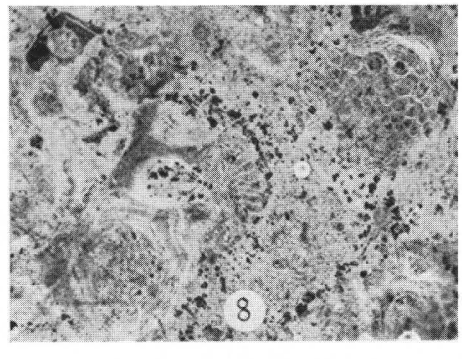












©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 2

(Alle Schliffe sind senkrecht zur Schichtung orientiert)

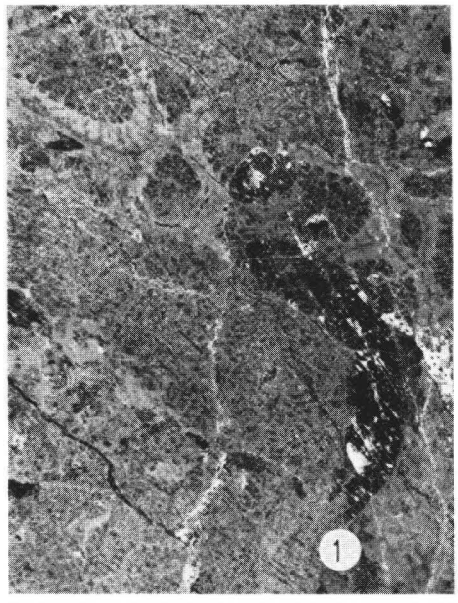
Fig. 1: Kruste koralliner Kalkalgen. In die Kalkalgen-Kruste sind Crinoiden-Reste (Wurzelorgane) und Einzelkorallen eingewachsen. Einheit 0 a; 6×.

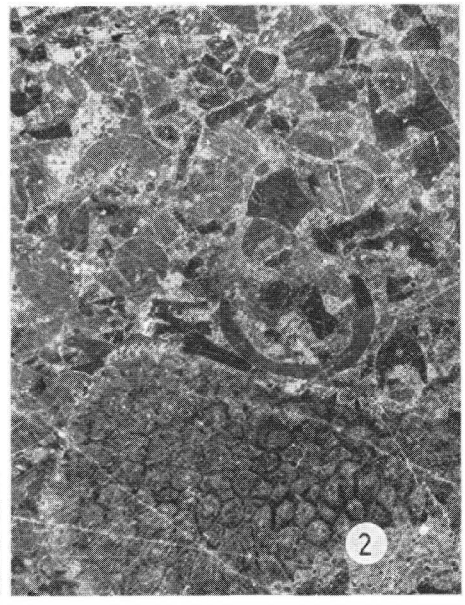
Fig. 2: Ast einer tabulaten Koralle aus einem in Wuchsstellung erhaltenen Busch, eingedeckt mit Crinoiden-Biosparit. Einheit 0 e; 5×.

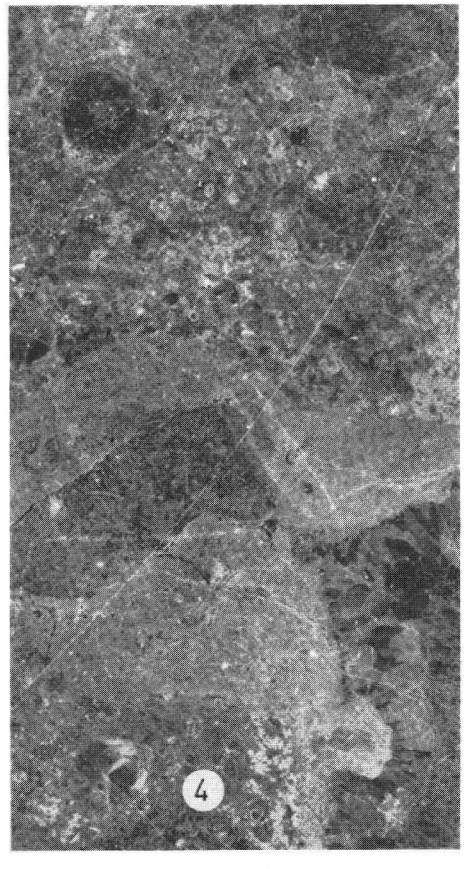
Fig. 3: Von Kalkalgen-Krusten überkleideter Hohlraum, der mit fibrösem Kalzit gefüllt ist. Die Algenkrusten sind unten vom *Stromatolithes*-Typ und oben vom *Girvanella*-Typ. Im Fiberkalzit ist eine feine Bänderung zu erkennen, die von einer unterschiedlichen Beimischung von pelitischer Trübe in den Kristallen herstammt. Einheit 13; 5×.

Fig. 4: Algenbiomikrit von einer Spalte durchsetzt, deren Wand mit einer feinen mikritischen Matrix überkleidet ist. Oben links eine Dasycladacee. Einheit 17; 4×.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at







©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 3

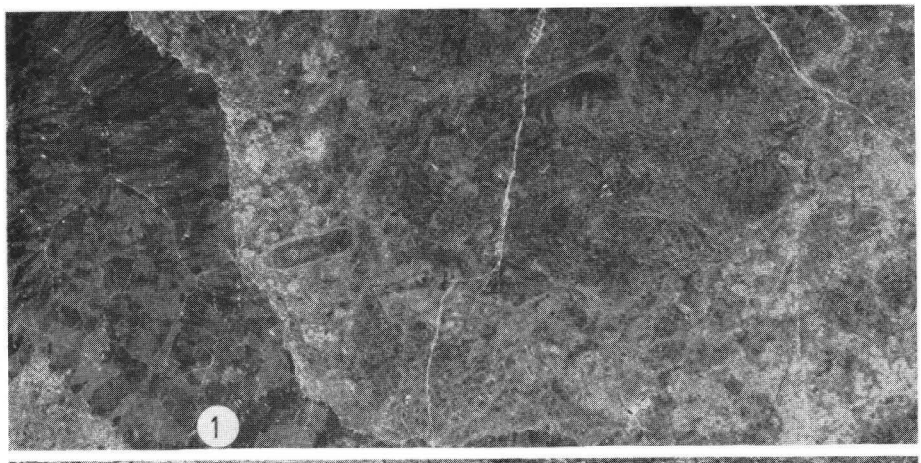
(Alle Schliffe sind senkrecht zur Schichtung orientiert)

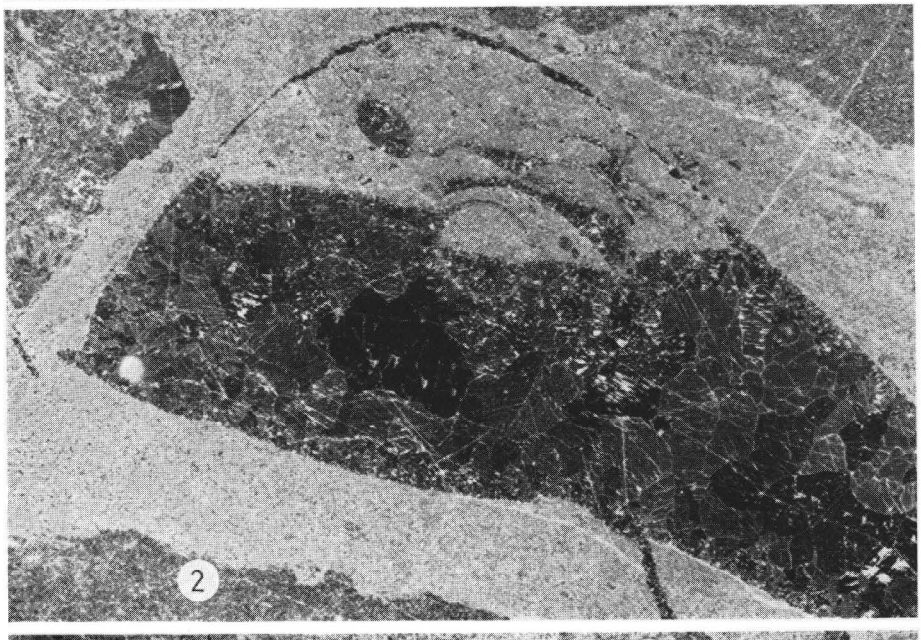
Fig. 1: Aus Kalkalgen verschiedener Ausbildung bestehende Kruste, die ein unregelmäßiges Gesteinsbruchstück einer Riffbrekzie zusammensetzt. Zwischen den Gesteinsbrocken verbliebene Hohlräume sind mit fibrösem Kalzit gefüllt. Einheit 15; 6×.

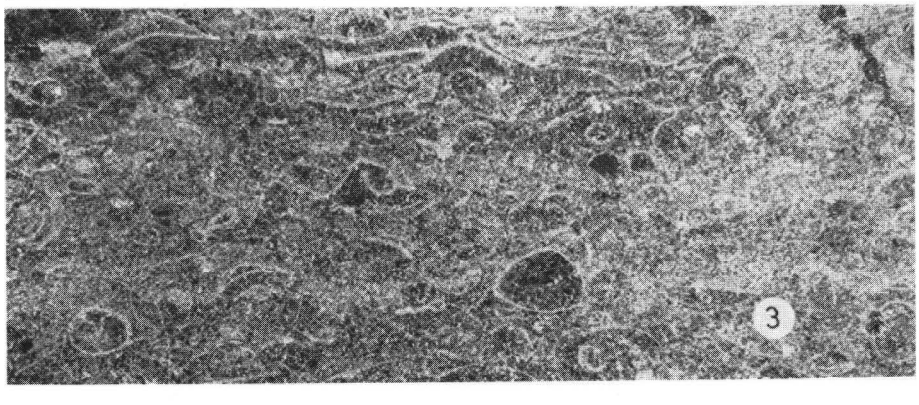
Fig. 2: Mit granulärem Kalzit gefülltes Biogen in einer eine Koralle überkrustenden Kalkalgen-Lage, ein Geopetalgefüge vortäuschend. Einheit 18; 8×.

Fig. 3: Schillage eingeschaltet in die Mikrite einer Spaltenfüllung. Einheit 18; 4×.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at







©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 4

(Schliff Fig. 1 ist waagrecht, alle anderen sind senkrecht zur Schichtung orientiert.)

Fig. 1: Horizontal geschnittener Korallenbusch. Einheit 0 e; 6×.

Fig. 2: Hohlraumfüllung im Riffstotzen mit Crinoiden-Resten und Einzelkorallen-Resten in intrasparitischer Matrix. Einheit 4; 5×.

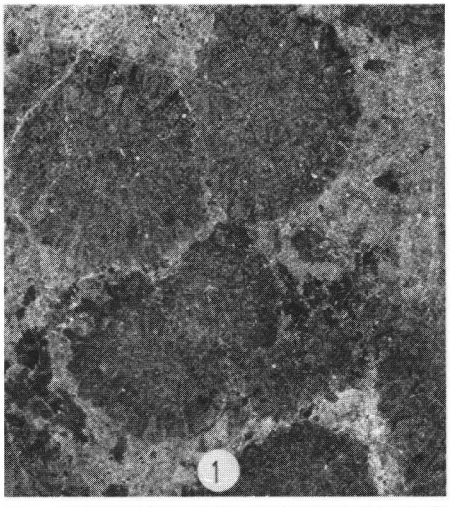
Fig. 3: Biogene scharf abschneidender Spaltenrand, der mit einer dünnen mikritischen Lage überkrustet ist und dann mit fibrösem Kalzit gefüllt wurde. Einheit 18; 8×.

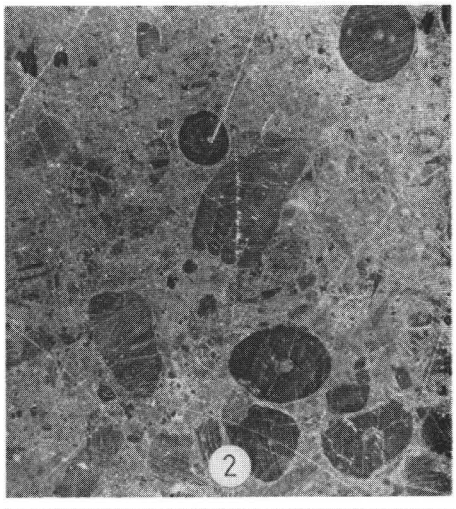
Fig. 4: Im rötlichen Mikrit einer Spaltenfüllung auftretendes scharfkantiges Stromatoporen-Bruchstück. Einheit 18; 5×.

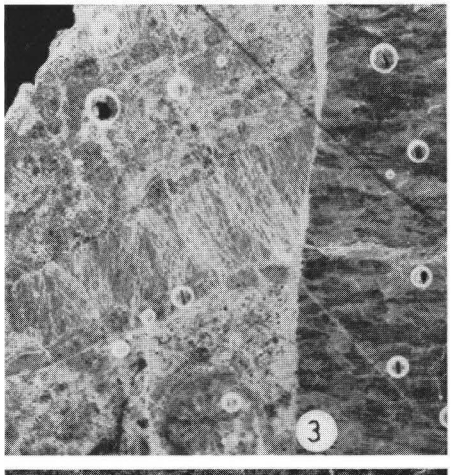
Fig. 5: Basis der auf Fig. 6 gezeigten *Favosites*-Kolonie, die auf einer Kalkalgenkruste vom Typ *Stromatolithes* aufgewachsen ist. Einheit 17; 4×.

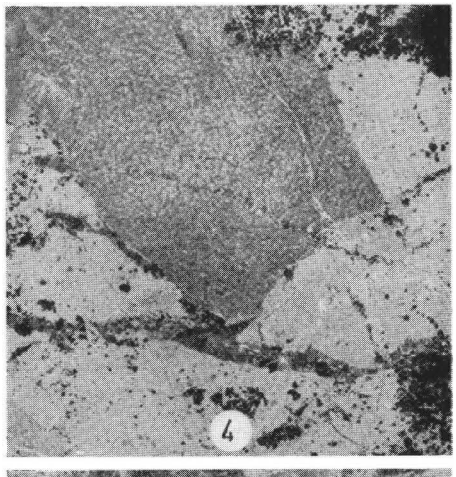
Fig. 6: *Favosites*-Kolonie, auf der eine *Heliolites*-Kolonie aufgewachsen ist. Einheit 17; 4×.

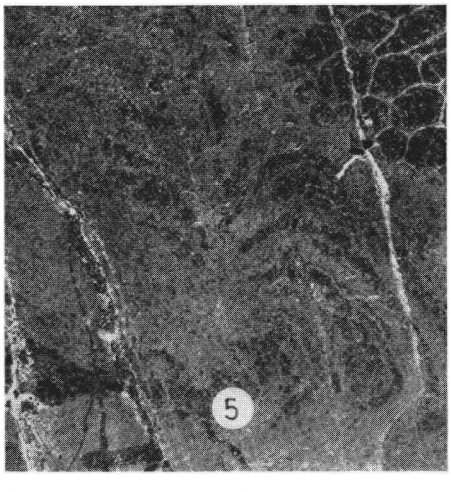
©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

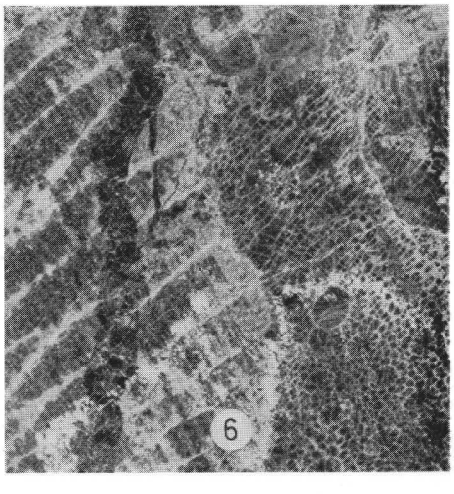












©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 5

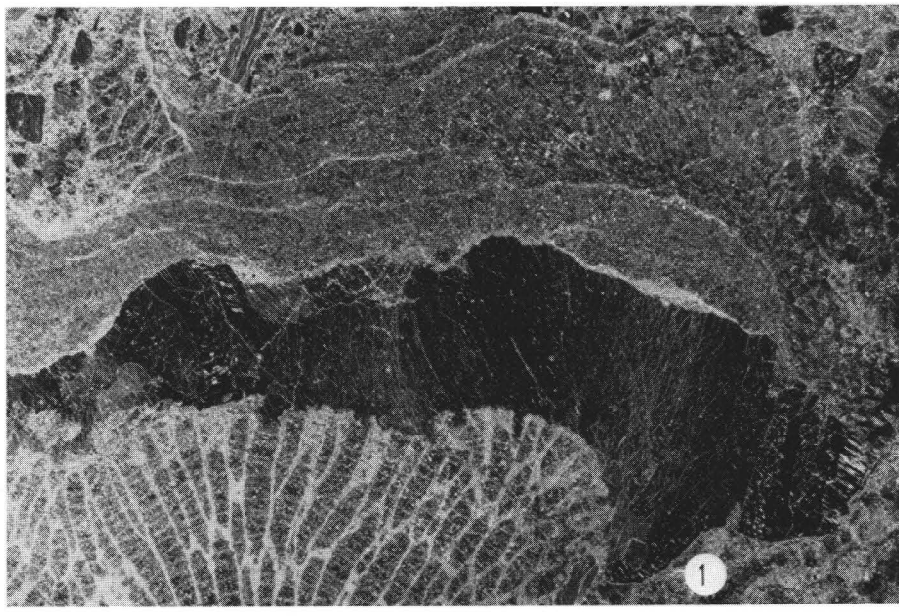
(Schliff Fig. 2 ist waagrecht, alle anderen sind senkrecht zur Schichtung orientiert.)

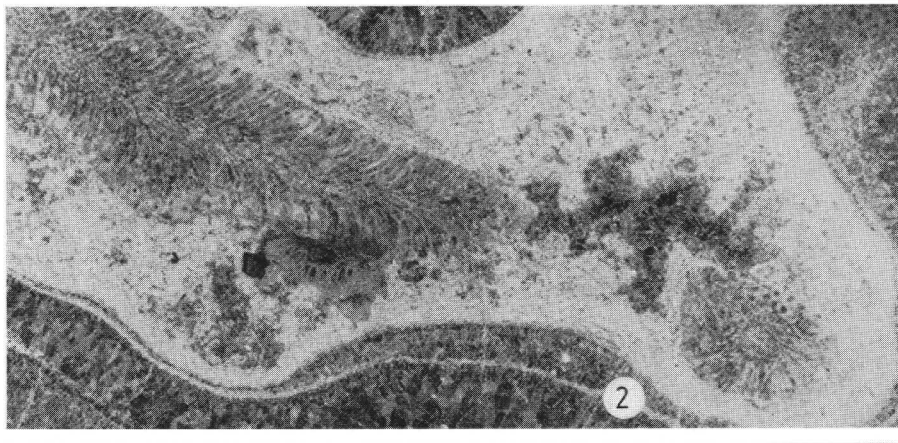
Fig. 1: Ausschnitt aus einer aus Gerüstbildnern zusammengesetzten Kruste. Auf einer Favositenkolonie wurzeln Crinoiden, auf diesen Stromatoporen und schließlich ästige tabulate Korallen. Der Anschnitt einer in Wuchsstellung erhaltenen Einzelkoralle ist links oben zu erkennen. Einheit 18; 4×.

Fig. 2: In Wuchsstellung erhaltener Korallenbusch ist von Kalkalgen umkrustet und ragt in einen mit lagigem, fibrösem Kalzit gefüllten Hohlraum hinein. Einheit 17; 4×.

Fig. 3: In Intramikrit einer Spaltenfüllung eingeschaltete Brachiopoden-Lagen. Einheit 18; 5·5×.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at





©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 6

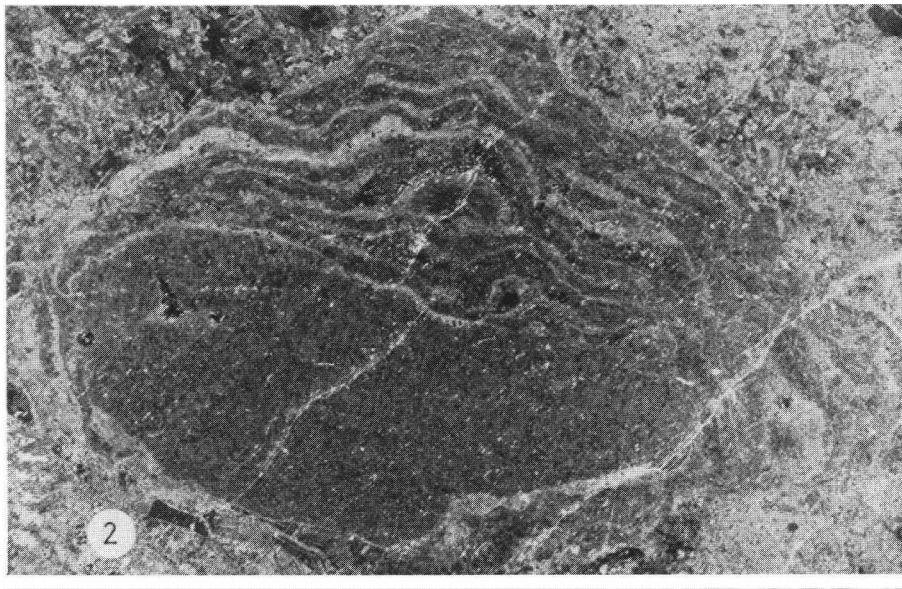
(Alle Schliffe sind senkrecht zur Schichtung orientiert.)

Fig. 1: Rechts unten Ast einer Koralle, darüber und links unten Algenkrusten, überlagert von Pellets und schließlich die Schillfüllung der Basis eines mit fibrösem Kalzit gefüllten Hohlraumes. Einheit 14; 6×.

Fig. 2: Eine Stromatoporen-Knolle ist von stromatolithischen Algenkrusten überzogen. Einheit 20; 8×.

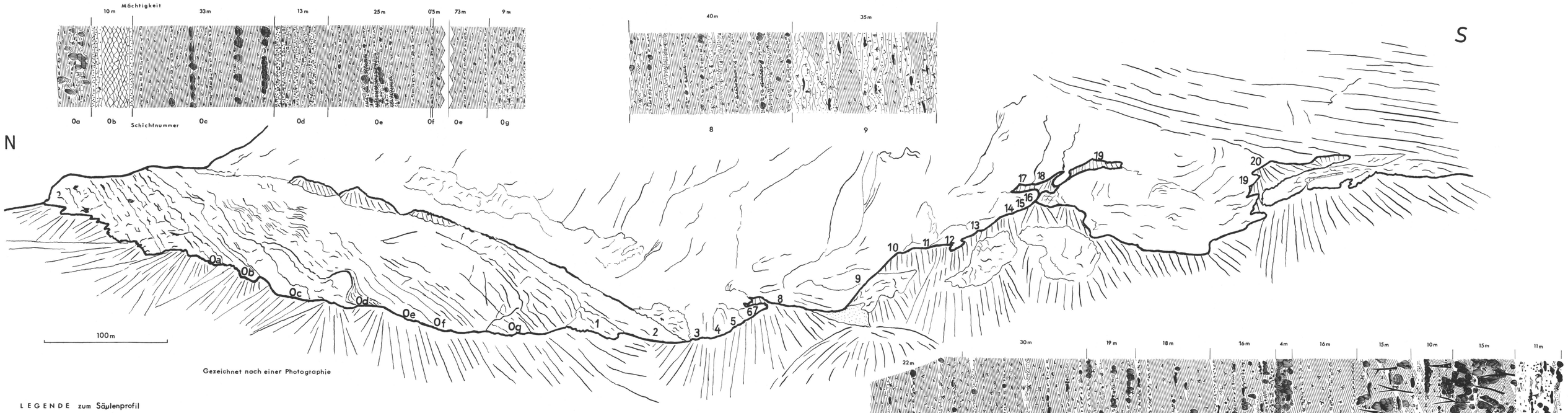
Fig. 3: Algenkolonie vom Typ *Spongiostroma* ist überkrustet vom Basisteil einer ästigen Koralle, die ihrerseits von einer *Favosites*-Kolonie überwuchert wird. Eingebettet in Crinoiden-Intramikrit. Einheit 19; 4×.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at



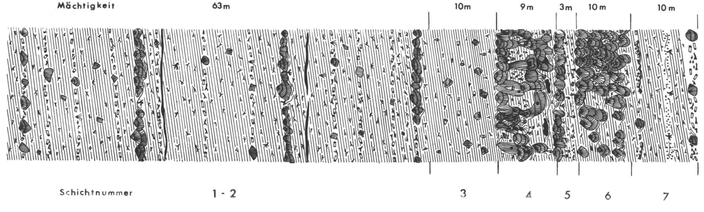
©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Schichtfolge an der Westwand der Seewarte



LEGENDE zum Säulenprofil

- Krinoidenkalk
- Krinoidenreste
- Kalkalgen
- Stromatoporenknollen
- Knollige tabulate Korallen
- Astige tabulate Korallen
- Krinoidenstiele
- Krinoidenkelche
- Einzel-Pterokorallia
- Pterokorallia-Kolonien
- Calcisphären
- Pseudoide
- Brachiopoden
- Cephalopoden
- Tentakuliten
- Gastropoden
- Lamellibranchiaten
- Ostracoden
- Trilobiten
- Spalten-Hohlraumfüllungen
- Kalkspatkrusten
- Onkoide
- Knollenkalk



©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

FAUNENTABELLE

Schichten: Oa Ob Oc Od Oe Of Og 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Phyllocariden	Ceratiocaris sp.
	Weberopeltis scalprata (WEBER)n.subsp.A
	Weberopeltis scalprata (WEBER)n.subsp.B
	Weberopeltis aff.aculeata (WEBER)
	Weberopeltis aff.tarak (WEBER)
	Weberopeltis sp.indet.
	Scutellum sp.indet.
	Scutellum sp.(gewölbtes Pygidium)
	Breviscutellum sp.
Trilobiten	Lobopyge (Lobopyge) aff.altirhachis (TSHERNYSHEWA)
	Crotalocephalus "myops" Tshern.,non myops WHIDBORNE
	Otarion (Coigmouina) n.sp.A
	Tropidocoryphe aff.latens (BARRANDE)
	Lepidoproetus ?
	Neue Proetiden Gattung
	"Proetus" forojulensis GORTANI
	Proetus (Proetus) aff.supraconvexus MAKSIMOWA
	Calymene sp.indet.
	Ceratocephala aff. vesiculosa (BEYRICH)
	Harpes reticulatus HAWLE & CORDA aff.altaicus MAKSIMOWA
Ostracoden	Wolayella wolayae ERBEN
	Ostracoden indet.
Cephalopoden	"Orthoceras" bifrons BARRANDE
	"Orthoceras" liberum BARRANDE
	"Orthoceras" grewingki cf.BARRANDE
	"Orthoceras" pulchrum cf. BARRANDE
	"Orthoceras" peleum BARRANDE
	"Orthoceras" lentum BARRANDE
	"Orthoceras" n.sp.
	Anaspyroceras pseudocalamiteum (BARRANDE)
	Plagiostomoceras pleurotomum (BARRANDE)
	Temperoceras temperans (BARRANDE)
	Michelinoceras michelini (BARRANDE)
	Unbestimmbare Orthoceren
	Unbestimmbare Oncoceratida
	Coelocyclus telescopus FRECH
	Bellerophon altemontanus SPITZ
	Bellerophon angustomphalus SPITZ
	Bellerophon exquisitus SPITZ
	Bellerophon sp.
	Straparollus (Euomphalus) carnicus FRECH
	Straparollus (Straparollus) ater (SPITZ)
	Straparollus (Straparollus) kokeni (SPITZ)
	Straparollus (Serpulospira) lituites (SPITZ)
	Palaeoscurria ? sp.
	Palaeoscurria sp.
	Orthonychia obliquesulcata SPITZ
	Orthonychia cf. cornata TSCHERNYSCHEFF
	Orthonychia n.sp.
	Orthonychia sp.
	Platyceras dilatans PERNER
	Platyceras oelerti SPITZ
	Platyceras humulus PERNER
	Platyceras holzapfeli SPITZ
	Platyceras cf. compressum GOLDFUSS
	Platyceras n.sp.1
	Platyceras n.sp.2
Gastropoden	Praenatica gregaria (PERNER)
	Praenatica sp.
	Cyclonema persimile SPITZ
	Oriostoma barrois (SPITZ)
	Oriostoma involuta (BARROIS)
	Tubina geyeri SPITZ
	Tubina n.sp.
	Meandrella n.sp.1
	Meandrella n.sp.2
	Trochus conspicuus SPITZ
	Trochus annae FRECH
	Trochus scupini SPITZ
	Trochus sp.
	Loxonema rectangulare SPITZ
	Loxonema n.sp.1
	Loxonema n.sp.2
	Holopella ? incerta SPITZ
	Holopella ? enantiomorpha FRECH
	Holopella ? dilatata SPITZ
	Murchisonia semiornata SPITZ
	Murchisonia concava SPITZ
	Murchisonia fornicata SPITZ
	Murchisonia sp.
	Tropidodiscus (Tropidodiscus) geyeri (FRECH)
	Pleurotomaria grimburgi (FRECH)
	Isonema n.sp.
	Myalina indet.
	Aviculopecten indet.
	Ctenodonta sp.
	Amphicoelia europaea FRECH
Pelecypoden	Pterinea sp.
	Conocardium sp.
	? Puella sp.
	Cypricardia sp.
	Avicula sp.
	Hemicardium sp.
	Mytilus sp.
	Nucula sp.
	Hercynella sp.
Tentakuliten	Nowakia sp.

Schichten: Oa Ob Oc Od Oe Of Og 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Conularien	Conularie
Brachiopoden	Hornschalige Brachiopoden
	Meristellidae
	Merista aff.calypso BARRANDE
	Cyrtia sp.
	Cyrtiniopsis inflectens HAVLICEK
	Eospirifer cf.secans (BARRANDE)
	Rhynchatrypa aff.thetis
	aff.Rhynchatrypa
	Rhynchospirina cf.haidingeri BARRANDE
	Rhynchospirina haidingeri BARRANDE
	Howellella koneprusensis HAVLICEK
	Fimbrispirifer cf.bischofi (A.ROEM.)
	Reticulariidae ex gr. Spirifer pseudoviator-stachei-geyeri SCUPIN
	Quadrithyris aff.kotysensis HAVLICEK
	Quadrithyris ex gr. falco (BARRANDE) koegleri (SCUPIN)
	Quadrithyris aff. tiro (BARRANDE)
	Quadrithyris falco (BARRANDE)
	Quadrithyris aff. orba HAVLICEK
	Quadrithyris carinthica (FRECH)
	Quadrithyris sp.
	Spiriferidae indet.
	Spiriferidinae indet.
	Dalmanellidae ex gr. Dalmanella fritschi SCUPIN
	Dalmanellidae ex gr. Orthis praecursor BARRANDE
	Dalmanellidae indet.
	Strophomenidae Form A
	Strophomenidae Form B
	Strophomenidae Form C
	Strophomenidae Form D
	? Plectodonta sp.
	Strophomena aff. solitaria BARRANDE
	Strophomena aff. suavissima BARRANDE
	Strophomena carnica GORTANI
	Strophomena indet.
	Cymostrophia stephani (BARRANDE)
	? Cymostrophia sp.
	Leptaena rhomboidalis (WAHL.)
	Leptaena ? bouei BARRANDE
	Chonetes aff. embryo BARRANDE
	Choneten
	Strophomenida indet.
	Gypidulinae indet.
	Procerulina sp.
	Procerulina acutolobata SANDBERGER
	Sieberella ex gr. sieberi (V.BUCH)
	? Sicorhynchia sp.
	Glossinotoechia aff. gibba (BARRANDE)
	Glossinotoechia ex gr. gibba-princeps (BARRANDE)
	Glossinotoechia surgens (BARRANDE)
	Uncinulus bureaui (BARROIS)
	Uncinulus sp.
	Uncinulinae indet.
	Neanische Formen von Uncinulinae
	Eoglossinotoechia sylphidea (BARRANDE)
	"Pugnax sp." SCUPIN
	Pugnacidae gen. indet.A
	Pugnacidae gen. indet.B
	Corvinopugnax corvinus (BARRANDE)
	? Isopoma baucis (BARRANDE)
	Rhynchonellaceae indet.
	Atrypa reticularis LINNE
	Atrypa paradoxa SCUPIN
	Carinatina comata (BARRANDE)
	Carinatina ex.gr. comata (BARRANDE)
	Carinatina aff. sublepida M.U.K.
	Carinatina sp.
	Spinatrypa sp.
	Karpinskia aff. consuelo GORTANI
	Karpinskia conjugula TSCHERNYSCHEFF
	Karpinskia tschernyschewi SCUPIN
	Karpinskia sp.(wahrscheinlich ex gr. conjugula)
	Palaeferellinae indet.
	Lissatrypinae indet.
	? Plectospira sp.
	Terebratulida indet.
Echinodermen	Skelettelemente von Holothurioideen
	Stacheln von Echinoidea
	Kelche von Crinoidea
	Skelettelemente von Crinoidea
Bryozoen	Bryozoa
Spongien	Spongiennadeln vom Typ Oxyaster
	Tabulate Korallen (Knollen)
	Tabulate Korallen (verästelte Büsche)
Coelenteraten	Rugose Korallen (einzeln)
	Rugose Korallen (Kolonien)
	Stromatoporen
	Rhabdammina sp.
	Rhizammina sp.
Foraminiferen	Psammosphaera sp.
	Sorosphaera sp.
	Distacodontidae gen. et sp. indet.
	Panderodus valgus (PHILIP)?
	Panderodus unicostatus (BRANSOM & MEHL)
	Panderodus n. sp.
	Panderodus sp. indet.
	Unbestimmbare Kammtypen
Conodonten	Icriodus expansus BRANSOM & MEHL ?
	Icriodus sp.
	Paltodus sp.
	Ozarkodina sp.
	Polygnathus sp. indet. (kleines Bruchstück)
	Polygnathaceae gen. et sp. indet.
	Belodella sp.indet.
	Spathognathodus ex gr. steinhornensis ZIEGLER
	Stromatolithen
	Solenopora sp. indet.
	? Mastopora sp.
Algen	? Mizzia sp.
	Spongiostroma sp.
	Girvanella sp. indet.
	Hedstroemia sp.
	Komia sp.
	? Rhabdoporella sp.
	? Vermiporella sp.
	? Gymnocodium sp.
	Cycidium sp.
	Calcisphaeren

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: 112

Autor(en)/Author(s): Bandel Klaus

Artikel/Article: Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See, zentrale Karnische Alpen) 197-234