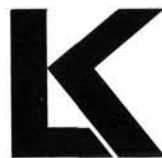


ABHANDLUNGEN DER GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
BAND 47 · Wien 1992

Photoatlas
zu den variszischen Karbonat-Gesteinen
der Karnischen Alpen
(Österreich/Italien)

Von LUTZ HERMANN KREUTZER

Mit 9 Abbildungen, 3 Tabellen und 46 Tafeln



LAND KÄRNTEN KULTUR

Gefördert von der Kärntner Landesregierung

ISSN 0378-0864
ISBN 3-900312-82-6

Titelbild

Kellerwände in den Zentralkarnischen Alpen mit dem eingekesselten Eiskar-Gletscher

Hier türmen sich vom jüngeren Silur bis zum Unterkarbon Karbonate aller Fazieszonen zu einer mehr als 1300 Meter hohen Wand übereinander: Gesteine der Gezeitenzonen, Rifffkörper und solche des offenen Meeres. Links oben bilden die oberdevonischen Schichten des Kollinkofels (2742 m NN) eine auffällige Rampe, zentral bergen der Kellergrat und die Kellerspitzen (2774 m NN) die givetischen Riffe, die sich bis zur Gipfelregion der Hohen Warte (2780 m NN) fortsetzen, dem höchsten Berg der Karnischen Alpen, dessen Nordwand im Bild rechts hinten hervorschaut
(weitere Erläuterungen siehe Abb. 5/6).

Foto: Hans Peter SCHÖNLAUB.

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten.
Medieninhaber, Herausgeber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien, Rasumofskygasse 23.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. Albert Daurer.
Umschlagentwurf: E.G. Puhm.
Verlagsort: Wien.
Herstellungsort: Wien.
Ziel der „Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt“
ist die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse durch die Geologische Bundesanstalt.
Satz: Geologische Bundesanstalt.
Druck: Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., 3580 Horn.

ABHANDLUNGEN DER GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
Volume 47 · Vienna 1992

**Photo-Atlas
of the Variscan Carbonate Sequences
in the Carnic Alps
(Austria/Italy)**

By LUTZ HERMANN KREUTZER

With 9 Text-Figures, 3 Tables and 46 Plates



Supported by the Government of Carinthia

ISSN 0378-0864
ISBN 3-900312-82-6

Frontispiece

Kellerwand area of the Central Carnic Alps with the Eiskar glacier.

From the younger Silurian to the Lower Carboniferous limestones of all facies zones accumulated to a more than 1300 meters high wall: rocks of the intertidal, reef buildups and carbonates of the open sea. Left above, the Upper Devonian layers of the Kollinkofel (2472 m) have produced a striking ramp, the central Kellergrat and the Kellerspitzen (2774 m) comprise the Givetian reef that continues to the top of the highest mountain of the Carnic Alps, the Hohe Warte (2780 m). Its northern wall is shown on the figure in the right background

(further explanations see Figs. 5/6).

Photograph: Hans Peter SCHÖNLAUB.

Inhalt

Zusammenfassung	7
Abstract	7
Allgemeiner Teil	
1. Einleitung	7
2. Mikrofazielle Untersuchungen als eigenständige Methode geowissenschaftlicher Forschung ...	11
3. Mikrofazielle Untersuchungen als angewandter Forschungszweig	14
4. Probleme mikrofazieller Forschung im Altpaläozoikum	15
Spezieller Teil	
5. Bisherige Arbeiten mit mikrofazieller Fotodokumentation über das Variszikum der Karnischen Alpen ...	16
6. Paläogeographie	18
6.1. Fazieszonen	18
6.2. Hoch-Zeit der Riffentwicklung	20
6.3. Die Meeresspiegelschwankungen des Devons der Karnischen Alpen verglichen mit Euramerika	21
7. Tabellarische Beschreibung der Karbonate des Altpaläozoikums in den Karnischen Alpen .	21
7.1. Ordoviz	22
7.2. Silur	23
7.3. Devon	25
7.4. Karbon	32
Dank	33
Tafeln mit Beschreibungen	34
Literatur	126

Contents

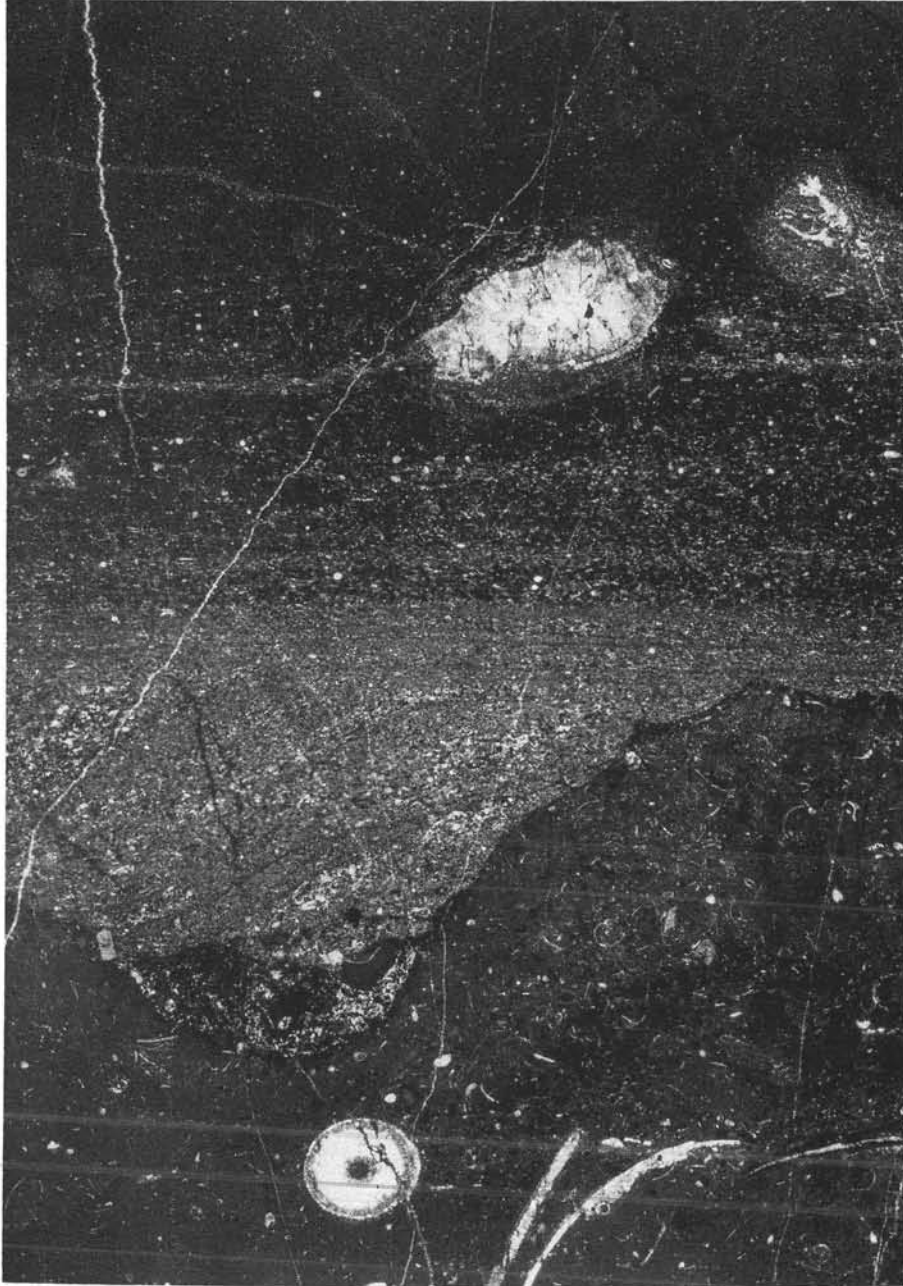
Zusammenfassung	7
Abstract	7
General Part	
1. Introduction	7
There are no English versions of chapters 2 and 3.	
4. Problems of Microfacial Investigations in the Lower Paleozoic	15
Special Part	
5. Papers with Microfacial Photo Documentation of the Variscan Part of the Carnic Alps	16
6. Paleogeography	18
6.1. Facies Belts	18
6.2. Climax of Reef Evolution	20
6.3. Eustatic Fluctuations of the Carnic Devonian in Comparison with Euramerica	21
7. Tabulated Descriptions of Limestones of the Lower Paleozoic in the Carnic Alps ...	21
7.1. Ordovician	22
7.2. Silurian	23
7.3. Devonian	25
7.4. Carboniferous	32
Acknowledgements	33
Plates with Explanations	34
References	126

Anschrift des Verfassers/author's address:

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. LUTZ HERMANN KREUTZER.

Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, Postfach 154, A-1031 Wien.

Ostracodenschill über einem Fe-Mn-Hartgrund auf einem bioklastischen wackestone (unten). Der pelagische wackestone enthält einen Nautiloideen-Querschnitt (s. Taf. 7/Fig. 3), Schalen, Gastropoden, Ostracoden und Filamente. In das noch weiche Sediment wurde eine Erosionsrinne gefräst und abschließend – während einer Sedimentationspause – vom Hartgrund umkrustet. Während einer transgressiven Phase wurde die Rinne mit dem Ostracodenschill verfüllt, dessen Gefüge stark erhöhte Wasserenergie anzeigt. An seiner Basis (schwarze Zone) ist der Schill mit Eisen und Mangan angereichert. Im oberen Bildteil ist das Sediment wieder mikritreicher (wacke-/packstone) und enthält neben Ostracoden und Peloiden nicht weiter bestimmbare Sphären. Der große Hohlraum im oberen Bildteil wurde von zwei Zementgenerationen ausgekleidet und ist vermutlich durch ein Schalenbruchstück entstanden (Schirmeffekt an der Unterseite), dessen Struktur allerdings vollkommen umkristallisiert ist.
 Schliff C21, Cellon-Rinne, Bank 21, Cardiola-Formation, siluricus-Zone.
 Vergrößerung: $\times 5,2$.



Ostracod debris above a Fe-Mn-hardground covering a bioclastic wackestone (below). The pelagic wackestone contains a nautiloid cross-section (s. pl.7/3), shells, gastropods, ostracods and filaments. Inside the soft sediment scouring occurred followed by formation of a hardground. During a transgressive phase the canal was filled with ostracod debris grainstone indicating strongly enhanced water energy. At its base (black area) the debris is enriched with iron and manganese oxides. In the upper part of the figure the sediment is also enriched in micrite (wacke-/packstone) and contains ostracods, peloids and unidentifiable spheres. The big open space fabric in the upper part of the figure presumably was originated by a large shell fragment (umbrella effect at the lower side). The shell structure, however, is recrystallized completely.

Thin section C21, Cellon-Rinne, Bed 21, Cardiola Formation, siluricus Zone.
 Enlargement: $\times 5,2$.

Abh. Geol. B.-A.	ISSN 0378-0864 ISBN 3-900312-82-6	Band 47	S. 1-129	Wien, Juni 1992
------------------	--------------------------------------	---------	----------	-----------------

Zusammenfassung

Die Karnischen Alpen im Süden Österreichs und Norden Italiens repräsentieren eines der wenigen Gebiete der Erde, wo eine durchgehende Karbonatentwicklung vom Ashgill bis zur Trias aufgeschlossen und gut dokumentiert ist. Der vorliegende Band widmet sich dem altpaläozoischen Teil des Gebirges, insbesondere seinem Kern, den Zentralkarnischen Alpen, wo die Feldarbeit oft nur unter Anwendung alpinistischer Methoden möglich ist (KREUTZER, 1989b, 1992a).

Im Devon entstand aus der ordovizisch/silurischen Plattform mit Pionierfauna ein ökologischer Riffkomplex mit allen Faziesbereichen vom pelagischen bis zum intertidalen Sedimentationsraum.

Die altpaläozoischen Gesteine werden hinsichtlich ihrer Mikrofazies chronologisch auf 46 Tafeln abgebildet und beschrieben. Die Geschichte mikrofazieller Untersuchungen allgemein, aber auch speziell in diesem Gebiet und die aktuelle paläogeographische Vorstellung über den Bau der tektonisch komplizierten Karnischen Alpen werden dargestellt. Wichtige Profile werden mit einer stratigraphischen Beschreibung als Photographien abgebildet.

Im deutschsprachigen Teil wird in den Kapiteln 2 und 3 die Mikrofazies allgemein behandelt, worauf im englischen Teil wegen der reichhaltigen Bibliographie verzichtet wird.

Abstract

The Carnic Alps of Southern Austria and Northern Italy represent one of the very few localities on the earth in which an uninterrupted fossiliferous sequence is exposed and well documented from Ordovician to Middle Triassic times. This paper describes and illustrates the Lower Paleozoic part of the mountain chain and in particular the Central Carnic Alps, where fieldwork only was possible by alpinistic methods (KREUTZER, 1986b, 1990).

During the Devonian in the Carnic Alps an ecological reef complex occurs with all facial belts ranging from intertidal to pelagic environments following upon an Ordovician/Silurian carbonate platform with pioneer fauna.

The Lower Paleozoic rocks are chronologically documented and illustrated on 46 plates. The paleogeographical implications of the tectonically complicated Carnic Alps are presented in an updated version. Important sections are shown with stratigraphical specifications.

1. Einleitung

In den Karnischen Alpen haben Geologen aus aller Welt gearbeitet, und das seit Beginn des neunzehnten Jahrhunderts. Dieses Gebirge ist seit langem ein klassisches Forschungsgebiet des Paläozoikums. Es liegt am Nordrand der Südalpen und bietet hier eine Abfolge von idealen Aufschlüssen, deren (in Tab. 1 neu überarbeitete) Schichtenfolge vom Prä-Caradoc bis in das Ladin reicht.

In den Jahren meiner Arbeit in den Karnischen Alpen, die großteils unter Anwendung alpinistischer Methoden erfolgte (die Proben wurden entweder kletternd oder durch Abseilen geborgen oder mit dem Gleitschirm von den höchsten Spitzen ins Tal geflogen; siehe KREUTZER, 1989b), habe ich eine umfangreiche Dünnschliff-Sammlung der Karbonate des variszischen Paläozoikums dieser Region zusammengetragen. Sie wurde ergänzt durch Stücke von Hans Peter SCHÖNLAUB (Wien) und Wolf-Christian DULLO (Kiel) und repräsentiert nun den Wandel vom Ordovizium bis zum Unterkarbon quer durch alle Fazieszonen.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stand jeweils das Ziel, mikrofazielle Erkenntnisse im Zusammenhang mit Tektonik und Stratigraphie zu sehen, um eine paläogeographische Rekonstruktion für dieses Gebiet zu ermöglichen, das von zwei Gebirgsbildungen erfaßt worden ist.

1. Introduction

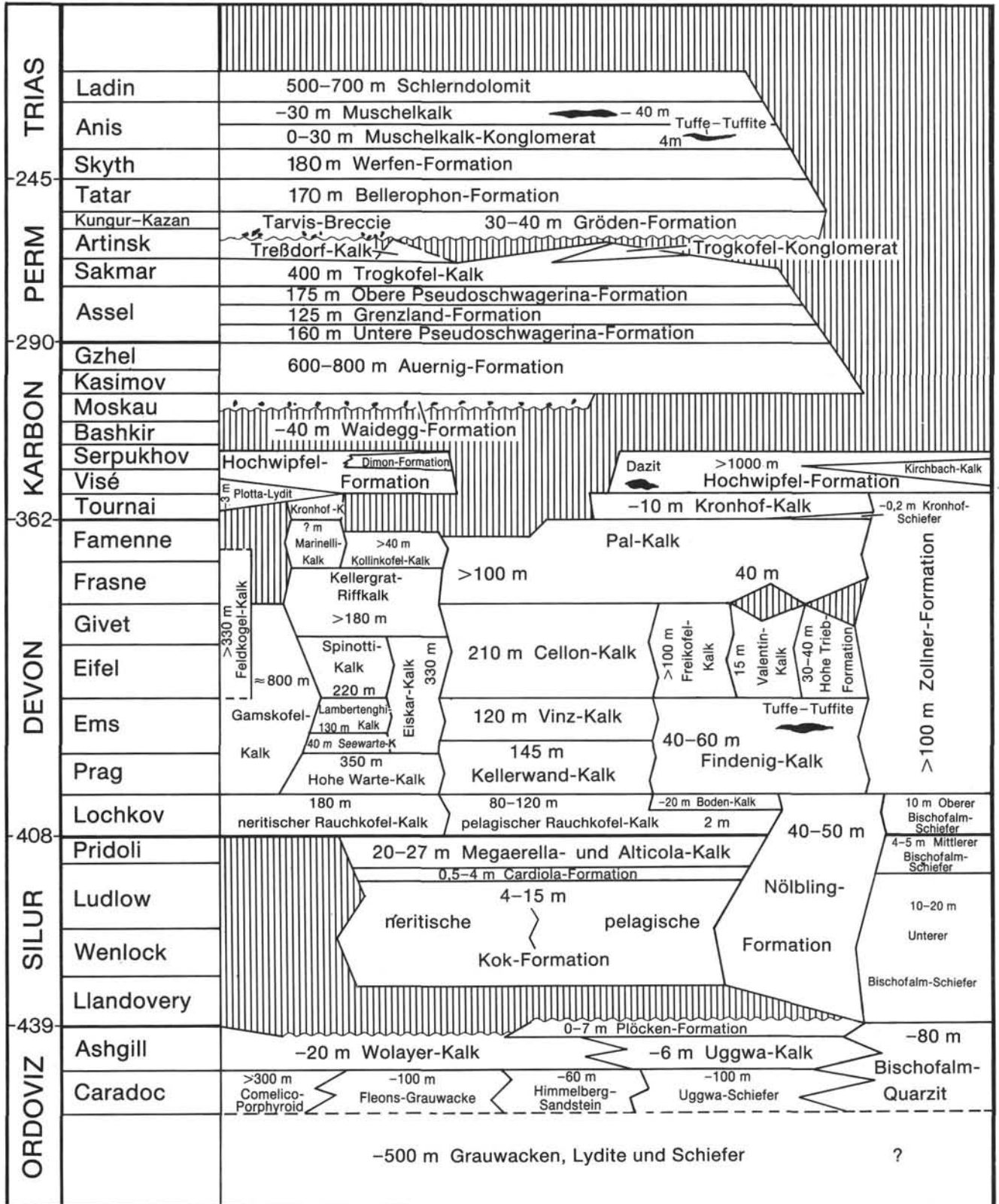
In the Carnic Alps geologists from the whole world made their investigations for a long time. This mountain chain has thus been a classic area for the Paleozoic for a long time. It is situated at the northern margin of the Southern Alps and shows a sequence of ideal outcrops from the pre-Caradocian to the Middle Triassic (see table 1b).

During the years of my investigations in the Carnic Alps mainly done by alpinistic methods (samples were taken by climbing vertical cliffs or abseiling, or they were flown down from the highest peaks by paragliding; KREUTZER, 1989b). I compiled an extensive collection of thin-sections of the Variscan limestone sequences of this region, completed by samples from Hans Peter SCHÖNLAUB, Vienna, and Wolf-Christian DULLO, Kiel, which now represents all facies Zones ranging from the Upper Ordovician to the Lower Carboniferous.

During my studies main emphasis was drawn towards the relationship between microfacies and tectonics to render a paleogeographic reconstruction for a region that was affected by two – Variscan and Alpidic – tectogeneses.

During the Variscan time the Carnic Alps were situated on a carbonate rise at the northern margin of Gondwana. It is characterized by very narrow facies

Tabelle 1.
Stratigraphische Tabelle der Karnischen Alpen nach SCHÖNLAUB (1986) mit einer Neugliederung des Devons nach KREUTZER (1992) und Überarbeitung des Altpaläozoikums.



Der vorliegende Atlas zeigt einen mikrofaziellen Querschnitt durch ein klassisches Forschungsgebiet karbonatischer Sedimente des Altpaläozoikums. Die Karnischen Alpen sind aus einer variszischen Karbonatschwelle am Nordrand Gondwanas hervorgegangen, die auf kürzester Distanz die Fazieszonen vom Interti-

belts from intertidal to reef and high pelagic environments. This close transition from one facies to the other is typical for the Carnic Alps and differs from other Variscan carbonate complexes.

Table 1.
Stratigraphic table of the Carnic Alps after SCHÖNLAUB (1986) with revised subdivision of the Devonian after KREUTZER (1992) and a revision of the Lower Paleozoic.

TRIASSIC	Ladinian	500–700 m Schlerndolomit Formation	
	Anisian	–30 m Muschelkalk Formation	–40 m Tuffes–Tuffites
		0–30 m Muschelkalk Conglomerate	4 m
	Scythian	180m Werfen Formation	250 m Bellerophon Formation
PERMIAN	Tatarian	170 m Bellerophon Formation	
	Kungurian–Kazanian	Tarvis Breccia	30–40 m Gröden Formation
	Artinskian	Treßdorf Lmst.	Trogkofel Conglomerate
	Sakmarian	400 m Trogkofel Limestone	
	Asselian	175 m Upper Pseudoschwagerina Formation	
		125 m Grenzland Formation	160 m Lower Pseudoschwagerina Formation
CARBONIFEROUS	Gzhelian	600–800 m Auernig Formation	
	Kasimovian		
	Moscovian		
	Bashkirian	–40 m Waidegg Formation	
	Serpukhovian	Hochwipfel Formation	Hochwipfel Formation
	Viséan	>1000 m	Dacite
	Tournaisian	3 m Plotta Lydite	–10 m Kronhof Limestone
DEVONIAN	Famennian	Kronhof Lmst. ? m Marinelli Lmst. >40 m Kollinkofel Lmst.	Pal Limestone
	Frasnian	Kellergrat Reef Limestone	>100 m
	Givetian	Spinotti Lst. 220 m	Cellon Limestone 210 m
	Eifelian	Gamskofel Limestone 40 m Seewarte Lmst.	120 m Vinz Limestone
	Emsian	130 m Lambertengh Limestone	145 m Kellerwand Lst.
	Pragian	350 m Hohe Warte Lst.	40–60 m Findenig Limestone
	Lochkovian	180 m neritic Raüchkofel Limestone	80–120 m pelagic Raüchkofel Limestone
	Pridolian	20–27 m Megaerella-Alticola Limestone	40–50 m Nölbling Formation
	Ludlowian	0.5–4 m Cardiola Formation	
	Wenlockian	4–15 m Kok Formation	
SILURIAN	neritic	pelagic	
	Llandoverian	0–7 m Plöcken Formation	
	Ashgillian	–20 m Wolayer Limestone	–6 m Uggwa Limestone
ORDOVICIAN	Caradocian	>300 m Comelico Porphyroid	–100 m Fleons Greywacke
		–60 m Himmelberg Sst.	–100 m Uggwa Shale
		–500 m Greywackes, Lydites and Shales	?

dal über den Riffkern bis zum pelagischen Sedimentationsraum birgt. Aus diesem Grund lassen sich die Karnischen Alpen nicht ohne weiteres mit anderen variszischen Karbonatkomplexen vergleichen. Die vorliegende Dokumentation soll Geologen und Paläontologen als Anregung dienen, die sich mit der immer noch zu we-

Abb. 1/Text-Fig. 1.

Lage des Arbeitsgebietes/Location of the study area.

Übersichtskarte (general map): B = Bregenz; E = Eisenstadt; G = Graz; I = Innsbruck; K = Klagenfurt; S = Salzburg; W = Wien.

Detailkarte (detailed map):

Wände und Berge (walls and mountains): A = Austriascharte; C = Cellon; CP = Cima Plotta; F = Freikofel; Gk = Gamskofel; HW = Hohe Warte; Kk = Kollinkofel; KP = Kleiner Pal; Ks = Kellerspitzen; P = Polinik; SN = Sasso Nero;

Sk = Seekopf; Sw = Seewarte.

Pässe (passes): PP = Plöckenpaß; VT = Valentintörl; WT = Wodnertörl.

Alpenvereins-Hütten und Almen (refuges): LH = Rifugio

Lambertenghi e Romanin; MH = Rifugio Giovanni e

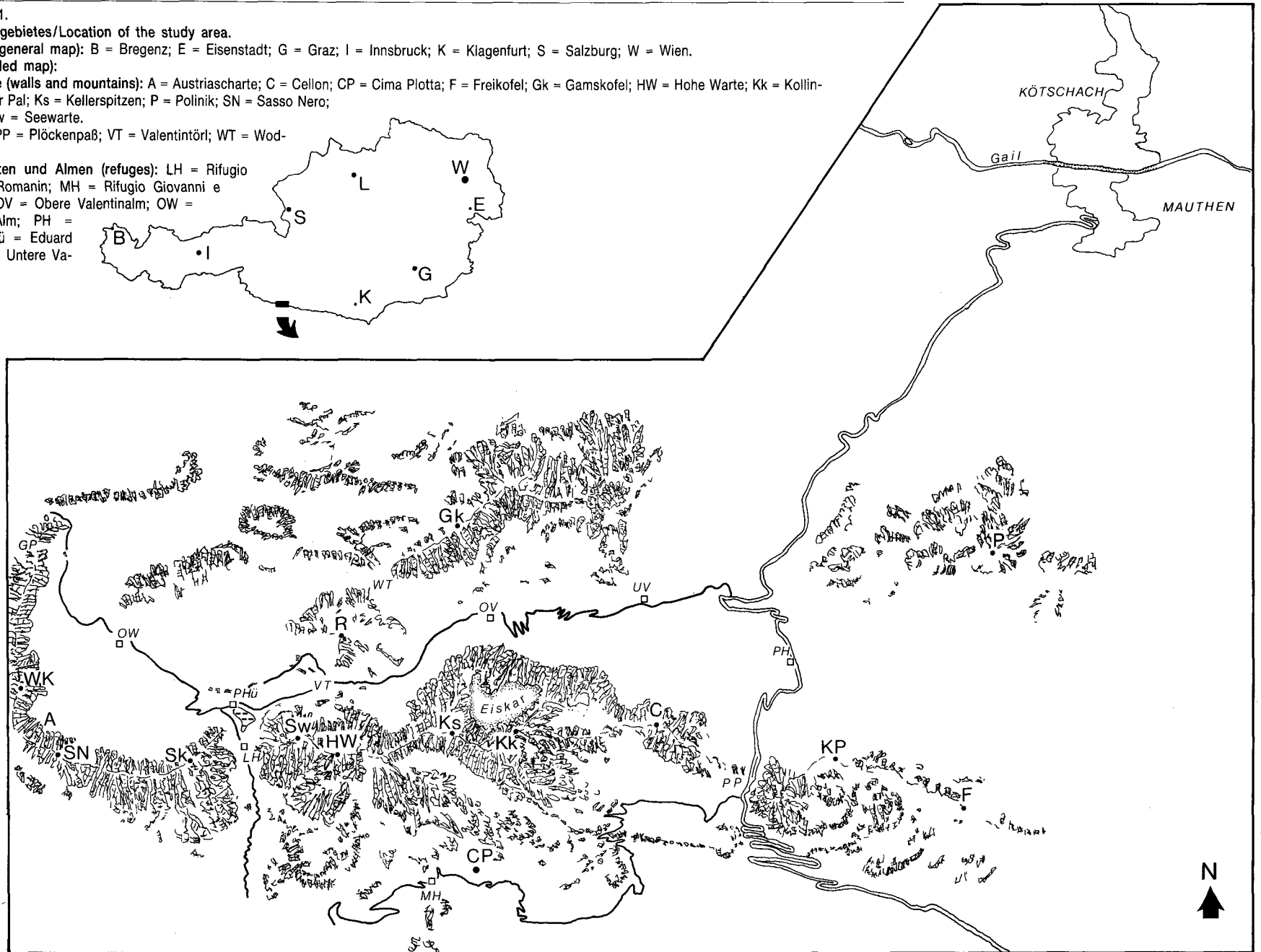
Olinto Marinelli; OV = Obere Valentalalm; OW =

Obere Wolayer-Alm; PH =

Plöckenhaus; PHü = Eduard

Pichl-Hütte; UV = Untere Va-

lentalalm.



nig beachteten Mikrofazies des Altpaläozoikums auseinanderzusetzen.

2. Mikrofazielle Untersuchungen als eigenständige Methode geowissenschaftlicher Forschung

Nach E. FLÜGEL (1978, 1982) ist Mikrofazies die "Gesamtheit der im Schliffbereich (Kleinbereich) typisierbaren paläontologischen und sedimentpetrographischen Merkmale". Mikrofazielle Arbeiten befähigen zur Differenzierung von Karbonat-Gesteinen, die sich makroskopisch auf den ersten Blick sehr ähnlich sind. Trotzdem kann die mikrofazielle Bestandsaufnahme eines geologischen Profiles nur zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn man das Datenmaterial mit den Geländebefunden kurzschließt: Mikrofazies als losgelöste und abgegrenzte Teilwissenschaft kann zu Fehlschlüssen führen!

Andererseits ist es oft erst die Mikrofazies, die gerade paläogeographische und palökologische Probleme lösen kann, worüber (mit anderen Arbeitsmethoden) bis dahin nur spekuliert werden konnte.

Erste mikrofazielle Untersuchungen – hauptsächlich an triadischen Kalken – wurden Mitte bis Ende des letzten Jahrhunderts gemacht (PETERS, 1863; GÜMBEL, 1873; SORBY, 1879; BORNEMANN, 1886), die sich in Bezug auf Verfeinerung von Methoden und Interpretation der Daten stets weiterentwickelt haben. Der erste Mikrofazies-Bildband wurde im Jahr 1900 von den Franzosen HOVELACQUE und KILIAN herausgebracht.

Das Interesse (oder Desinteresse?) an der Mikrofazies als geowissenschaftliche Methode stagnierte in der Folge bis zum Beginn der 60er Jahre. Erst mit der

Chapters 2. and 3.

In the German version chapters 2 and 3 show a general view about microfacial history, literature and methods which is not considered here because of the extensive English bibliography (standard papers see German version; TUCKER & WRIGHT, 1990: 422–467; E. FLÜGEL, 1982).

Tabelle 2.
Die 24 Standard-Mikrofaziestypen (SMF-Types) nach WILSON (1975; aus E. FLÜGEL, 1982). Als Grundlage für deren Bestimmung dient die Karbonat-Klassifikation nach DUNHAM (1962) in der oberen Reihe.

Table 2.
The 24 Standard Microfacies Types (SMF-Types) after WILSON (1975; from E. FLÜGEL, 1982). To recognize them first the limestones have to be classified after DUNHAM (1962) shown in the headline.

Mudstone or Bindstone (c, d, e)	Wackestone Floatstone	Packstone	Grainstone Rudstone	Boundstone
a) with spicula 1 b) with pelagic microfossils 3 c) laminoid fenestral fabrics 19 d) algal stromatolites 20 e) spongiostrome fabric 21 f) no fossils 23	a) with bioclasts 9 b) with oncoids 22 c) with sessile organisms 8 d) cortoids and worn bioclasts from high-energy environments in micrite 10	a) with bioclasts and extra-clasts 4	a) with cortoids 11 b) with oncoids 13 c) with ooids 15 d) with peloids 16 e) with aggregate grains 17 f) with abundant dasycladaceans or abundant foraminifera 18 g) rudstone with reef debris 6 h) rudstone or floatstone with clasts consisting of micrite or calcisiltite without fossils 24 b) microbioclastic calcisiltite, very small bioclasts and peloids 2 c) bioclasts, internal sediments abundant, sometimes developed as floatstone 5 d) bioclast accumulations, e.g., pelecypod coquinas, or echinoderms 12	Sessile organisms in situ form organic structures (framestones or bafflestones) 7

damals verstärkten Erdölprospektion erlebte die mikrofaziale Forschung einen großen Aufschwung. Gleichzeitig erleichterte die erste brauchbare Kalk-Klassifikation (FOLK, 1959) eine Verständigung untereinander bezüglich der Nomenklatur. Heute hat sich weitgehend die Klassifikation von DUNHAM (1962) durchgesetzt. Sie hat den Vorteil, daß sie schon im Gelände, also bei makroskopischen Beobachtungen, angewendet werden kann.

Durch die weltweite Anerkennung dieser Klassifikationen wurde es möglich, mikrofazial-gemeinsame Phänomene zeitlich und örtlich verschiedener Karbonat-Komplexe mit der selben Nomenklatur zu belegen: Karbonatvorkommen in aller Welt konnten untereinander besser verglichen werden. Mehr und mehr wurden Untersuchungen auf rezenten Karbonatplattformen durchgeführt, die immer besser und eindeutiger die Rätsel optisch sichtbarer Strukturen in einem karbonatischen Gestein einer Lösung näherbrachten.

Die kuriosesten Arbeitsmethoden kamen den Riff-Forschern zu Hilfe: An einem jahresmäßig leicht datierbaren Kronenkorken eines weltbekannten Erfrischungsgetränkes beispielsweise, den irgendjemand vor langem unachtsam ins Meer geworfen haben mußte, konnte aufgrund seiner meßbar dicken Karbonatrinde die Wachstumsrate rezenter Krustenbildung bestimmt werden.

Die Zusammenhänge solch komplexer Vorgänge, wie sie in lebenden Riffen herrschen, wurden immer besser verstanden. Die Erkenntnisse wurden aktualistisch auf fossile Riffe übertragen, so daß sich heutzutage dieser Forschungszweig etabliert hat und die Zahl an Veröffentlichungen pro Jahr seit den 60er Jahren exponentiell angestiegen ist.

Für die rezente Karbonat-Forschung gelten die „Great Bahama Bank“ (IMBRIE & PURDY, 1962; ILLING, 1954; SEIBOLD, 1962; PURDY, 1963a–b; STORR, 1964; BATHURST, 1967; MILLIMAN, 1967; SHINN et al., 1969; SCOFFIN, 1970; SCHROEDER et al., 1973; SCHROEDER & ZANKL, 1974; MULTER, 1969/1977), der „Florida Shelf“ (GINSBURG, 1956; STOCKMAN et al., 1967; BALL et al., 1967; BATHURST, 1975; MULTER, 1969/1977; ENOS, 1977; PERKINS, 1977; PERKINS & ENOS, 1968), der „Persische Golf“ (KENDALL & SKIPWITH, 1968, 1969; KINSMAN, 1964; SARNTHEIN, 1969, 1971; PURSER, 1973), das „Rote Meer“ (GEVIRTZ & FRIEDMAN, 1966; FRIEDMAN, 1968) und das „Great Barrier Reef“ (MAIKLEM, 1968; MAXWELL, 1968; MAXWELL et al., 1961, 1964, 1970) als die klassischen Forschungsgebiete. Die oben aufgezählten Arbeiten bilden die Grundlage für jedes aktualistische Vergleichen hinsichtlich der Mikrofazies von Karbonatgesteinen. Eine umfassende und aktuelle Bibliographie über Karbonat-Sedimentologie ist bei TUCKER & WRIGHT (1990) nachzulesen.

Während immer mehr rezente Sedimentationsräume erfaßt und beschrieben wurden, dachten andere Autoren gleichzeitig darüber nach, wie man die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Phänomenen der Karbonatsedimentation erkennen und Modelle für diese komplexen Sedimentationsräume entwickeln kann.

Das IRWIN-Modell (1965) für den flachen Schelfbereich unterscheidet drei Zonen des Epikontinentalbereiches, die sich aufgrund der unterschiedlichen Wasserenergie und den damit verbundenen Sedimentationsmerkmalen voneinander abheben (X-Zone: Offenes Meer; Y-Zone: Barre; Z-Zone: Lagune/Sabkha). Das Modell wurde später mehrmals variiert und ergänzt (FRIEDMAN et al., 1971; LEES, 1973).

There are no English versions of chapters 2 and 3 (see p. 11)

Tabelle 3.
Fazies-Schema nach WILSON (1975) und E. FLÜGEL (1982).
Die SMF-Typen (siehe Tabelle 2) werden in Beziehung zu typischen Organismen, Lithologie und Fazieszonierung gesetzt.

Table 3.
Facies- scheme after WILSON (1975) and E. FLÜGEL (1982).
The SMF-Typen (see Table 2) are shown in relation to typical organisms, lithology and facies belts.

1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Basin (Fondotherm)	Open Sea Shelf (Deep Undathem)	Deep Shelf Margin or Basin Margin (Clinothem)	Foreslope (Clinothem)	Buildups or Platform Margin	Winnowed Platform Edge Sands	Open Platforms (Shelf Lagoon) (Shallow Undathem)	Restricted Platforms	Platform Evaporites (Sabkha)	Land	
Wide Facies Belts		Very Narrow Belts				Wide Facies Belts				SMF Types
1, 2, 3	2, 8, 9, 10	2, 3, 4	4, 5, 6	7, 11, 12	11, 12, 13, 14, 15	8, 9, 10, 16, 17, 18	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24	20, 23		
Deep marine as are a) leptogeosynclines with calcareous turbidites, b) miogeosynclines	Deep marine neritic sedimentation	Sedimentation of carbonate detritus and pelagic material	Instable sedimentation of debris	Organic reefs	Winnowed carbonate sands on shoals, coastal areas or tidal bars, eolian dune sands on islands	Bays and open lagoons behind the outer platform edge	Cut-off lagoons and coastal ponds with restricted circulation	Gypsum and anhydrite formation by evaporation of intermittently flooded supratidal areas, arid climate	Facies Belts	
Dark shales and siltstones, thin-bedded limestones (mudstones and calcisiltites): very even mm lamination: rhythmic bedding	Very fossiliferous limestone (bioclastic wackestone and whole fossils wackestones, - calcisiltite) interbedded with marls, thin to medium, wavy to nodular beds	Fine-grained limestone (dark mudstone, some calcisiltite), cherty in some cases, some shaly and silty intercalations, often massive units, lenses of graded sediments, some large blocks	Sedimentary breccias and resedimented limestones, some shale, siltstone, etc. Slump structures, exotic blocks, some bioherms	Massive limestone and dolomites. No terrigenous sediments	Calcarenite (well-sorted grainstones) with ooids, bioclasts, etc., some dolomite, quartz sand admixtures. Cross-bedding	Various limestone types (grainstone to mudstone), some thin-bedded terrigenous clastics	Dolomite and dolomitic limestones. Mudstones with peloids, algal mats, lithoclastic wackestones. Carbonate and terrigenous clastics in well-segregated beds. Fenestral fabrics, mm lamination	Irregularly laminated dolomite and anhydrite. may grade to red beds, caliche, terrigenous clastics sometimes important	Lithology	
Exclusively nekton and plankton preserved in local abundance on bedding planes sometimes condensed fauna	Very diverse shelly fauna preserving both infauna and epifauna, bioturbation common	Redeposited shallow marine bioclasts together with autochthonous benthonic and planktonic organisms, some ghost fauna	Rebedded colonies from Belt 5. Often very fossiliferous.	Frame-building organisms with growth forms determined by water energy	Concentrations of worn and abraded shells of benthonic animals living in Belts 4 and 5. Few autochthonous elements (gastropods, foraminifera, dasyclads)	Very diverse fauna, stenohaline elements rare. Sediment stabilization by abundant marine grasses, occasional patch reefs, abundant endobionts and bioturbation	Very limited fauna, mainly gastropods, algae, certain foraminifera (e.g., miliolids), and ostracods	Only stromatolitic algae, almost no fauna	Organisms	

E. FLÜGEL (1972) hatte die Idee, verschieden alte Kalke aufgrund ihrer mikrofazialen Merkmale unter Verwendung sedimentologischer und paläontologischer Daten zu Grundtypen zusammenzufassen.

AHR (1973) schlug als Modell die "Karbonat-Rampe" vor, die er definierte als nicht unterbrochene schiefe Ebene, welche zwei unterschiedliche Niveaus verbindet. Dieses Modell ist stark umstritten.

Auf der Grundlage des FLÜGEL-Konzeptes erstellte WILSON (1975) unter Anwendung der DUNHAM (1962)-Klassifikation das WILSON-Modell. Dieses Modell ist das vielseitigste von allen: Es werden alle marinen Bereiche vom Becken bis zu den Intertidalzonen erfaßt. Das WILSON-Modell hat sich im wesentlichen durchgesetzt. WILSON stellte 24 „Standard-Microfacies-Typen“ auf (siehe Tab. 2). Diese SMF-Typen können nach WILSON sogenannten Fazieszonen (FZ 1–9; Tab. 3) zugeordnet werden. Schwierigkeiten ergeben sich manchmal bei der Zuordnung der SMF-Typen: Das Modell ist hinsichtlich seiner „Treffsicherheit“ mit Vorsicht anzuwenden. Eine gute Übersicht zu diesen Modellen findet sich bei E. FLÜGEL (1978/1982).

3. Mikrofaziale Untersuchungen als angewandter Forschungszweig

Sicherlich würde man über das Ziel hinausschießen, würde man die mikrofaziale Karbonatforschung zu den angewandten geologischen Wissenschaften zählen. Trotzdem ist sie weit mehr mit der Lagerstättenforschung verknüpft, als viele Geowissenschaftler glauben (im Rahmen eines Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat E. FLÜGEL, 1989, eine zusammenfassende Darstellung mit reichhaltiger Bibliographie bezüglich der hier behandelten Fragestellung veröffentlicht).

Schon im letzten Jahrhundert wurde Riffkarbonaten eine große wirtschaftliche Bedeutung zugemessen (SORBY, 1879). Spätestens seit der Arbeit von UDDEN und WAITE (1927) weiß man, wie wichtig beispielsweise mikrofaziale Beobachtungen für das Auffinden von Ölvorkommen in Karbonatgesteinen sind: Der Anteil von Karbonaten an den Gesamt-Speichergesteinen wird heute zwar unterschiedlich eingeschätzt, liegt aber immer im Größenbereich bei 50 % Gesamtanteil (s. E. FLÜGEL, 1989). FLÜGEL zeigt eine Beziehung zwischen relativer Größe und Häufigkeit von Lagerstätten und dem prozentualen Anteil von Karbonat-Speichergesteinen:

Im mittleren Größenfeld der Großlagerstätten haben die karbonatischen Speichergesteine einen Anteil von über 50 %. Bei näherer Betrachtung der Karbonate, die als Speicher für Kohlenwasserstoffe dienen, stellt sich heraus, daß ungefähr 70 % der Speichergesteine Riffe im engeren Sinne sind, wobei der Anteil an Schelfrand-Riffen größer ist, als jener der Riffe auf dem Schelf. Das bedeutet für die Exploration: Die Wahrscheinlichkeit, Kohlenwasserstoffe zu finden, ist an mikrofaziale Kriterien gebunden.

Aber nicht nur für die Erdölindustrie spielt die Mikrofazies eine Rolle, sondern auch für die Erzlagerstättenkunde:

Besonders bei der Pb/Zn-Vererzung besteht eine gewisse Beziehung zwischen der Mikrofazies der Trägergesteine und den Vererzungshäufigkeiten (E. FLÜGEL,

There are no English versions of chapters 2 and 3 (see p. 11)

1989), also auch hier können mikrofazielle Beobachtungen für die Prospektion wichtige Indizien liefern.

Kalke dienen auch direkt als Rohstoff. Hierbei ist vor allen Dingen die Reinheit der Gesteine (also der CaCO_3 -Gehalt) ein wichtiger Faktor. Hier sind zwar bestimmte Tendenzen bezüglich Mikrofazies und industriell relevanter Eigenschaften der Karbonatgesteine zu erkennen, direkte Zusammenhänge aber noch nicht klar nachweisbar (s. E. FLÜGEL, 1989).

4. Probleme mikrofazieller Forschung im Altpaläozoikum

Die Objekte mikrofazieller Arbeit decken mit ihren unterschiedlichen Epochen die gesamte Erdgeschichte ab, wo immer sie Karbonatkomplexe hervorgebracht hat. Ab dem Kambrium kann man zum ersten Mal von Riffen im weitesten Sinne sprechen („Archeocyathiden-Riffe“), seit dieser Zeit wurden die Riff-Komplexe immer vielfältiger und abwechslungsreicher. Die paläozoischen Riffe sind im großen und ganzen mittlerweile gut bekannt und größtenteils erforscht.

Allerdings können paläozoische Riffe gegenüber mesozoischen einige Nachteile haben, was die mikrofazielle Bearbeitbarkeit betrifft. PAPP und TURNOVSKY schrieben 1970 in ihrer „Microfacies Austriaca“:

„... Die Dokumentation der Microfacies altpaläozoischer Ablagerungen befindet sich nicht nur in Österreich, sondern auch in anderen Ländern erst in den Anfangsstadien ...“

Sicherlich ist in den letzten zwanzig Jahren diesbezüglich viel geschehen, die Tendenz ist allerdings unverändert. Dies vor allem, wenn die betreffenden Karbonatkomplexe variszisch und ein zweites Mal alpidisch tektonisiert worden sind, wie es in den Karnischen Alpen der Fall ist. So ist der jahrelange Forschungsrückstand auf geologisch jüngere Einheiten noch nicht aufgeholt worden. Das hat verschiedene Gründe:

- Altpaläozoische Karbonate sind
- oft einem enormen Überlagerungsdruck ausgesetzt gewesen. Fossil erhaltene Flora und Fauna sind dadurch in vielen Fällen stark umkristallisiert und nicht mehr zu bestimmen;
- meist intensiver als jüngere Karbonate von einer leichten Metamorphose betroffen, was das Erkennen mikrofazieller Merkmale erheblich erschwert: Mikrofazielle Bearbeitung ist oft nur noch an Relikt-Arealen durchführbar, wodurch ein hoher Prozentsatz der durch Schriffe aufgeschlossenen Gesamtfläche nicht ausgewertet werden kann (SCHRAMM, 1991, gibt für die oberdevonischen Pal-Kalke der Karnischen Alpen Illit-Kristallinitäten an, die das Spektrum der Anchimetamorphose abdecken);
- oft durch intensive Tektonik verstellt und durchbewegt (was für das alpidisch verformte Permo-Mesozoikum natürlich auch zutrifft, bei altpaläozoischen Gesteinen aber sogar durch variszische und alpidische Orogenese verstärkt sein kann). Die Rekonstruktion der Paläogeographie setzt folglich mehr klassisch-geologische Geländestudien voraus und bedeutet gegenüber weniger gestörten und/oder verfallenen Arbeitsgebieten einen beträchtlichen zeitlichen Mehraufwand;
- für den Betrachter im allgemeinen vom ästhetischen Standpunkt aus uninteressanter als mesozoische:

4. Problems of Microfacial Investigations in the Lower Paleozoic

Microfacial investigations were done in many carbonate sequences of all epochs of earth's history since reefs in general sense became established in Lower Cambrian (Archeocyathid reefs); in the following times reefs became more diversified.

In present days Paleozoic reefs are well known and have been generally well studied. However, Lower Paleozoic reefs reflect more problems relative to microfacies in comparison with Permomesozoic:

- Fossils often are poorly preserved and recrystallized due to rock weight pressure of overlying Mesozoic beds.
- Lower Paleozoic rocks often are more altered by weak metamorphism than Mesozoic ones. Microfacial features can only be identified in relic areas (SCHRAMM, 1991, measured illite crystallinity data for the Upper Devonian Pal Limestone in the Carnic Alps showing anchimetamorphic grade overprint).
- Lower Paleozoic territories are often dislocated and folded (like many Mesozoic, too,) by alpidic tectogenesis, but in addition they can show strong influence of Variscan tectonics: a paleogeographic reconstruction requires more investigations.
- Lower Paleozoic carbonates generally are not as impressive for the observer as Mesozoic ones: Mesozoic thin-sections are "more beautiful" (sentences like this one I often heard from colleagues investigating microfacial thin-sections!). This may be a reason to prefer the studies of younger carbonates.
- Lower Paleozoic sequences often are not as varying as Mesozoic ones because in the Lower Paleozoic mud mounds statistically dominate. Only since younger parts of earth's history ecological reefs with high faunal and facial diversity dominate.
- Bibliography about Variscan carbonate sequences is less abundant than about Permomesozoic resulting from reasons shown above but it also has a feedback: These who want to deal with Lower Paleozoic microfacies analysis will have problems to find adequate photomicrographs for comparison with their own study areas. The following list presents some examples: In HOROWITZ & POTTER (1971) the relationship between Paleozoic and post-Variscan photomicrographs is 5 : 8, in WILSON (1975) 13 : 18, in E. FLÜGEL (1982) only 1 : 10. In conclusion, comparison of illustrations seems to be one of the most important tools in microfacies analysis (a bibliography of microfacies illustration papers can be found by E. FLÜGEL 1982).

Schliff-Bilder aus dem Mesozoikum sind bedeutend „schöner anzuschauen“ als solche aus dem Paläozoikum (solche bedingt verständlichen Sätze hört man immer wieder von Geowissenschaftlern, die mit mikrofaziellen Schliffen arbeiten!). Das mag ein Grund sein, sich lieber jüngeren Karbonaten zu widmen;

- hinsichtlich der Vielseitigkeit für den Bearbeiter häufig wenig abwechslungsreich, denn im Altpaläozoikum herrschen (JAMES, 1979) an Riff-Typen statistisch gesehen die „Mud-Mounds“ vor, also Karbonatschlammstrukturen weitgehend ohne gerüstbildende Organismen und ohne nennenswerte Faziesdifferenzierung. Erst in jüngeren Abschnitten der Erdgeschichte überwiegt der Anteil der ökologischen Riffe mit hochdiverser Fauna und lange Zeit konstanten Bildungsbedingungen und breitem Faziespektrum;
- nicht so zahlreich dokumentiert wie permomesozoische, was sich aus den oben angeführten Gründen schon ergibt, aber eben auch zu einer Rückkopplung führt: Wer in die altpaläozoische Mikrofazies-Analyse einsteigen will, wird es oft schwer haben, adäquate Schliff-Bilder und Darstellungen zu finden, die für sein Arbeitsgebiet als Vergleich herangezogen werden können. Dazu einige Beispiele aus verschiedenen Standardwerken: Bei HOROWITZ & POTTER (1971) ist das Verhältnis von altpaläozoischen zu postvariszischen Schliff-Fotos 5 : 8, in WILSON (1975) 13 : 18, in E. FLÜGEL (1978) gar 1 : 8, in E. FLÜGEL (1982) sogar kleiner als 1 : 10.

Das bedeutet für die mikrofazielle Forschung im Altpaläozoikum: Gegenüber den jüngeren Gesteinen bestehen große Nachteile, was die Bearbeitbarkeit und das Bildmaterial betrifft, und Bildvergleiche sind mit das wichtigste Arbeitsmittel bei der Mikrofazies-Analyse.

Eine kommentierte Bibliographie zu Mikrofazies-„Bild-Sammelwerken“ bringt E. FLÜGEL (1978/1982).

5. Bisherige Arbeiten mit mikrofazieller Fotodokumentation über das Variszikum der Karnischen Alpen

Über das Altpaläozoikum der Karnischen Alpen ist mittlerweile eine große Anzahl an Arbeiten geschrieben worden, die sich mit den unterschiedlichsten Problemen geowissenschaftlicher Natur auseinandersetzen. Viele Autoren beschäftigen sich zwangsläufig unter anderem mit der Mikrofazies, jedoch sind nur in einigen Arbeiten verwertbare fotografische Abbildungen zu finden. Sie sollen kurz vorgestellt werden.

Mehrere dieser Arbeiten haben speziell das Studium bestimmter Profile oder Profilabschnitte zum Inhalt:

An der Seewarte wurde in mehreren Einzelstudien verschiedener Autoren die Mikrofazies der Flachwasserkalke in den Karnischen Alpen beschrieben. BANDEL (1969) bringt viele Fototafeln aus den unterdevonischen Schichtgliedern an der Seewarte, die einen guten Überblick bieten.

Die emsischen „Seewartekalke“ des Seewarteprofiles wurden zwar mehrfach untersucht und beschrieben (ERBEN et al., 1962; JHAVERI, 1969), allerdings fehlt bisher aus dieser Schicht eine hinreichende Fotodokumentation.

5. Papers with Microfacial Photo Documentation of the Variscan Part of the Carnic Alps

Until today many papers were written about the Lower Paleozoic of the Carnic Alps but only few with photomicrographs. Because most of them were written in German they will be briefly introduced here.

BANDEL (1969) and POHLER (1982) studied the subtidal of the Seewarte section, GÖDDERTZ (1982) the pelagic Devonian Rauchkofel section at Valentin glacier; EBNER (1973) shows photomicrographs about the pelagic carbonate facies at Elferspitz. DULLO (1992) shows microfacial figures from Ordovician carbonates under cathodoluminescence. FERRARI & VAI (1965) show typical subtidal faunal photomicrographs from Monte Zermula. GALLI (1985) has documented representative Devonian facies types from Cima Ombladet. SCHÖNLAUB (1980, 1988) worked out some sections at the Ordovician/Silurian boundary and shows microfacial phenomena. In SCHÖNLAUB, FEIST & KORN one microfacial plate is shown with figures from cephalopod limestones from the Devonian/Carboniferous boundary.

Other papers don't deal with microfacies, but they show few figures from Variscan carbonate sequences:

POHLER (1982) widmete sich dem Seewarte-Profilabschnitt des Mittel- und Oberdevons, GÖDDERTZ (1982) übernahm die Auswertung des pelagischen Devons am Rauchkofel. In diesen Arbeiten sind Schliff-Fotos mit typischen Mikrofazies-Merkmalen abgebildet, aber leider wurden beide Diplomarbeiten nicht veröffentlicht und bleiben daher den meisten Interessenten unzugänglich.

Eine ausführliche Abhandlung über die pelagische Karbonatfazies wurde von EBNER (1973) veröffentlicht. In dieser Arbeit sind einige Abbildungen bezüglich der Mikrofazies des Elferspitz-Profiles vom Ashgill bis zum Oberdevon zu finden.

DULLO (1992) hat die Mikrofazies der ordovizischen Wolayer- und Uggwa-Kalke mit modernen Methoden bearbeitet und bringt Abbildungen, die unter Kathodolumineszenz fotografiert wurden, wodurch die unterschiedlichen Zementgenerationen und damit die Strukturen besser sichtbar werden.

Zur Stratigraphie des Profils am Monte Zermula auf italienischer Seite der Karnischen Alpen haben FERRARI & VAI (1965) eine Arbeit erstellt, die einige Bilder der typischen Flachwasser-Faunen im Zusammenhang mit der Mikrofazies zeigen.

GALLI (1985) dokumentierte repräsentative devonische Faziestypen aus seinen Untersuchungen, die er an der Cima Ombladet (Italien) durchgeführt hat.

SCHÖNLAUB (1980, 1988) beschäftigt sich ausführlich mit den Profilen an der Ordoviz/Silur-Grenze in den Karnischen Alpen und zeigt in wenigen Abbildungen mikrofazielle Phänomene an dieser Grenze.

Eine „vorläufige Mitteilung“ über ein weiteres Grenzprofil, das Devon/Karbon-Profil an der Grünen Schneid, haben SCHÖNLAUB, FEIST & KORN (1988) verfaßt. Hier ist eine Fototafel über das typische pelagische Erscheinungsbild der weit verbreiteten Cephalopodenkalke dieses Zeitabschnittes zu finden.

Andere Arbeiten haben die Mikrofazies nicht zu einem Schwerpunkt-Thema gemacht, präsentieren aber Dünnschliffbilder des karbonatischen Variszikums der Karnischen Alpen:

E. FLÜGEL (1956) zeigt Schiffe von devonischen Hydrozoen, FERRARI (1968) und KÜSTER (1987) erläutern Korallenfaunen des Devons, PALLA (1967) bildet devonische Algen ab. OEKENTORP-KÜSTER & OEKENTORP (1992) beschreiben speziell die Korallenfauna der zentralen Karnischen Alpen und gehen auch auf die Mikrofazies ein. In 6 Tafeln sind Mikrofazies und Korallenfauna fotografisch abgebildet.

VAI (1980), SPALLETTA & VAI (1984), SPALLETTA, PERRI & VAI (1983) und ARGNANI & CAVAZZA (1984) bringen einige Schliffbilder zur Mikrofazies der devonischen Kalke von der italienischen Seite der Karnischen Alpen.

PAPP & TURNOVSKY (1970) bilden in ihrer ausführlichen Abhandlung nur eine (!) Tafel mit Mikrofossilien aus dem Silur der Karnischen Alpen ab, ihre dafür angeführten Gründe wurden oben geschildert.

Drei Abhandlungen setzen sich mit der Mikrofazies, der Stratigraphie und der Paläogeographie der Karnischen Alpen auseinander:

BANDEL (1972) verfaßte die erste Gesamtdarstellung zur Paläogeographie und Paläökologie des Devons und Unterkarbons in den Karnischen Alpen, die gleichsam biostratigraphische und tektonische Gesichtspunkte vereint. BANDEL's Arbeit beinhaltet zahlreiche Fototafeln und Zeichnungen von Dünnschliffen.

E. FLÜGEL (1956) shows hydrozoans, FERRARI (1968), KÜSTER (1987) and OEKENTORP-KÜSTER & OEKENTORP (1992) corals, PALLA (1967) algae.

VAI (1980), SPALLETTA & VAI (1984), SPALLETTA, PERRI & VAI (1983) and ARGNANI & CAVAZZA (1984) illustrate some microfacial figures from the Italian side of the Variscan Carnic Alps.

Three papers deal with microfacies, paleogeography and stratigraphy: BANDEL (1972), KREUTZER (1990) and KREUTZER (1992).

The microfacial investigations of the Variscan of the Carnic Alps have to be intensified (in contrast to the overlying Mesozoic which is well studied), and during the entire Devonian, the Carnic Alps reflect a unique example for an ecological reef with all facies belts belonging to it. It started in the Upper Ordovician with the beginning of the continuous carbonate development persisting until the Viséan.

KREUTZER (1986) kartierte erstmals die Kellerwandregion und bildete in dieser unveröffentlichten Arbeit die unterschiedlichen Mikrofazies-Typen ab. Später entwarf KREUTZER (1989/1990) mit Hilfe von Mikrofazies, Stratigraphie und Tektonik ein paläogeographisches Modell für den Zentralkarnischen Hauptkamm, das eine Neuorientierung der Faziesräume zur Folge hat. In dieser Arbeit sind für das kalkige Devon insgesamt 10 Mikrofazies-Typen mit Untertypen aufgestellt worden (mittlerweile wurde auf 13 Haupttypen erweitert: KREUTZER, 1992).

Die mikrofazielle Forschung im Altpaläozoikum der Karnischen Alpen kann und muß noch intensiviert werden (im Gegensatz dazu steht das überlagernde und gut bearbeitete Permo-Mesozoikum der selben Region). Die Karnischen Alpen zeigen im gesamten Devon ein einzigartiges Beispiel für ein ökologisches Riff mit allen dazugehörigen Faziesräumen, dessen Grundstock bereits im oberen Ordoviz mit dem Beginn der ununterbrochenen karbonatischen Entwicklung gelegt wurde, die bis ins Visé angedauert hat.

6. Paläogeographie

6.1. Fazieszonen

Bereits im Ordoviz läßt sich für die Karbonate des Altpaläozoikums der Karnischen Alpen eine Faziestrennung nachvollziehen: Der Wolayer-Kalk repräsentiert das Ashgill der ordovizischen Himmelberg-Fazies und kommt hauptsächlich in der Umgebung des Wolayer Sees vor. Ihm entspricht in der Uggwa-Fazies der ge-

6. Paleogeography

6.1. Facies Belts

As early as in the Ordovician a facial differentiation can be recognized for the carbonates: The Wolayer Limestone (see Tab. 1b) represents the late Ordovician Himmelberg facies and corresponds to the Uggwa Limestone of the Uggwa facies. These limestones are well dated based on conodonts. According to DULLO

Abb. 2.

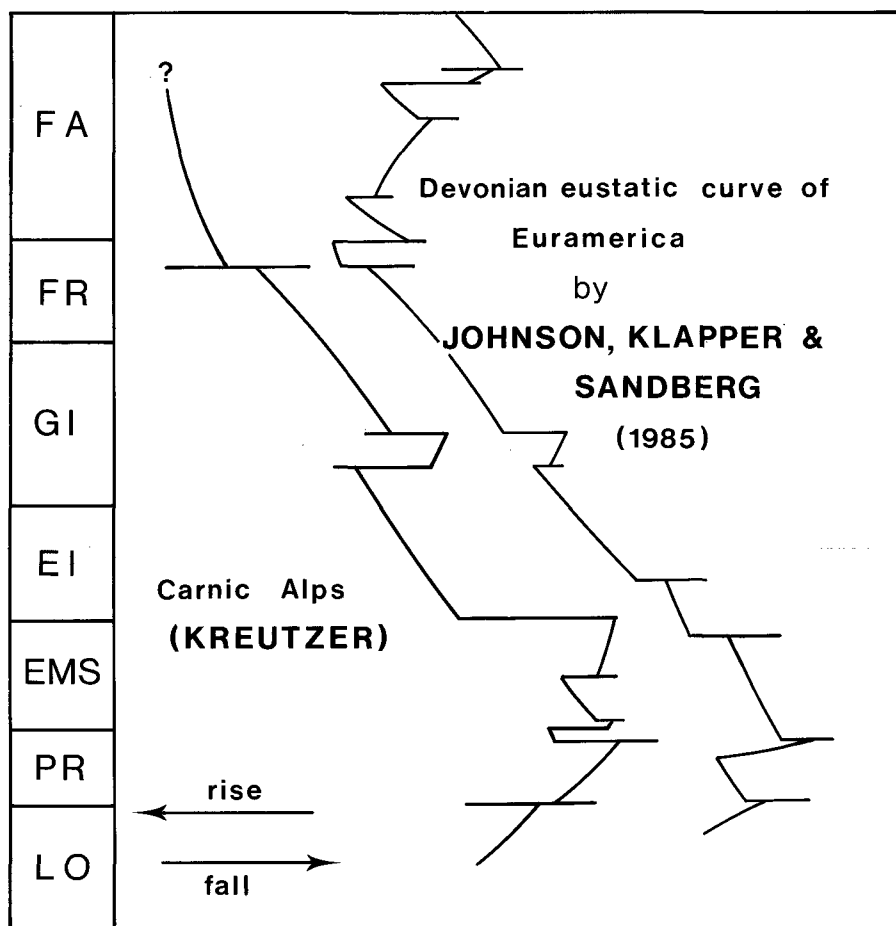
Qualitative eustatische Meeresspiegelkurve des Devons Euramerikas (vereinfacht, nach JOHNSON et al., 1985) und der Karnischen Alpen (nach KREUTZER, 1990), die am Nordrand Gondwanas gelegen haben.

Die Kurven zeigen weitgehend identische Trends, lediglich die vollständig pelagische Entwicklung im Oberdevon der Karnischen Alpen läßt eine Deutung nicht mehr zu.

Text-Fig. 2.

Qualitative eustatic curve for the Devonian of Euramerica (simplified, after JOHNSON et al., 1985) and of the Carnic Alps (after KREUTZER, 1990) which were located at the northern margin of Gondwana.

With the exception of the Upper Devonian sequence, the two curves show identical trends.



ringmächtigere Uggwa-Kalk. Das Alter beider Kalke ist conodontenstratigraphisch gut datiert. DULLO (1992) belegt die Faziestrennung über mikrofazielle Studien und vergleicht die beiden Einheiten. Er gliedert diese gleichalten Formationen paläogeographisch in eine parautochthone Cystoideenrasen-Fazies (Wolayer-Kalk) und in die dazugehörige Beckenkalk-Entwicklung (Uggwa-Kalke) als Schuttfazies.

Am Ende des Ordoviz erfolgte in den Karnischen Alpen eine Regression. In allen Profilen der Karbonatfazies beginnen die nachfolgenden transgressive Schichten der Kok-Formation erst mit dem Llandovery. Das klassische Silurprofil der Karnischen Alpen birgt die Cellonetta-Lawinenrinne (WALLISER, 1964; H. FLÜGEL, 1965). Am Seekopf-Sockel ist das Silur der Karnischen Alpen reduziert ausgebildet.

Am Ende des Lochkovs beginnt in den Flachwasserkalken der Karnischen Alpen eine ± stabile Phase, die bis ins Frasn (Obere *gigas*-Zone, KREUTZER, 1990) anhält: Kontinuierlich werden über 1000 Meter Flachwasser-Karbonate (südliche Flachwasser-Fazies der Kellerwanddecke) abgelagert, während in kurzer Entfernung pelagische Karbonate (pelagische Karbonat-Fazies der Rauchkofeldecke) mit Mächtigkeiten von maximal 100 Metern entstehen (SCHÖNLAUB, 1979, 1985; KREUTZER 1990, 1992). Dazwischen steht die Übergangs-Fazies der Cellondecke (Abb. 3). Jenseits der klastischen Stillwasser-Fazies der Bischofalmdecke existiert noch eine nördliche Flachwasser-Fazies der Feldkogeldecke, die eine eigenständige Entwicklung konstant bis ins Oberdevon erfahren hat. Die Sedimente dieser Einheit sind überall tektonisch isoliert (SCHÖNLAUB, 1985; KREUTZER, 1990, 1992).

Mit dem Famenne setzt in den Karnischen Alpen eine Transgression ein, deren Kontinuität in der Mittleren *crepida*-Zone kurz unterbrochen wird. Im Unterkarbon schließlich werden alle karbonatischen Faziesräume mit geringmächtigem Cephalopodenkalk (Kronhof-Kalk) überdeckt. Die Faziesdifferenzierung ist im Unterkarbon demnach nicht mehr nachvollziehbar. Im Visé

(1992), the two formations represent the near-shore parautochthonous cystoid facies (Wolayer Limestone) and an off-shore basinal debris facies (Uggwa Limestone).

At the end of the Ordovician in the Carnic Alps a regression occurred. In all limestone-dominated sequences the following transgressive beds of the Kok Formation started in the Llandovery, for example in the famous Silurian sequence of the Cellon section (WALLISER, 1964; H. FLÜGEL, 1965; see Text-Fig. 4). At Seekopf section the Silurian is considerably reduced.

From the Lochkovian to the Frasnian (Upper *gigas* Zone, KREUTZER 1990) more than 1000 metres of shallow water limestones were deposited (southern shallow water facies of the Kellerwand nappe) which correspond to coeval pelagic carbonates (pelagic limestone facies of the Rauchkofel nappe) of markedly reduced thickness of not more than 100 metres (SCHÖNLAUB, 1979, 1985; KREUTZER, 1990, 1992). Between both facies the transition zone of the Cellon nappe (Text-Fig. 3) is developed.

North of the clastic basinal facies of the Bischofalm nappe the shallow water facies of the Feldkogel nappe displays a distinct development from the Lower to the Upper Devonian.

In the Famennian a regression occurred which was briefly interrupted during the *crepida* Zone. In the Lower Carboniferous all facies were covered by a thin cephalopodal limestone facies (Kronhof Limestone). Hence, during this time a subdivision of facies cannot be recognized. At the beginning of the Visean the flysch of the Hochwipfel Formation transgressed upon the Kronhof Limestone and stopped the limestone sequence of the Lower Paleozoic of the Carnic Alps.

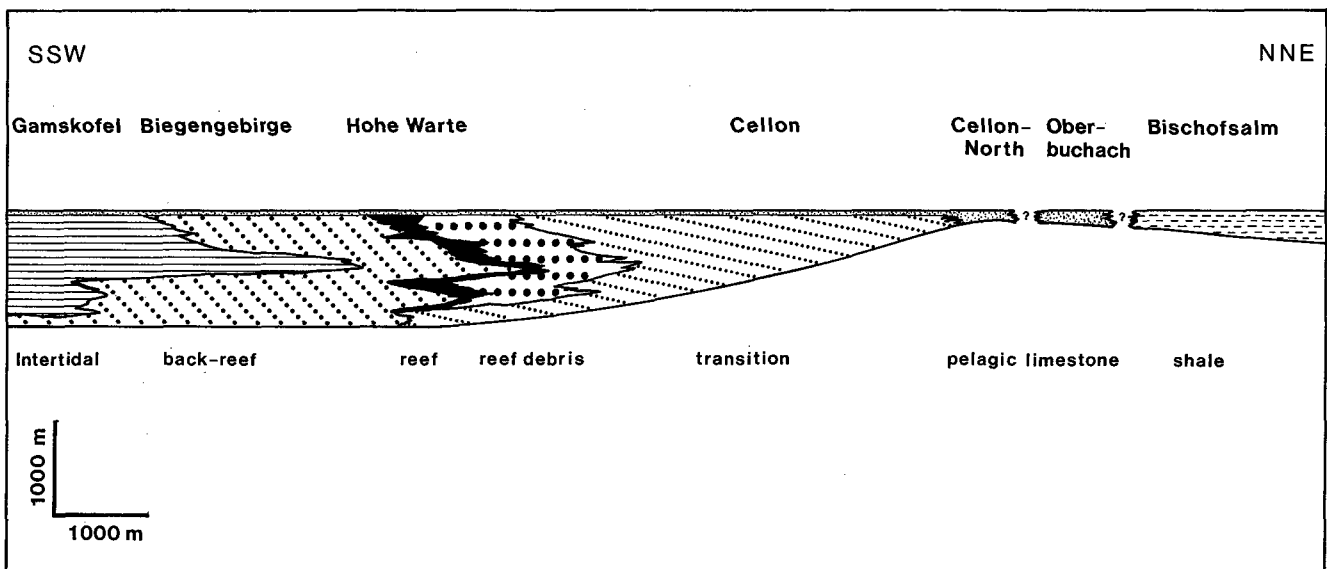


Abb. 3. Palinspastic profile through the Carnic Alps at the Devonian/Carboniferous boundary (after KREUTZER, 1992). In the south-southwest the shallow water facies is located, in the north-northeast the pelagic limestone facies (Cellon-North, Oberbuchach), followed by the high pelagic stillwater facies (Bischofalm).

Text-Fig. 3. Palinspastic profile of the Carnic Alps at the Devonian/Carboniferous boundary (KREUTZER, 1992). In the south-southwest the subtidal facies was situated, in the north-northeast the pelagic limestone facies (Cellon-North, Oberbuchach), followed by the high pelagic stillwater facies (Bischofalm).

transgrediert der Flysch der Hochwipfel-Formation über den Kronhof-Kalk und stoppt damit die karbonatische Entwicklung des Altpaläozoikums der Karnischen Alpen. Mit den Kronhof-Kalken hört die Bilddokumentation des vorliegenden Bandes auf.

6.2. Hoch-Zeit der Riffentwicklung

Wie oben geschildert, gab es schon im späten Ordoviz Karbonate in den Karnischen Alpen, die faziell gut differenzierbar sind. Einige Argumente sprechen für eine Kaltwasserentwicklung („cool water carbonates“ nach JAMES, 1990; siehe DULLO, 1992). DULLO siedelt die Wolayer-Kalke auf dem flachen Innenschelf an, während er die Uggwa-Kalke Richtung Außenschelf positioniert.

Die ordovizische Riffentwicklung kam also nie über ein Pionierstadium mit Seelilien (WALKER & ALBERTSTADT, 1975) hinaus (DULLO, 1992). Die Entwicklung hatte biostromale Tendenz, die Reliefunterschiede blieben gering.

Zwar wird im Silur die Faziesdifferenzierung vielfältiger, das Pionierstadium der Flachwasserkalke bleibt jedoch erhalten. In der Umgebung der heutigen Hohen Warte, dem späteren devonischen Zentrum der Riffbildung, werden Crinoiden- und Brachiopodenschichten gebildet, die – wie bereits im Ordoviz – nur unbedeutende Reliefunterschiede erzeugen können.

Im Lochkov schreitet die Ausdehnung von Korallen und Stromatoporen allmählich fort: Es bilden sich vor allem fleckenförmige, räumlich eng begrenzte Kleinriffe (patch-reefs). Schließlich beginnt im Prag ein rapides Riffwachstum, das die bisher recht ausgeglichenen und allmählichen Faziesübergänge in drastisch abgrenzbare Fazieszonen unterteilt (KREUTZER, 1990). Im Norden hält die Sedimentation pelagischer Karbonate an (Rauchkofel, Hoher Trieb), im Süden entstehen typische Sedimente der Gezeitzone (Biegengebirge, Gamskofel) und dazwischen befindet sich die Zone eines Rifffes (Kellerspitzen, Hohe Warte), deren Organismen auf dem langsam sinkenden Untergrund devonische Gerüstkalke von heute über 1000 Meter Mächtigkeit wachsen lassen, deren Blütezeit im Givet und frühen Frasn ist (siehe Abb. 3).

Die Riffe bestehen in der Hauptsache aus Stromatoporen, deren Durchmesser bis zu einem Meter annehmen kann. Die Stromatoporen (*Stromatopora* sp. und *Parallelopora* sp.) sind in den givetischen Rifffes fast immer mit Korallen vergesellschaftet (*Acanthophyllum concavum*, *Alaiophyllum* cf. *jarushevskyi*, *A. wirbelauense*, *Alveolites* sp., *Battersbyia* sp., *Cyathophyllum* sp., *Dendrostella trigemme*, *Grypophyllum* sp., *Pexiphyllum* sp., *Squamaeoalveolites* sp., *Stringophyllum* sp., *Syringopora* sp. – mit *Stromatopora* als Lebensgemeinschaft *Caunopora* vertreten –, *Thamnopora* sp., *Temnophyllum* cf. *latum*; s. KREUTZER, 1990; OEKENTORP-KÜSTER & OEKENTORP, 1992).

Im Frasn ist die Korallenfauna spärlicher (als Besonderheit *Scruttonia julli*, s. KÜSTER, 1987), gehäuft tritt allerdings das an die Riffrandfazies gebundene Problematicum *Renalcis turbitus* in Zusammenhang mit ausgedehnten Stromatoporengerüsten auf. In der Unteren *gigas*-Zone sind die Riffe ausgestorben, der Untergrund ist bereits abgesunken, und die Riffe werden zunehmend (im Famenne) von Schlamm-Kalken und syntektonischen Lithoklast-Breccien überdeckt (KREUTZER, 1990).

6.2. Climax of Reef Evolution

DULLO (1992) characterizes the late Ordovician Wolayer and Uggwa Limestones as cool water carbonates according to JAMES (1990). He places the Wolayer Limestone in the inner shelf area and the Uggwa Limestone in the outer shelf. Thus the Ordovician reef evolution never exceeded a pioneer faunal stage with crinoids (WALKER & ALBERTSTADT, 1975). This development suggests a biostromal tendency with low topographic differences.

During the Silurian the facial differentiation increased although the pioneering stage of the shallow water limestones never exceeded. In the area of the Hohe Warte, i.e. the centre of the Devonian biohermal reef buildups, Silurian crinoidal and brachiopodal limestones occur which reflect only a low relief similar to the Ordovician.

During the Lochkovian corals and stromatoporoids slowly proceeded and first patch-reefs occurred. In the Pragian the reefs began to grow rapidly. In contrast to the northern realm characterized by pelagic sedimentation (Rauchkofel, Hoher Trieb), in the south typical sediments of an intertidal facies were deposited (Biegengebirge, Gamskofel). Between these pelagic and intertidal sediments a reef (Kellerspitzen, Hohe Warte) developed with organisms forming more than 1000 metres of Devonian buildups (see Text-Fig. 3). They reached their climax during the Givetian and Frasnian.

The reefs consist mainly of stromatoporoids with up to one metre in diameter (*Stromatopora* sp. and *Parallelopora* sp.). They are mainly associated with corals (*Acanthophyllum concavum*, *Alaiophyllum* cf. *jarushevskyi*, *A. wirbelauense*, *Alveolites* sp., *Battersbyia* sp., *Cyathophyllum* sp., *Dendrostella trigemme*, *Grypophyllum* sp., *Pexiphyllum* sp., *Squamaeoalveolites* sp., *Stringophyllum* sp., *Syringopora* sp. – with *Stromatopora* as symbiosis *Caunopora* –, *Thamnopora* sp., *Temnophyllum* cf. *latum*; s. KREUTZER, 1990; OEKENTORP-KÜSTER & OEKENTORP, 1992).

In the Frasnian the diversity of the coral fauna is low (especially *Scruttonia julli*, KÜSTER 1987). Very often the microproblematicum *Renalcis turbitus* occurs (together with stromatoporoids), which characterizes Frasnian reef margins. Due to increased subsidence, in the Lower *gigas* Zone the reefs disappeared and in the Famennian syntectonical breccias cover the Frasnian strata.

6.3. Die Meeresspiegelschwankungen des Devons der Karnischen Alpen verglichen mit Euramerika

Betrachtet man den devonischen Riff-Komplex der Karnischen Alpen in Zeit und Raum, lassen sich eindeutig Schwankungen des Meeresspiegels nachvollziehen: Bis einschließlich Ems zog sich das Wasser allmählich zurück, anschließend kehrte sich die Tendenz um: Es erfolgten nacheinander episodische Meeresspiegelanstiege. Zu Beginn des Givets und in der *crepida*-Zone erlitt diese Tendenz Einbrüche, allerdings waren diese nur von kurzer Dauer. Die Absenkung hielt an bis zum Unterkarbon.

Vergleicht man diese Entwicklung (KREUTZER, 1990) mit einer vereinfachten eustatischen Meeresspiegelschwankungskurve für Euramerika, die JOHNSON et al. (1985) ursprünglich sehr detailliert aufgestellt haben, so lassen sich durchaus Parallelen bezüglich der bathymetrischen Kurven im Devon bis einschließlich Frasn für Euramerika und die Karnischen Alpen feststellen (Abb. 2), die am Nordrand des damaligen Südkontinentes Gondwana gelegen haben. Die Tendenzen stimmen ebenfalls mit der weltweiten eustatischen Meeresspiegelkurve nach ROSS & ROSS (1990) überein. Im Famenne ist eine detaillierte Entschlüsselung der Meeresspiegelschwankungen für die Karnischen Alpen aufgrund des drastischen Anstieges des Meeresspiegels nicht mehr nachvollziehbar (KOMINZ & BOND, 1991, zeigten, daß der rapide Anstieg des Meeresspiegels im gesamten Oberdevon eine Konsequenz der Mantelverdickung während des Wachstums des Superkontinentes Pangäa war).

7. Tabellarische Beschreibungen der Karbonate des Altpaläozoikums in den Karnischen Alpen

Das Spektrum der altpaläozoischen Karbonate in den Karnischen Alpen ist in vieler Hinsicht groß. Betrachtet man den Grad der Rekristallisation, so lassen sich Areale mit gut über weniger gut erhaltene bis hin zu metamorphen Kalkgesteinen finden, wobei der Metamorphosegrad nach Westen hin zunimmt. Ebenso breit ist das Band tektonisch überprägter Karbonatgesteine, deren Verformungsgrad so hoch sein kann, daß die Gesteine vollkommen umkristallisiert sind.

Gleich hindernd für die mikrofazielle Bearbeitung der Karbonate ist der Grad der Dolomitisierung, der schichtweise ein breites Spektrum – von nicht bis vollständig dolomitisiert – beschreibt (trotz der Tatsache, daß Dolomitierungen im allgemeinen in den Karnischen Alpen lokal eng begrenzt sind). Bei kompletter Umwandlung der Primärtextur in Dolomit sind die Schiffe nicht oder nur sehr beschränkt in Reliktarealen auswertbar.

Betrachten wir die primären petrographischen und paläontologischen Merkmale der Gesteine, so kann sicherlich behauptet werden, daß alle möglichen Typen der DUNHAM-(1962)-Klassifikation im Gebiet vertreten sind (KREUTZER, 1990, 1992). Das gleiche gilt bedingt für die FOLK-(1959)-Klassifikation; bedingt deshalb, weil bei FOLK Rindenkörner keine Berücksichtigung finden. Ersetzt man die FOLKschen Ooid-Gesteine allerdings durch die üppig verbreiteten Rindenkornkalke der Kar-

6.3. Eustatic Fluctuations of the Carnic Devonian in Comparison with Euramerica

Contemplating in time and space the Devonian reef complex of the Carnic Alps, significant sea level fluctuations can be recognized. Up to the end of the Emsian a general tendency of water regression can be ascertained followed by episodic transgressions. In the Lower Givetian and in the *crepida* Zone the tendency showed only low brakes. The transgression continued up to the Lower Carboniferous.

In comparison with the eustatic fluctuation curve of Euramerica (JOHNSON et al., 1985), the Devonian bathymetric curve of the Carnic Alps (situated at this time at the northern margin of Gondwana; KREUTZER, 1992) shows a similar tendency (see Text-Fig. 2), also comparable to the worldwide eustatic curve of ROSS & ROSS (1990), except for the Famennian. During this time sea-level oscillations cannot be distinguished. KOMINZ & BOND (1991) showed that the Upper Devonian rapid sea-level rise was a consequence of the mantle downwelling during the accretion of the supercontinent Pangaea.

7. Tabulated Descriptions of the Limestone Formations of the Lower Paleozoic in the Carnic Alps

After examination of hundreds of thin-sections it must be emphasized that all types of the carbonate classification of DUNHAM (1962) are present in the area (KREUTZER, 1990, 1992). The same is true for the FOLK (1959) classification if ooids are substituted by coated grains (because in the Carnic Devonian coated grains often were formed of ooids). From 24 Standard-Microfacies-Types according to WILSON (1975; see Table 2) 18 are present in the Lower Paleozoic of the Carnic Alps.

The appearing rocks are tabulated in the following chapter. If two WILSON SMF-Types intersect the type numbers are written in parentheses. The classification of MF-Types according to KREUTZER (1990, 1992a) are only used for Devonian limestones.

bonate des Altpaläozoikums (zumal die Rindenkörner teilweise aus Ooiden hervorgegangen sind), sind auch alle Kombinationen der FOLK-Klassifikation zu finden.

Von den 24 Standard-Mikrofazies-Typen nach WILSON (1975; siehe Tab. 2,3) sind 18 vorhanden, soweit sie sich mit der nötigen Vorsicht auf das Altpaläozoikum der Karnischen Alpen anwenden lassen.

Die unterschiedlichen Gesteine vom Ordoviz, dem Beginn der Riffentwicklung (nach DULLO, 1992, das Pionierstadium), bis zum Unterkarbon, ihrem Ende, sollen in Relation zu Raum und Zeit steckbriefähnlich charakterisiert werden (vgl. Tab. 1a). Die behandelten Gesteine werden im folgenden tabellarisch beschrieben. Die DUNHAM-(1962)-Klassifikation wird angegeben, wo es möglich ist, ebenso die Zuordnung eines Standard-Mikrofazies-Typs (SMF-Typ) nach WILSON (1975). Es kann sein, daß Gesteine zwischen zwei SMF-Typen vermitteln. In diesem Fall sind zwei durch Schrägstrich getrennte Typen in Klammern gesetzt. Die Zuordnung der Mikrofazies-Typen (MF-Typ) nach KREUTZER (1990, 1992) sind nur gültig für das Devon der Karnischen Alpen.

7.1. Ordoviz

Formation: Uggwa-Kalk.

Alter: Ashgill.

Fazies: Uggwa-Fazies.

Ausbildung:

a) Graue bis bunte pelagische Tonflaserkalle im Wechsel mit

b) Ostracoden-Echinodermen-Schill.

Biogene: Brachiopoden, Filamente, Ostracoden, Parathuramminacea, Cephalopoden, Styliolinen, Echinodermenreste, Conodonten, Trilobiten, Acritarchen, Chitinozoen.

Mächtigkeit: 5–6 m.

Tafel: 3.

Bester Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 1–5 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): a) wackestone; b) pack-/grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) 9; b) 12.

*

Formation: Plöcken-Formation.

Alter: Ashgill.

Fazies: Uggwa-Fazies.

Ausbildung: Echinodermenschutt- und Schillkalk.

Biogene: Echinodermen, Ostracoden, Bivalven, Algen.

Mächtigkeit: – 7 m.

Tafel: 3.

Bester Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 6–8 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.

*

Formation: Wolayer-Kalk.

Alter: Ashgill.

Fazies: Himmelberg-Fazies.

Ausbildung: Grobspätiger Echinodermenschutt-Kalk.

Biogene: Cystoideen, Bryozoen, Conodonten, Trilobiten.

7.1. Ordovician

Formation: Uggwa Formation.

Age: Ashgillian.

Facies: Uggwa Facies.

Character:

a) grey to coloured pelagic Flaser limestone with
b) ostracod-echinodermal debris layers.

Skeletal grains: brachiopods, filaments, ostracods, parathuramminacea, cephalopods, styliolinids, trilobites, acritarchs.

Thickness: 5–6 m.

Plate: 3.

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bed 1–5 (after WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): a) wackestone; b) pack-/grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) 9; b) 12.

*

Formation: Plöcken Formation.

Age: Ashgillian.

Facies: Uggwa Facies.

Character: echinodermal and bivalve debris.

Skeletal grains: echinoderms, ostracods, bivalves, algae.

Thickness: – 7 m.

Plate: 3.

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bed 6–8 (after WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): 12.

*

Formation: Wolayer Limestone.

Age: Ashgillian.

Facies: Himmelberg Facies.

Character: sparry echinodermal debris.

Skeletal grains: cystoids, bryozoans, conodonts, trilobites.

Thickness: 15–20 m.

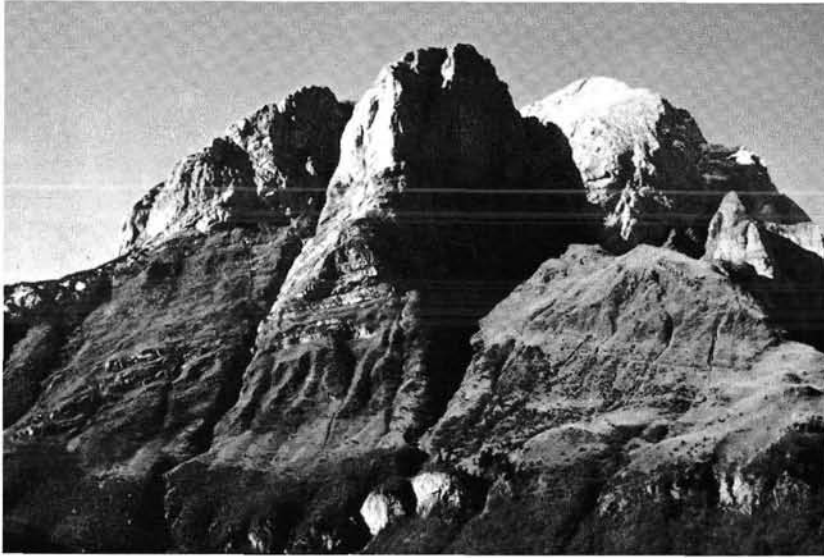


Abb. 4.

Das berühmte Profil der Cellon-Rinne, das als Standardprofil für die Silur-Conodonten-Chronologie in den Alpen gilt (WALLISER, 1964).

Die Schichtenfolge umfaßt Kalke des Altpaläozoikums vom Caradoc bis ins Unterkarbon. Dort, wo der Weg die Rinne kreuzt (ganz unten), beginnt die 60 Meter mächtige Silur-Folge in pelagischer Karbonatfazies. Darüber setzt das mehrere hundert Meter mächtige Devon in Übergangsfazies ein. Knapp unter dem Gipfel beginnt das Oberdevon: Die Sedimente bekommen wieder pelagischen Charakter.

Text-Fig. 4.

The famous Cellon section.

The sequence displays Lower Paleozoic limestones ranging from the Caradoc to the Lower Carboniferous. The 60 meters thick Silurian pelagic sequence begins at the level of the trail crossing the avalanche ravine. This part has been the type section for Silurian conodont chronology in the Alps since WALLISER (1964). Above starts the some hundred meter thick Devonian in transitional facies. Close to the top the Upper Devonian begins reflecting a more pelagic character.

Mächtigkeit: 15–20 m.

Tafel: 1,2.

Bester Aufschluß: Seekopf-Sockel.

DUNHAM (1962): grain-/rudstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.

Plate: 1,2.

Best outcrop: Seekopf-Sockel.

DUNHAM (1962): grain-/rudstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.

7.2. Silur

Formation: Neritische Kok-Formation.

Alter: Wenlock bis mittleres Ludlow.

Fazies: Plöcken-Fazies.

Ausbildung: Crinoidenschuttkalke.

Biogene: Echinodermen, Schalen, Gastropoden.

Mächtigkeit: – 15 m.

Bester Aufschluß: Seewarte-Sockel.

DUNHAM (1962): pack-/grainstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.

7.2. Silurian

Formation: Neritic Kok Formation.

Age: Wenlock to Middle Ludlow.

Facies: Plöcken Facies.

Character: crinoidal debris.

Skeletal grains: echinoderms, shells, gastropods.

Thickness: – 15 m.

Best outcrop: Seewarte-Sockel.

DUNHAM (1962): pack-/grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): 12.

Formation: Pelagische Kok-Formation.

Alter: Wenlock bis mittleres Ludlow.

Fazies: Plöcken-Fazies.

Ausbildung: Graue bis grauschwarze mikritische Kalke mit vielen Stylolithenbahnen.

Biogene: Filamente, Trilobiten, Orthoceren, Gastropoden, Brachiopoden, Echinodermen.

Mächtigkeit: 4 m.

Tafel: 4, 5, 6.

Bester Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 9–20 (nach WALLISER).

DUNHAM (1962): mud-/wackestone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 9.

Formation: Pelagic Kok Formation.

Age: Wenlock to Middle Ludlow.

Facies: Plöcken Facies.

Character: grey to greyish black micritic limestones with many stylolites.

Skeletal grains: filaments, trilobites, ostracods, gastropods, brachiopods, echinoderms.

Thickness: 4 m.

Plate: 4, 5, 6.

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bed 9–20 (after WALLISER).

DUNHAM (1962): mud-/wackestone.

SMF-Type after WILSON (1975): 9.

Formation: Cardiola-Formation.

Alter: Oberes Ludlow.

Fazies: Plöcken-Fazies.

Ausbildung: Graue Kalke mit Mergellagen.

Biogene: Nautiloideen, Ostracoden, Trilobiten, Parathuramminaceen, Radiolarien.

Mächtigkeit: 0,5–4 m.

Tafel: 7.

Formation: Cardiola Formation.

Age: Upper Ludlow.

Facies: Plöcken Facies.

Character: grey limestones with marly layers.

Skeletal grains: nautiloids, ostracods, trilobites, parathuramminaceae, radiolarians.

Thickness: 0,5–4 m.

Plate: 7.



Abb. 5.

Das tektonisch zweigeteilte Profil der Kellerwand. Im oberen Bild Drittel ist der verschneite Moränenwall des Eiskargletschers zu erkennen, der die Schwächezone der Deckenüberschiebung zwischen Kellerwanddecke (hangend) und Cellondecke (liegend) ausgenutzt hat. Die oberen 500 Meter Wand (s. Abb. 6) werden aus mittel- bis oberdevonischen Kalken in Rückriff- und Riff-Fazies aufgebaut, über die sich am Kollinkofel (links oben) im Famenne Lithoklastkalke schichten, welche die oberdevonische Transgression einleiten. Die unteren 900 Meter hohen Abstürze (unterhalb der Moräne) werden aus Kalken in Übergangsfazies aufgebaut: Das Profil der Unteren Kellerwand besteht aus Kalken des Silurs bis zum Givet aus dem Bereich vor dem Riff. Unten sind die grobgebankten Schichten des Lochkovs (Rauchkofel-Kalk) deutlich zu erkennen (vgl. Tab. 1a), darüber folgen feinplattige gelbe Tentakulitenkalke des Prags (Kellerwand-Kalk) überlagert von Plattenkalk des Ems (Vinz-Kalk). Den Abschluß bilden massige Vorriff-Kalke des Mitteldevons (Cellon-Kalk).

Text-Fig. 5.

The tectonically divided profile of the Kellerwand. In the upper part of the figure the moraine of the Eiskar glacier is visible that utilized the zone of weakness of the nappe fault between the Upper Kellerwand Nappe and the Lower Cellon nappe. The upper 500 meters wall (see Text-Fig. 6) are represented by limestones in back-reef to reef facies above which lithoclast limestones were deposited in the Famennian at Kollinkofel (in Text-fig. left above) introducing the Upper Devonian transgression. The lower 900 meters high cliff (below the moraine) is composed of limestones in transitional facies. The profile of the Lower Kellerwand consists of Silurian to Givetian limestones representing the region in front of the reef (see tab.1b, text-fig.5). At the base coarse bedded Lochkovian strata (Rauchkofel Limestone) occur followed by thin bedded platy yellow Pragian tentaculite limestones (Kellerwand Limestone) succeeded by the Emsian platy limestone (Vinz Limestone). The top consists of massive fore reef limestones of Middle Devonian age (Cellon Limestone).

Beste Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 21–24 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bank 21–24 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).

Formation: **Alticola-Formation.**

Alter: Pridoli.

Fazies: Plöcken-Fazies.

Ausbildung: Dolomitische graue-grauviolette Mikrite.

Biogene: Nautiloideen, Filamente, Trilobiten.

Mächtigkeit: 20 m.

Tafel: 8.

Beste Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 25–39 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 3.

Formation: **Alticola Formation.**

Age: Pridoli.

Facies: Plöcken Facies.

Character: dolomitic grey to greyish pinkish micrites.

Skeletal grains: nautiloids, filaments, trilobites.

Thickness: 20 m.

Plate: 8.

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bed 25–39 (after WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Type after WILSON (1975): 3.

Formation: **Megaerella-Formation.**

Alter: Pridoli.

Fazies: Plöcken-Fazies.

Ausbildung:

- a) Hell- mittelgraue Mikrite im Wechsel mit
- b) Biospariten.

Formation: **Megaerella Formation.**

Age: Pridoli.

Facies: Plöcken Facies.

Character:

- a) light to grey micrites with
- b) biosparites.

Biogene:

- a) Ostracoden, Filamente, Trilobiten;
- b) Ostracoden, Filamente, Echinodermen.

Mächtigkeit: 8 m.

Tafel: 9, 10.

Bester Aufschluß: Cellon-Rinne, Bank 40–47 (nach WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): a) wackestones; b) pack-/grainstones.

SMF-Type nach WILSON (1975): a) 3; b) 2.

*

7.3. Devon

Formation: **Neritischer Rauchkofelkalk.**

Alter: Lochkov.

Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).

Ausbildung: Grauer Crinoidenschuttalk mit Rindenkörnern.

Biogene: Abgerollte Echinodermenreste, Bivalven.

Mächtigkeit: –180 m.

Tafel: 11,12.

Bester Aufschluß: Seewarte-Nordwandfuß.

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.

MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 2.

*

Skeletal grains:

- a) ostracods, filaments, trilobites;
- b) ostracods, filaments, echinoderms.

Thickness: 8 m.

Plate: 9, 10.

Best outcrop: Cellon-Rinne, Bed 40–47 (after WALLISER, 1964).

DUNHAM (1962): a) wackestones; b) pack-/grainstones.

SMF-Type after WILSON (1975): a) 3; b) 2.

*

7.3. Devonian

Formation: **Neritic Rauchkofel Limestone.**

Age: Lochkovian.

Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).

Character: grey crinoidal debris with coated grains. Skeletal grains: rounded echinodermal fragments, bivalves.

Thickness: –180 m.

Plate: 11,12.

Best outcrop: Seewarte-Nordwandfuß.

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): 12.

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 2.

*



Abb. 6.

Das Profil der Oberen Kellerwand über dem Eiskargletscher (vgl. Tab. 1a, Abb. 5).

Der zentrale Wandteil besteht aus Rindenkornkalken der Rückriff-Fazies (Eiskar-Kalk) vom jüngeren Ems bis ins Givet. Links (östlich) der höchsten Spitzen (Kellerspitzen) beginnen Kellergrat-Riffkalke, die sich bis ins Frasnian fortsetzen.

Text-Fig. 6.

The profile of the Upper Kellerwand above the Eiskar glacier (see Tab. 1b, Text-Fig. 5).

The central wall consists of coated grain limestones in back reef facies ranging from the younger Emsian to the Givetian. Left of the highest peaks (Kellerspitzen) the Kellergrat Reef Limestone (see tab.1b) begins that continues into the Frasnian.

Formation: **Pelagischer Rauchkofelkalk.**
 Alter: Lochkov.
 Fazies: Übergangs-Fazies und pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).
 Ausbildung: Dunkelgraue bis schwarze Plattenkalle.
 Biogene: Dacryoconariden, Cephalopoden, Ostracoden, Parathuramminacea, Filamente, Trilobiten, wenig Echinodermen.
 Mächtigkeit: 80–120 m, im Extremfall auf 2 m reduziert.
 Tafel: 11, 12.
 Bester Aufschluß: Untere Kellerwand, Cellon-Lawinenriß, Rauchkofel-Wandfuß.
 DUNHAM (1962): wackestone.
 SMF-Typ nach WILSON (1975): 9.
 MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 1.

Formation: **Pelagic Rauchkofel Limestone.**
 Age: Lochkovian.
 Facies: Transition Facies und Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
 Character: dark grey to black platy limestones.
 Skeletal grains: tentaculites, cephalopods, ostracods, parathuramminacea, filaments, trilobites, few echinoderms.
 Thickness: 80–120 m, in extreme cases reduced to 2 m.
 Plate: 11,12.
 Best outcrop: Untere Kellerwand, Cellon-Lawinenriß, Rauchkofel-Wandfuß.
 DUNHAM (1962): wackestone.
 SMF-Type after WILSON (1975): 9.
 MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 1.

Formation: **Boden-Kalk.**
 Alter: Jüngeres Lochkov.
 Fazies: Pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).
 Ausbildung: Heller Flaserkalk.
 Biogene: Orthoceren.
 Mächtigkeit: –20 m.
 Tafel: 13.
 Bester Aufschluß: Rauchkofelboden.
 DUNHAM (1962): wackestone.
 SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).
 MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): (1/8).

Formation: **Boden Limestone.**
 Age: Lower Lochkovian.
 Facies: Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
 Character: light flaser limestone.
 Skeletal grains: nautiloids.
 Thickness: –20 m.
 Plate: 13.
 Best outcrop: Rauchkofelboden.
 DUNHAM (1962): wackestone.
 SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).
 MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): (1/8).

Formation: **Gamskofel-Kalk.**
 Alter: Prag–Givet (?).
 Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
 Ausbildung:
 a) Algenlaminit im Wechsel mit
 b) Amphiporenkalk und
 c) Loferit.
 Biogene:
 a) Algen;
 a,c) Ostracoden, Parathuramminacea;
 b) Amphiporen, Brachiopoden.
 Mächtigkeit: 800 m.

Formation: **Gamskofel Limestone.**
 Age: Pragian–Givetian (?).
 Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
 Character:
 a) algal laminite with
 b) amphipora limestone and
 c) loferite layers.



Abb. 7.
 Das Profil der 600 Meter hohen Nordwand der Hohen Warte, des höchsten Berges der Karnischen Alpen (2784 m NN).

Es beginnt mit Crinoidenschuttkalken des Lochkovs (neritische Rauchkofel-Kalk), dann folgen erste Rifffalke im Prag (Hohe-Warte-Kalk). Am unteren Rand des Schneefeldes keilt der schwarze Hercynellenkalk des Ems aus (Seewarte-Kalk) und wird von Laminiten des Eifels (Lambertenghi-Kalk) überlagert. Darüber folgen mitteldevonische Birdseyekalke (Spinotti-Kalk). Am Gipfel sind givetische Rifffalke (Kellergrat-Riffkalk) aufgeschlossen.

Text-Fig. 7.
 The profile of the 600 meters high northern wall of the Hohe Warte (the highest mountain of the Carnic Alps, 2784 m above sea level).

The section begins with Lochkovian crinoidal limestones (neritic Rauchkofel Limestone) followed by the first reef limestones of Pragian age (Hohe Warte Limestone). At the lower margin of the snowfield the Emsian black *Hercynella* limestone thins out (Seewarte Limestone) overlain by Eifelian laminites (Lambertenghi Limestone). Above follows Middle Devonian birdseye limestone (Spinotti Limestone). At the top Givetian reef limestone (Kellergrat Reef Limestone) is exposed.



Tafel: 14,15,16.
 Bester Aufschluß: „Böses Gangele“ am Fuß der Gamskofel-Südwand.
 DUNHAM (1962): a) bindstone; b) baffestone; c) grainstone.
 SMF-Typ nach WILSON (1975): a,b) 7; c) 19.
 MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 5c; b) 11; c) 4b/c.

Formation: Hohe Warte-Kalk.
 Alter: Prag.
 Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
 Ausbildung: Crinoidenschutt-Kalk mit patch-reefs.
 Biogene: Echinodermen, Brachiopoden, Algen, Korallen, Stromatoporen.
 Mächtigkeit: 350 m.
 Tafel: 17.
 Bester Aufschluß: Seewarte-Westwandfuß (Italien).
 DUNHAM (1962): grainstone.
 SMF-Typ nach WILSON (1975): 12.
 MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 2.

Formation: Kellerwand-Kalk.
 Alter: Prag und Unterems.
 Fazies: Übergangs-Fazies (KREUTZER, 1992).

Abb. 8.
 Am Seekopf ist der krasse Gegensatz zwischen pelagischen und neritischen Kalken sehr nahe nebeneinander zu beobachten.

Unterhalb der großen Wand ist eine Schuppe (Seekopf-Sockel) sichtbar, deren Schichtfolge mit oberordovizischem Cystoideenkalk (Wolayer Kalk) beginnt, der von Obersilur, stark kondensierten unterdevonischen Karbonaten (Findenig-Kalk), geringmächtigem Mitteldevon (Valentin-Kalk) und Frasnien (Pal-Kalk) überlagert wird. Unterkarbonischer Hochwipfflysch schließt die Folge der tektonisch tieferen Einheit ab. Diese Einheit zählt zur Rauchkofel-Schuppenbedecke.

Die Überschiebungsbahn liegt etwa in der Mitte des Wiesenkamms, bevor die mächtige Felswand beginnt. Die Schichtenfolge dieser Wand, die zur Kellerwandbedecke gehört, beginnt mit geringmächtigem Oberordovizium (vermittelt zwischen Wolayer-Kalk und Uggwa-Kalk). Nach einer Schichtlücke folgt geringmächtiges jüngeres Silur. Den Hauptteil der Wand nehmen unterdevonische Flachwasserkalke ein (Hohe Warte-Kalk: mittlerer Wandteil; Seewarte-Kalk: Verflachung unterhalb der Gipfelpyramide; Lambertenghi-Kalk: Gipfelpyramide).

Text-Fig. 8.
 At Seekopf profile the distinct difference between pelagic and neritic limestones can be clearly observed.

Below the big wall a wedge (Seekopf-Sockel) is visible exposing the Upper Ordovician cystoid limestone (Wolayer Limestone) overlain by a sequence representing the Upper Silurian, condensed Lower Devonian (Findenig Limestone) and Middle Devonian (Valentin Limestone) and Frasnian (Pal Limestone). The Lower Carboniferous Hochwipfel Formation (flysch sediments) forms the younger sediments on the top of this lower tectonic unit belonging to the Rauchkofel nappe.

The overthrust plane is situated in the middle of the meadow below the big wall. The strata of this cliff belonging to the Kellerwand nappe begins with thin Upper Ordovician limestones (transition between Wolayer and Uggwa Limestone). They are overlain by reduced younger Silurian limestones. The main part of the wall is built up of Lower Devonian subtidal limestones (Hohe Warte Limestone: middle part of wall; Seewarte Limestone: flattening below the summit pyramid; Lambertenghi Limestone: summit pyramid).

Skeletal grains:

- a) algae;
- a,c) ostracods, parathuramminaceae;
- b) amphiporids and brachiopods.

Thickness: 800 m.

Plate: 14,15,16.

Best outcrop: "Böses Gangele" below Gamskofel-Südwand.

DUNHAM (1962): a) bindstone; b) baffestone; c) grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): a,b) 7; c) 19.

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 5c; b) 11; c) 4b/c.

Formation: Hohe Warte Limestone.

Age: Pragian.

Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).

Character: crinoidal debris with patch-reefs.

Skeletal grains: echinoderms, brachiopods, algae, corals, stromatoporoids.

Thickness: 350 m.

Plate: 17.

Best outcrop: Seewarte-Westwandfuß (Italy).

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): 12.

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 2.

Formation: Kellerwand Formation.

Age: Pragian to Lower Emsian.

Facies: Transition Facies (KREUTZER, 1992).

Ausbildung:

- a) Gelber Tentakulitenkalk im Wechsel mit
- b) organodetrithischen Zwischenschichten.

Biogene:

- a) Dacryoconariden, Ostracoden, Orthoceren, Trilobiten;
- b) Echinodermen, Bivalven, Korallen.

Mächtigkeit: 145 m.

Tafel: 18.

Bester Aufschluß: Untere Kellerwand.

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).

MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 1.

*

Formation: Findenig-Kalk.

Alter: Prag-Ems.

Fazies: Pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).

Ausbildung: Pelagischer roter Tonflaserkalk.

Biogene: Dacryoconariden, Foraminiferen, Ostracoden, selten Cephalopoden, Conodonten.

Mächtigkeit: 40–60 m.

Tafel: 23.

Bester Aufschluß: Findenig, Oberbuchach II (SCHÖNLAUB, 1985).

DUNHAM (1962): mudstone/wackestone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).

MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): (1/8).

*

Formation: Seewarte-Kalk.

Alter: Unterems.

Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).

Ausbildung: Tiefschwarzer bituminöser Algen-Gastropoden-Kalk.

Biogene: Gastropoden, Algen, Bivalven, Korallen.

Mächtigkeit: 40 m.

Tafel: 28, 29.

Bester Aufschluß: Seewarte-Sockel über Lambertenghi-Hütte.

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Typ nach WILSON (1975): 11.

MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 2.

Character:

- a) yellow tentaculite limestone with
- b) skeletal debris layers.

Skeletal grains:

- a) dacryoconarids, ostracods, nautiloids, trilobites;
- b) echinoderms, bivalves, corals.

Thickness: 145 m.

Plate: 18.

Best outcrop: Untere Kellerwand.

DUNHAM (1962): wackestone.

SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 1.

*

Formation: Findenig Limestone.

Age: Pragian, Emsian.

Facies: Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).

Character: pelagic red flaser limestone.

Skeletal grains: dacryoconarids, foraminifera, ostracods, few cephalopods, conodonts.

Thickness: 40–60 m.

Plate: 23.

Best outcrop: Findenig, Oberbuchach II (SCHÖNLAUB, 1985).

DUNHAM (1962): mudstone/wackestone.

SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): (1/8).

*

Formation: Seewarte Limestone.

Age: Lower Emsian.

Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).

Character: black bituminous algal gastropod limestone.

Skeletal grains: gastropods, algae, bivalves, corals.

Thickness: 40 m.

Plate: 28, 29.

Best outcrop: Seewarte-Sockel above Lambertenghi-Hütte.

DUNHAM (1962): grainstone.

SMF-Type after WILSON (1975): 11.

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 2.



Abb. 9.

Wolayer See mit Eduard-Pichl-Hütte, Frauenhügel und dem Biegengebirge im Hintergrund; ganz links der Wolayer Kopf mit dem Profil der Austriascharte. Während das Profil am Frauenhügel aus geringmächtigen pelagischen Kalken des oberen Silurs bis zum Oberdevon besteht (ähnlich denen am Seekopf-Sockel), zeigt das gesamte Biegengebirge intertidale bis subtidale Entwicklung des Unter- bis Mitteldevons (Gamskofel-Kalke).

Text-Fig. 9.

Lake Wolayer with Eduard-Pichl-Hütte, Frauenhügel (with the memorial on top) and Biegengebirge in background; left margin shows Wolayer Kopf with the Austriascharte section.

The profile of Frauenhügel consists of thin pelagic Upper Silurian to Upper Devonian limestone series (similar to Seekopf-Sockel). The entire Biegengebirge displays an intertidal to subtidal environment of Lower and Middle Devonian age (Gamskofel Limestone).

Formation: Lambertenghi-Kalk.
Alter: Jüngerer Ems.
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung:
a) Laminit, oft primärer Dolomit, im Wechsel mit
b) Birdseye-Kalken und
c) Crinoidenschuttkalken.
Biogene:
a) Algen, Gastropoden, Ostracoden, Parathuramminacea.
b,c) Bivalven, Gastropoden;
c) Dasycladaceen, Echinodermen, Korallen, Stromatoporen.
Mächtigkeit: 130 m.
Tafel: Plate: 30.
Bester Aufschluß: Seewarte-Sockel über Lambertenghi-Hütte.
DUNHAM (1962): a) Bindstone; b) grainstone; c) grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) 7; b) 19; c) 12.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 5c; b) 4a; c) 2.

*

Formation: Eiskar-Kalk.
Alter: Ems bis älteres Givet.
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung:
a) Birdseye-Kalk im Wechsel mit
b) Dasycladaceen-Biosparit.
Biogene:
a) Bivalven, Gastropoden;
b) Dasycladaceen, Echinodermen, Korallen.
Mächtigkeit: 330 m.
Tafel: 24, 25, 26, 27.
Bester Aufschluß: Obere Kellerwand.
DUNHAM (1962): a) grainstone; b) grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) 19 b) 12.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 4a; b) 2.

*

Formation: Vinz-Kalk.
Alter: Jüngerer Ems.
Fazies: Übergangs-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung:
a) Dunkelgrauer Plattenkalk im Wechsel mit
b) detritischen Schüttungen.
Biogene:
a) Tentakuliten, Ostracoden, Cephalopoden, Conodonten;
b) Echinodermen, Bivalven, Korallen, Parathuramminacea, Ostracoden.
Mächtigkeit: 120 m.
Tafel: 19, 20, 21.
Bester Aufschluß: Eiskar-Kaverne, am Fuß des Eiskar-Gletschers.
DUNHAM (1962): a) wackestone; b) pack-/grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 1; b) 3a/b.

*

Formation: Lambertenghi Limestone.
Age: Lower Emsian.
Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character:
a) laminite, often primary dolomite, with
b) birdseye limestones and c) crinoidal debris.
Skeletal grains:
a) algae, gastropods, ostracods, parathuramminacea;
b,c) bivalves, gastropods;
c) dasycladaceae, corals, stromatoporoids.
Thickness: 130 m.
Plate: 30.
Best outcrop: Seewarte-Sockel above Lambertenghi-Hütte.
DUNHAM (1962): a) bindstone; b) grainstone; c) grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) 7; b) 19; c) 12.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 5c; b) 4a; c) 2.

*

Formation: Eiskar Limestone.
Age: Emsian to Lower Givetian.
Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character:
a) birdseye limestone with
b) dasycladacean biosparite.
Skeletal grains:
a) bivalves, gastropods;
b) dasycladaceae, echinoderms, corals.
Thickness: 330 m.
Plate: 24,25,26,27.
Best outcrop: Obere Kellerwand.
DUNHAM (1962): a) grainstone; b) grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) 19; b) 12.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 4a; b) 2.

*

Formation: Vinz Limestone.
Age: Lower Emsian.
Facies: Transition Facies (KREUTZER, 1992).
Character:
a) dark grey olaty limestone with
b) debris layers.
Skeletal grains:
a) tentaculites, ostracods, cephalopods, conodonts;
b) echinoderms, bivalves, corals, parathuramminacea, ostracods.
Thickness: 120 m.
Plate: 19,20,21.
Best outcrop: Eiskar-Kaverne, lower end of Eiskar glacier.
DUNHAM (1962): a) wackestone; b) pack-/grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 1; b) 3a/b.

*

Formation: **Spinotti-Kalk**.
Alter: Eifel bis älteres Givet.
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992)
Ausbildung:
a) Birdseye-Kalk im Wechsel mit
b) Crinoidenschutt- und Amphiporenkalcken.
Biogene:
a) Bivalven, Gastropoden;
b) Echinodermen, Amphiporen, Dasycladaceen, Korallen, Stromatoporen, Brachiopoden.
Mächtigkeit: 220 m.
Tafel: 31, 32, 33, 34.
Bester Aufschluß: Sentiero Spinotti, oberer Teil.
DUNHAM (1962): a) grainstone, b) grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) 19; b) 12.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 4a;
b) 2.

*

Formation: **Cellon-Kalk**.
Alter: Eifel bis Givet.
Fazies: Übergangs-Fazies (teilweise pelagische Karbonat-Fazies, KREUTZER, 1992).
Ausbildung:
a) Grauer Massenkalk mit pelagischer Fauna im Wechsel mit
b) detritischen Schüttungen.
Biogene:
a) Trilobiten, Cephalopoden, Parathuramminacea, Conodonten;
b) Echinodermen, Korallen, Stromatoporen, Bivalven.
Mächtigkeit: 210 m.
Tafel: 22.
Bester Aufschluß: Klettersteig Cellon-Rinne.
DUNHAM (1962): a) pack-/grainstone; b) grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) 2; b) 4/5.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 3b;
b) 2.

*

Formation: **Freikofel-Kalk**.
Alter: Eifel und Givet.
Fazies: Übergangs- und Pelagische Karbonat-Fazies. (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Rosa-grauer pelagischer Kalk.
Biogene: Cephalopoden, Trilobiten, Conodonten.
Mächtigkeit: 100 m.
Bester Aufschluß: Freikofel.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Valentin-Kalk**.
Alter: Eifel und Givet.
Fazies: Pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Rötlich-graue pelagische Kalke.
Biogene: Goniatiten, Trilobiten, Conodonten.
Mächtigkeit: 15 m.
Bester Aufschluß: Wolayertal zwischen Valentin-Törl und See.

Formation: **Spinotti Limestone**.
Age: Eifelian to Lower Givetian.
Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character:
a) birdseye limestone with
b) crinoidal debris and amphipora limestone layers.
Skeletal grains:
a) bivalves, gastropods;
b) echinoderms, amphipores, dasycladaceae, corals, stromatoporoids, brachiopods.
Thickness: 220 m.
Plate: 31,32,33,34.
Best outcrop: Sentiero Spinotti, upper part.
DUNHAM (1962): a) grainstone, b) grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) 19; b) 12.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 4a;
b) 2.

*

Formation: **Cellon Limestone**.
Age: Eifelian to Givetian.
Facies: Transition Facies (in parts Pelagic Carbonate Facies) (KREUTZER, 1992).
Character:
a) grey massive limestone with pelagic biogenes with
b) debris layers.
Skeletal grains:
a) trilobites, cephalopods, parathuramminacea, conodonts;
b) echinoderms, corals, stromatoporoids, bivalves.
Thickness: 210 m.
Plate: 22.
Best outcrop: Klettersteig Cellon-Rinne.
DUNHAM (1962): a) pack-/grainstone; b) grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) 2; b) 4/5.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): a) 3b;
b) 2.

*

Formation: **Freikofel Limestone**.
Age: Eifelian to Givetian.
Facies: Transition and Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
Character: light red to greyish pelagic limestone.
Skeletal grains: cephalopods, trilobites, conodonts.
Thickness: 100 m.
Best outcrop: Freikofel.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Valentin Limestone**.
Age: Eifelian to Givetian.
Facies: Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
Character: reddish grey pelagic limestone.
Skeletal grains: goniatites, trilobites, conodonts.
Thickness: 15 m.
Best outcrop: Wolayertal between Valentin-Törl and Lake Wolayer.

DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Hohe-Trieb-Formation.**
Alter: Eifel und Givet.
Fazies: Pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Flaser- und Plattenkalk mit Tonlagen und Lydit-Horizont.
Biogene: Wenige Cephalopoden und Trilobiten, Conodonten.
Mächtigkeit: 30–40 m.
Bester Aufschluß: Hoher Trieb.
DUNHAM (1962): mudstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): 3.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 8.

*

Formation: **Kellergrat-Riffkalk.**
Alter: jüngeres Givet bis Frasn (Untere *gigas*-Zone).
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Kompakte, massige Riffkalke.
Biogene: Stromatoporen, Korallen, Brachiopoden, Gastropoden, Echinodermen, Calcisphaeren, *Renalcis turbitus*.
Mächtigkeit: > 180 m.
Tafel: 35, 36, 37, 38, 39, 40.
Bester Aufschluß: Kellergrat.
DUNHAM (1962): bafflestone, framestone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): 7.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 5a, 5b.

*

Formation: **Feldkogel-Kalk.**
Alter: Eifel bis Oberdevon.
Fazies: Nördliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Algen-Laminite im Wechsel mit Dolomiten.
Biogene: Algenstromatolithe, Parathuramminacea, Ostracoden.
Mächtigkeit: > 330 m.
Tafel: 44, 45.
Bester Aufschluß: Gipfelpyramide des Polinik.
DUNHAM (1962): bindstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): 7.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 5c.

*

Formation: **Pal-Kalk.**
Alter: Frasn bis Famenne.
Fazies: Übergangs- und Pelagische Karbonat-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Grauer bis rosafarbener Flaserkalk.
Biogene: Cephalopoden, Trilobiten, Filamente, Ostracoden, Conodonten.
Mächtigkeit: 40–100 m.
Tafel: 43.
Bester Aufschluß: Gipfel des Cellon und Großen Pal.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.

DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Hohe Trieb Formation.**
Age: Eifelian to Givetian.
Facies: Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
Character: Flaser and platy limestone with clay and chert layers.
Skeletal grains: few cephalopods and trilobites, conodonts.
Thickness: 30–40 m.
Best outcrop: Hoher Trieb.
DUNHAM (1962): mudstone.
SMF-Type after WILSON (1975): 3.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 8.

*

Formation: **Kellergrat Reef Limestone.**
Age: Lower Givetian to Frasnian (Lower *gigas* Zone).
Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character: massive reef limestone.
Skeletal grains: stromatoporoids, corals, brachiopods, gastropods, echinoderms, calcispheres, *Renalcis turbitus*.
Thickness: > 180 m.
Plate: 35,36,37,38,39,40.
Best outcrop: Kellergrat.
DUNHAM (1962): bafflestone, framestone.
SMF-Type after WILSON (1975): 7.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 5a, 5b.

*

Formation: **Feldkogel Limestone.**
Age: Eifelian to Upper Devonian.
Facies: Northern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character: algal laminite with dolomite layers.
Skeletal grains: algal stromatolite, parathuramminacea, ostracods.
Thickness: > 330 m.
Plate: 44,45.
Best outcrop: summit of Polinik.
DUNHAM (1962): bindstone.
SMF-Type after WILSON (1975): 7.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 5c.

*

Formation: **Pal Limestone.**
Age: Frasnian to Famennian.
Facies: Transition Facies and Pelagic Carbonate Facies (KREUTZER, 1992).
Character: grey to light red Flaser limestone.
Skeletal grains: cephalopods, trilobites, filaments, ostracods, conodonts.
Thickness: 40–100 m.
Plate: 43.
Best outcrop: Summits of Cellon and Großer Pal.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).

SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Marinelli-Kalk**.
Alter: Oberstes Frasné bis Famenne.
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung: Loferit und Crinoidenschuttkalk.
Biogene: Echinodermen, Algen, Gastropoden, Conodonten.
Mächtigkeit: 10–20 m.
Bester Aufschluß: Kellerspitzen-Südseite, unterhalb der Marinelli-Hütte.
DUNHAM (1962): grainstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): 19.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): 4a.

*

Formation: **Kollinkofel-Kalk**.
Alter: Oberstes Frasné bis Famenne.
Fazies: Südliche Flachwasser-Fazies (KREUTZER, 1992).
Ausbildung:
a) Dunkle Rhynchonellen-Kalke im Wechsel mit
b) sparitischen Lithoklasten-Breccien.
Biogene:
a) Rhynchonellen, Echinodermenschutt, Conodonten;
b) selten Echinodermenschutt, Conodonten.
Mächtigkeit: > 40 m.
Tafel: 41,42.
Bester Aufschluß: Kollinkofel-Ostgrat.
DUNHAM (1962): a: rudstone; b: pack-/floatstone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): a) –; b) –.
MF-Typ nach KREUTZER (1990, 1992): a) 10;
b) 9.

*

7.4. Karbon

Formation: **Kronhof-Kalk**.
Alter: Tournai.
Fazies: Pelagische Karbonat-Fazies.
Ausbildung: Grau-rötliche pelagische Flaserkalke.
Biogene: Cephalopoden, Trilobiten, Conodonten.
Mächtigkeit: 1–10 m.
Tafel: 46.
Bester Aufschluß: Kronhofgraben, Grüne Schneid.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Typ nach WILSON (1975): (3/9).

*

MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): (8).

*

Formation: **Marinelli Limestone**.
Age: Uppermost Frasnian to Famennian.
Facies: Southern Shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character: loferite and crinoidal debris.
Skeletal grains: echinoderms, algae, gastropods, conodonts.
Thickness: 10–20 m.
Best outcrop: Southern slope of Kellerspitzen, below Marinelli-Hütte.
DUNHAM (1962): grainstone.
SMF-Type after WILSON (1975): 19.
MF-Type after KREUTZER (1990, 1992): 4a.

*

Formation: **Kollinkofel Limestone**.
Age: Uppermost Frasnian to Famennian.
Facies: Southern shallow-water Facies (KREUTZER, 1992).
Character:
a) dark rynchonella limestone with
b) sparry lithoclast layers.
Skeletal grains:
a) brachiopods, echinoderms, conodonts;
b) few echinodermal debris, conodonts.
Thickness: > 40 m.
Plate: 41, 42.
Best outcrop: Kollinkofel-Ostgrat.
DUNHAM (1962): a) rudstone; b) pack-/floatstone.
SMF-Type after WILSON (1975): a) –; b) –.

*

7.4. Carboniferous

Formation: **Kronhof Limestone**.
Age: Tournaisian.
Facies: Pelagic Carbonate Facies.
Character: grey to reddish pelagic Flaser limestone.
Skeletal grains: cephalopods, trilobites, conodonts.
Thickness: 1–10 m.
Plate: 46.
Best outcrop: Kronhofgraben, Grüne Schneid.
DUNHAM (1962): mud-/wackestone.
SMF-Type after WILSON (1975): (3/9).

*

Dank

Nach der Idee, das vorliegende Werk zu erstellen, gestattete mir Univ.-Prof. Dr. E. FLÜGEL (Erlangen), die erstklassige „fotografische Infrastruktur“ an seinem Institut zu benutzen, wofür ich ihm und seinen Mitarbeiterinnen Dipl.-Geol. B. FOHRER, Frau M.-L. NEUFERT und Frau C. SPORN herzlich danken möchte.

Die Alexander-von-Humboldt-Stiftung in Bonn und die Geologische Bundesanstalt in Wien ermöglichten mir meinen Aufenthalt als Feodor-Lynen-Stipendiat in Österreich. Im Rahmen dieser Förderung entstand das vorliegende Werk: Die A.-v.-H.-Stiftung finanzierte das Stipendium, die GBA den Druck dieser Arbeit, wozu die Kärntner Landesregierung einen erheblichen Zuschuß leistete. Allen Institutionen sei herzlichst gedankt.

Für seine Unterstützung und seine Anregungen am Schreibtisch und im Gelände möchte ich meinem Kollegen und Weggefährten an der GBA Herrn Univ.-Prof. Dr. H.P. SCHÖNLAUB (Wien) Dank aussprechen; ohne seine Initiative wären für mich und meine Arbeit viele Dinge kaum machbar gewesen.

Herr Prof. Dr. W.-C. DULLO (Kiel) stellte mir die Fotos seiner ordovizischen Dünnschliffe zur Verfügung: herzlichen Dank!

Für die vor langer Zeit erfolgte Bestimmung der Korallen möchte ich Dipl.-Geol. P. KÜSTER-OEKENTORP, Univ.-Doz. Dr. C. OEKENTORP (beide Münster) und Univ.-Prof. Dr. H.-L. HOLZER (Graz) sowie für die der Algenflora Dr. B. HUBMANN (Graz) danken.

Acknowledgements

I am much indebted to Prof. Dr. E.FLÜGEL (Erlangen) for using the first-class "photographical infrastructure" of his institution, and also to Dipl.-Geol. B. FOHRER, M.-L. NEUFERT and C. SPORN.

I greatly appreciate the Alexander von Humboldt-Stiftung (Bonn) for a grant as Feodor Lynen fellow, the Geologische Bundesanstalt Wien (Geological Survey of Austria Vienna) for my one-year-stay in Vienna and the province of Carinthia for the financial support of the printing.

For aid and suggestions I'm very obliged to my colleague Prof. H.P. SCHÖNLAUB (Vienna); without his initiative many things wouldn't have been possible. Also many thanks to Prof. Dr. W.-C. DULLO (Kiel) who made his photomicrographs of the Upper Ordovician sequence available to me.

For the determination of the corals – made a few years ago – I am much indebted to Dipl.-Geol. P. OEKENTORP-KÜSTER, Univ.-Doz. Dr. C. OEKENTORP (Münster) and Prof. Dr. H.-L. HOLZER (Graz), also Dr. B. HUBMANN for algal investigations.

Tafel 1

Wolayer-Kalk I (Ashgill)

Plate 1

Wolayer Limestone I (Ashgillian)

Zwei Bildpaare
aus dem Wolayer Kalk am Rauchkofelboden
mit Echinodermen-Grainstones.

Im Zentrum sind Bryozoen zu erkennen. Die Wolayer Kalke werden im wesentlichen von Echinodermenschutt (größenteils Cystoideen) aufgebaut. Die Echinodermen liegen zwar als Fragmente vor; Stielglieder und Theken der Cystoideen hängen aber oft zusammen und belegen dadurch einen geringen Transport (DULLO, 1992). Als zweithäufigste Biogengruppe sind Bryozoen zu nennen, die bei Normallicht nur sehr schwer zu erkennen, geschweige denn zu bestimmen sind. Unter Zuhilfenahme der KL jedoch treten die Zoarien deutlich hervor (Fig. 2/4). Die zylindrischen Kolonien, aufgebaut aus foliatem Kalzit, zeigen zumeist einen radial divergierenden Fächerbau (häufig bei Vertretern der Ordnung Trepostomata und Cystoporata, DULLO, 1992). In den Zooidröhren der Bryozoen sind Relikte von Hundezahnzementen zu sehen (nicht lumineszierend), die für die Bildung im meteorisch vadosen Bereich (bzw. des entsprechenden phreatischen Mischwassers) sprechen.

Fig. 1/2: Schliff D1/31, Rauchkofelboden, Ashgill; Vergrößerung: $\times 18$.

Fig. 3/4: Schliff D2/15, Seekopf-Sockel, Ashgill; Vergrößerung: $\times 11$.

Fig. 1 und Fig. 3 wurden bei normalem Durchlicht aufgenommen, Fig. 2 und Fig. 4 mit Kathodolumineszenz (KL).

Two pairs of photomicrographs
from Wolayer Limestone
show echinoderm grainstones.

The Wolayer Limestone is composed of mainly echinoderm fragments (cystoids), however, the trochites and thecae often are connected suggesting low transport (DULLO, 1992). Beside echinoderms bryozoans occur frequently, which, however, are only difficult to recognize by normal light. With KL, however, the zoarians stick out distinctly (Fig. 2/4). The cylindrical colonies show a radial divergent fan-architecture (often to find in Trepostomata and Cystoporata, DULLO, 1992). Inside the zooid tubes relics of dogtooth not-luminescent cement occur suggesting a meteoric vadose diagenesis (respectively the corresponding phreatic mix-zone).

Fig. 1/2: Thin-section D1/31, Rauchkofelboden*), Ashgill; enlargement = $\times 18$.

Fig. 3/4: Thin-section D2/15, Seekopf-Sockel*), Ashgill; enlargement = $\times 11$.

Fig. 1 and Fig. 3 = normal light, Fig. 2 and Fig. 4 = cathodoluminescence (KL).

*) Morphological terms, such as Boden, Sockel, Wand, etc. – which in German are often constituents of geographical names – are not translated.

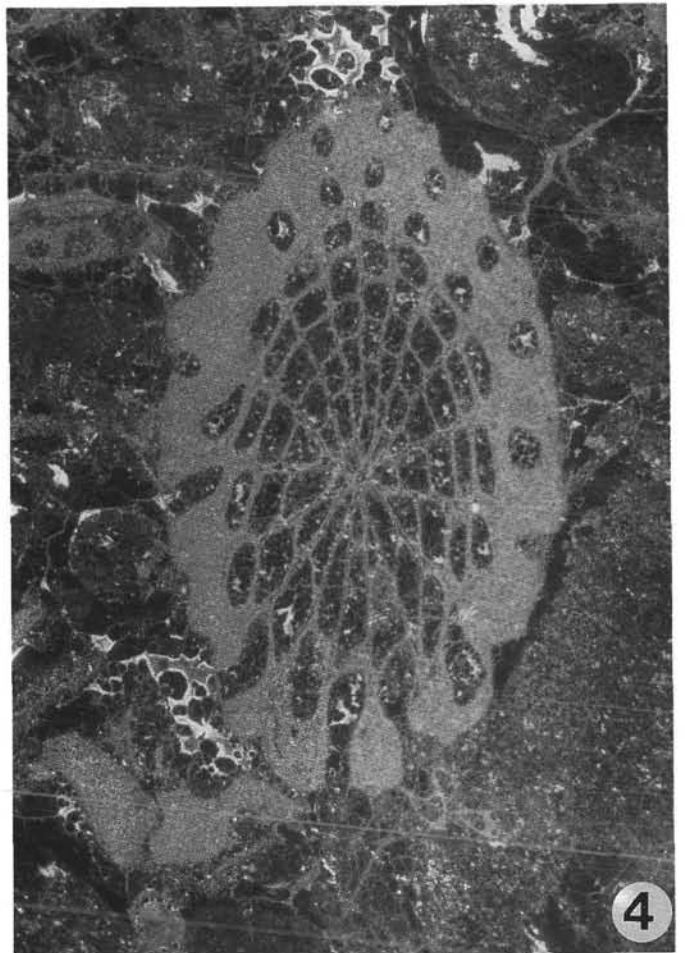
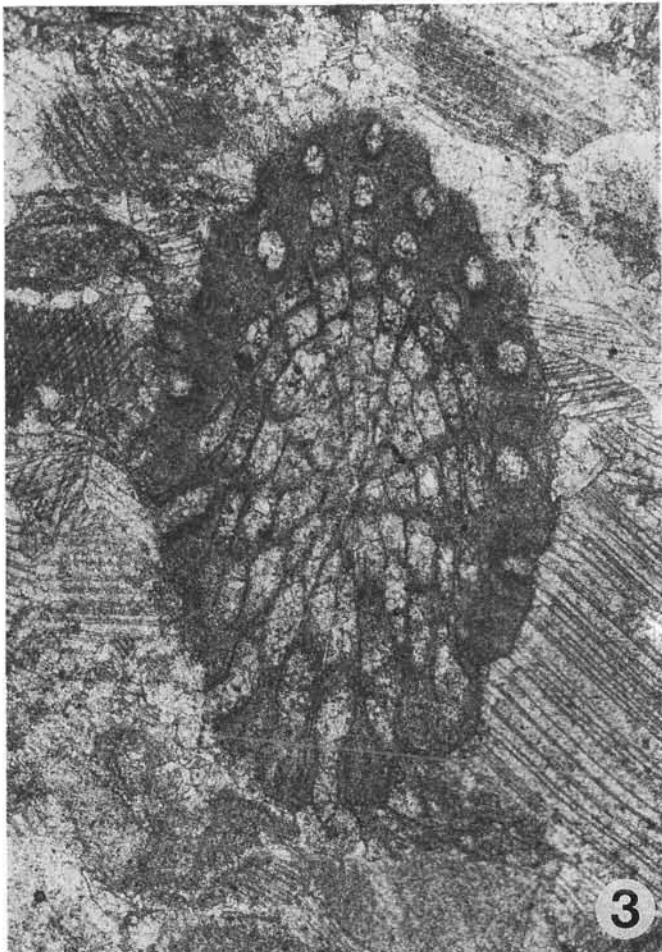
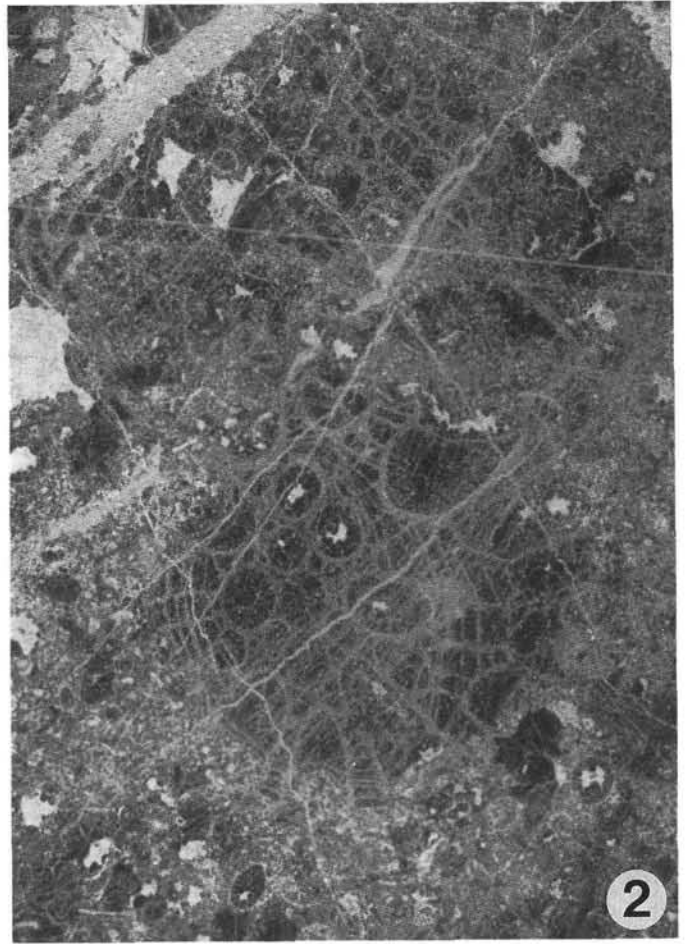
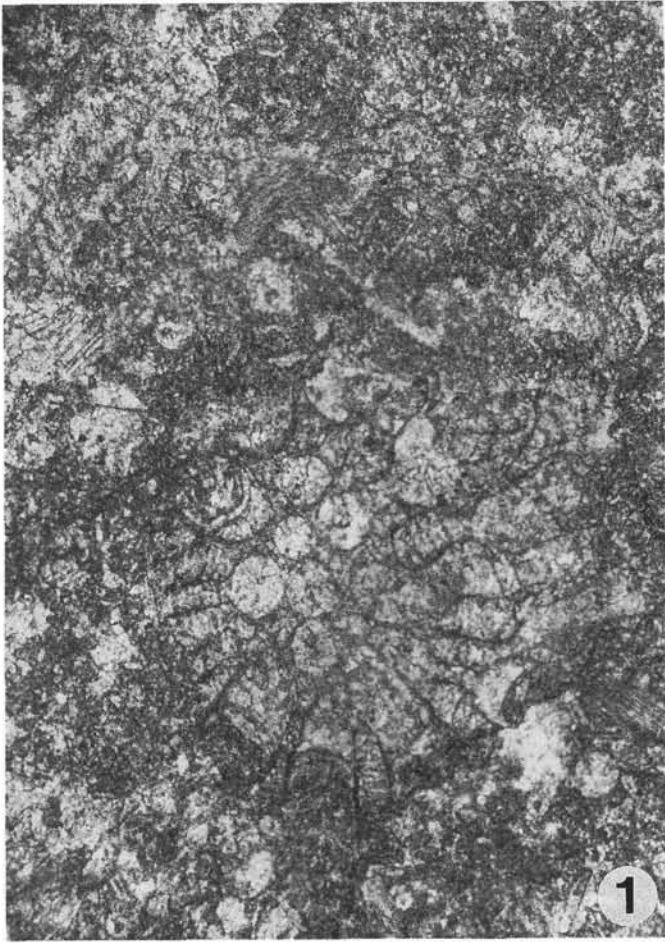


Fig. 1/2: **Bioklastischer grainstone.**

Gut ausgewaschener Echinodermensand, dessen Fragmente von syntaxialem Rindenzement (nicht lumineszierend) eingekleidet sind und bei Normallicht (Fig. 2) vom Zement schwer oder gar nicht unterschieden werden können. Erst unter KL (Fig. 1) werden einzelne Körner gut sichtbar. Syntaxialer Rindenzement spricht – ähnlich wie der Hundezahnzement – für das meteorisch-phreatische Milieu: ein Hinweis für ein Auftauchen am Ende des Ashgill. Schliff D1/1, Rauchkofelboden, Ashgill; Vergrößerung: $\times 11$.

Fig. 3/4: **Bryozoe in bioklastischem grainstone mit Echinodermenschutt.**

Insgesamt sind drei Zementfolgen zu unterscheiden (DULLO, 1992):

- A) Als nichtlumineszierende (in Fig. 4 dunkle) Zemente sind anzusehen: syntaxiale Rindenzemente um Echinodermenfragmente, Hundezahnzemente in Zooidröhren und aufgewachsen auf Schalen und Blockzement I ebenfalls in Zooidröhren und als Anwachsrand um Körner. Diese Zementtypen sprechen allesamt für die Bildung im meteorisch-phreatischen Bereich.
- B) Blockzement II ist unter KL (Fig. 4) unterschiedlich zonal lumineszierend (Pfeil). Die beginnende Lumineszenz der hellen Streifen ist auf einen höheren Mn^{2+} -Gehalt zurückzuführen. Der zonare Aufbau entsteht durch abwechselnd reduzierende (lumineszierende Streifen) beziehungsweise oxidierende (nicht lumineszierende Streifen) Bedingungen.
- C) Die Hohlräume und Zwickel werden von einem unter KL (Fig. 4) hellen Blockzement III ausgefüllt. Die intensive Lumineszenz bezeugt einen hohen Mn^{2+} -Gehalt. Mn^{2+} wurde unter versenkungsdiagenetischen Bedingungen in das Kalzit-Gitter eingebaut.

Schliff D1/28, Seekopf-Sockel, Ashgill, Vergrößerung: $\times 11$.

Fig. 1/2: **Bioclastic grainstone.**

Well washed echinoderm sand with syntaxial rim cement (not luminescent). With normal transmitted light (Fig. 2) the fragments and their surrounding cement are not distinguishable. With KL (Fig. 1) single grains can clearly be recognized. Syntaxial rim cement shows – similar to dogtooth cement – a meteoric phreatic milieu suggesting emersion at the end of the Ashgillian.

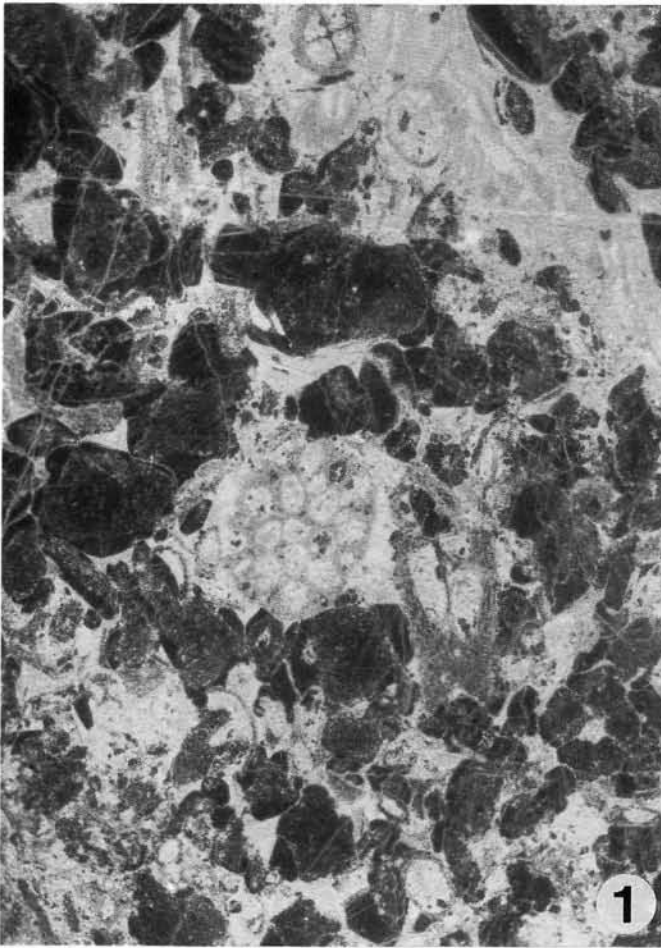
Thin-section D1/1, Rauchkofelboden, Ashgill; enlargement: $\times 11$.

Fig. 3/4: **Bryozoan in a bioclastic grainstone with echinoderm fragments.**

Three cement generations can be distinguished (DULLO, 1992):

- A) Not-luminescent cements (dark areas) are syntaxial rim cements surrounding echinoderm fragments, dogtooth cements inside of zooid tubes or on shells, and blocky cement I also inside the zooid tubes and surrounding grains as a thin rim. These three cement types are typical for origin in the meteoric phreatic zone.
- B) Blocky cement II is characterized with KL (Fig. 4) different zonal luminescent (arrow). The beginning luminescence of the light stripes originated from higher Mn^{2+} content. The zonal structure was caused by changing of oxidising (not luminescent) and reducing (luminescent) milieu.
- C) The open spaces and interstices are filled by KL light (Fig. 4) blocky cement III. The intense luminescence is caused by high Mn^{2+} content. Mn^{2+} was incorporated into the calcite lattice during burial diagenetical conditions.

Thin-section D1/28, Seekopf-Sockel, Ashgill, enlargement = $\times 11$.



Uggwa-Kalk, Plöcken-Formation (Ashgill)

Uggwa Limestone, Plöcken Formation (Ashgillian)

Fig. 1/2/3: **Drei wacke-/packstones aus dem Uggwa-Kalk, der als allochthone Schuttfazies des zeitgleichen Wolayer Kalkes gedeutet wird (DULLO, 1992).**

Der im Vergleich zum Wolayer-Kalk höhere Anteil an Feinsediment bezeugt die bathymetrisch tiefere Zone. Außer Echinodermenfragmenten kommen Trilobiten (Hirtenstäbe), Filamente, Ostracoden und Brachiopoden vor. Fig. 2 zeigt beginnendes dolomitisches Mosaikgefüge.

Fig. 1: Schliff C3, Cellon-Rinne, Ashgill, Vergrößerung: ×23.

Fig. 2: Schliff C2, Cellon-Rinne, Ashgill, Vergrößerung: ×23.

Fig. 3: Schliff C1, Cellon-Rinne, Ashgill, Vergrößerung: ×23.

Fig. 4: **Bioklastischer grainstone aus der Plöcken-Formation.**

Neben zahlreichen Echinodermenfragmenten, die von ihrem umgebenden syntaxialen Rindenzement kaum zu unterscheiden sind, bilden Bivalven und Ostracoden den Hauptanteil der Biogene.

Schliff C6, Cellon-Rinne, jüngstes Ashgill, Vergrößerung: ×23.

Fig. 1/2/3: **Three wacke-/packstones from Uggwa Limestone which is interpreted as an allochthonous debris facies of the coeval Wolayer Limestone (DULLO, 1992).**

The higher content of micrite – in comparison with the Wolayer Limestone – suggests a bathymetric deeper zone. Beside transported echinoderm fragments shepherd's crook formed trilobite sections, filaments, ostracods and brachiopods can be recognized. Note dolomitization in Fig. 1.

Fig. 1: Thin-section C3, Cellon-Rinne, Ashgill, enlargement: ×23.

Fig. 2: Thin-section C2, Cellon-Rinne, Ashgill, enlargement: ×23.

Fig. 3: Thin-section C1, Cellon-Rinne, Ashgill, enlargement: ×23.

Fig. 4: **Bioclastic grainstone from Plöcken Formation.**

Beside many echinoderm fragments which are hardly recognizable from their surrounding syntaxial rim cement bivalves and ostracods are the dominating skeletal grains.

Thin-section C6, Cellon-Rinne, Upper Ashgill, enlargement: ×23.

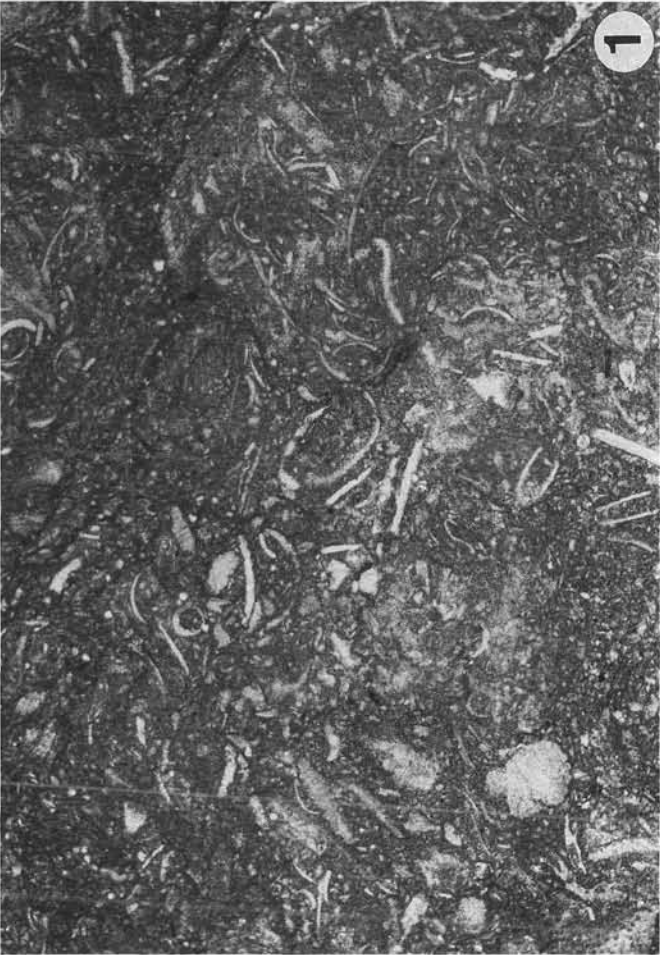
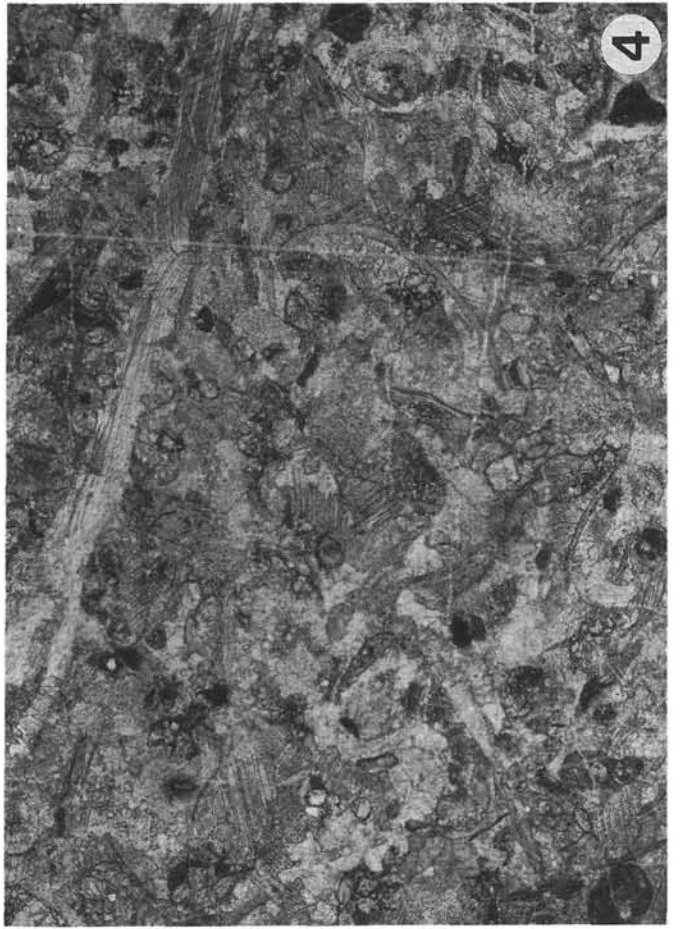


Fig. 1: **Bioklastischer wackestone.**

Der linke Bildteil wird von einem charakteristischen Querschnitt durch einen Trilobitenpanzer beherrscht, andere Trilobitenschnitte zeigen die für sie typische Hirtenstabform. Die Trilobitenpanzer haben teilweise einen Schirmeffekt ausgeübt: Unter ihnen konnten aus diesem Grund Sparitareale entstehen und die abgeschirmten Sedimentations Hohlräume während der Diagenese ausfüllen. Weiterhin sind dünne Filamente und ovale bis herzförmige Ostracodengehäuse zu erkennen. Toniges Material ist in dieser Schicht fein verteilt. Schliff C12A, Cellon-Rinne, Bank 12A, *patula*-Zone, Vergrößerung: $\times 10$.

Fig. 2: **Bioklastischer wackestone mit unterschiedlichen Schnittlagen von Nautiloideen, Filamenten und wenigen Dacryoconariden (Tentakuliten) und Echinodermeresten.**

Links im Bild zeigt ein randlicher Nautiloideenlängsschnitt deutliches Geopetalgefüge: Die Kammern sind basal mit feinem Sediment bedeckt. Darüber entstanden Hohlräume, die später mit Sparit ausgefüllt wurden. Schliff C15, Cellon-Rinne, Bank 15, *sagitta*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Bioklastischer wackestone, Fauna wie Fig. 2.**

Ein großer *Orthoceras* beinhaltet mehrere kleine. Im unteren, völlig mit Sparit ausgekleideten Gehäuseschnitt ist zentral der Siphonkanal erkennbar. Schliff C19, Cellon-Rinne, Bank 19, *ploeckensis*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 1: **Bioclastic wackestone.**

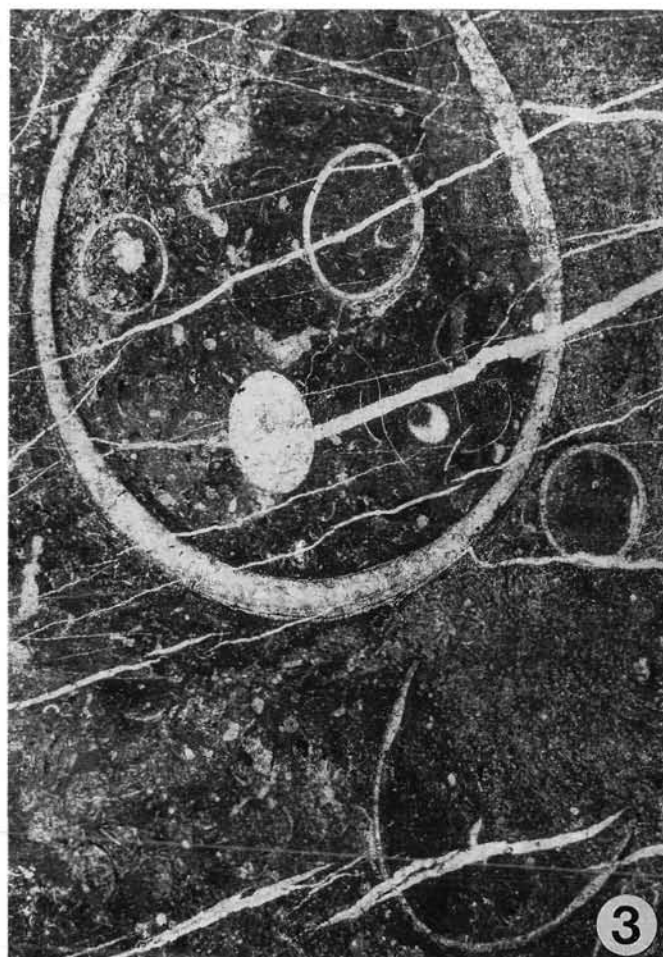
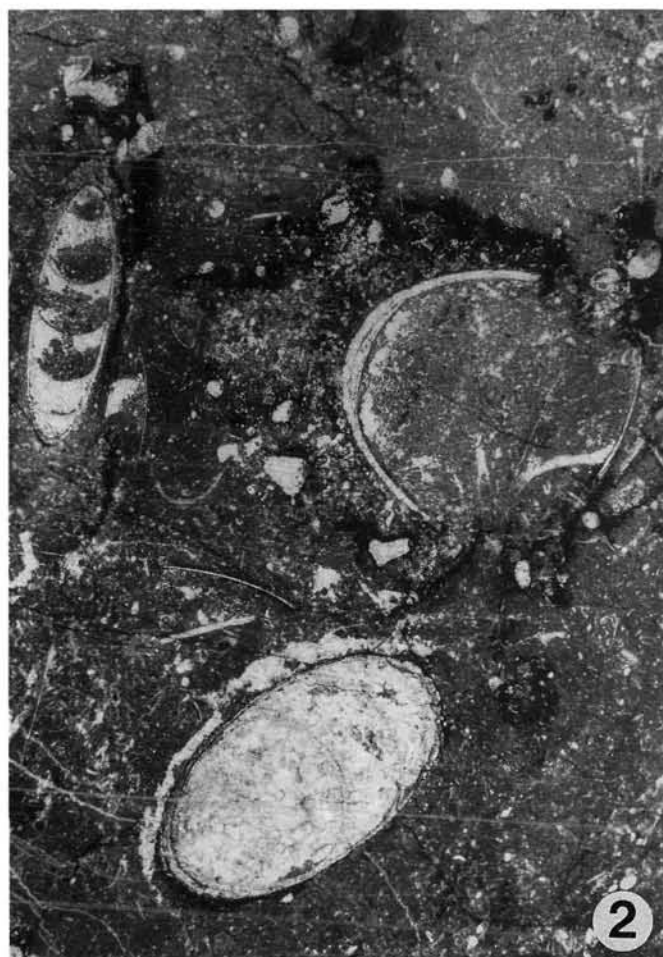
The left part of the photomicrograph is dominated by a cross-section of a trilobite carapace, other trilobites show typical figures of characteristic shepherd's crook. The carapaces partly have an umbrella-like function: Open-space structures were formed which later were filled by sparite. Also filaments and oval and heart-shaped ostracods are visible. Thin-section C12A, Cellon-Rinne, Bed 12A, *patula* Zone, enlargement: $\times 10$.

Fig. 2: **Bioclastic wackestone with different sections of nautiloids, filaments, few dacryoconarids (tentaculites), and echinoderms.**

At the left a marginal section of a nautiloid with geopetal structures occurs: The internal chambers are filled with fine sediments. Above open-space fabrics were formed and later filled with sparite. Thin-section C15, Cellon-Rinne, Bed 15, *sagitta* Zone, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Bioclastic wackestone, faunal elements like Fig. 2.**

A large *Orthoceras* contains several smaller ones. In the lowermost cross-section the siphon can be recognized. The internal space is filled completely with sparite. Thin-section C19, Cellon-Rinne, Bed 19, *ploeckensis* Zone, enlargement: $\times 3,7$.



4 Tafel 5

Kok-Kalk II (Silur)

Plate 5

Kok Formation II (Silurian)

Fig. 1: **Querschnitt durch einen Trilobitenpanzer in einem von Hohlräumen durchsetzten mudstone.**

Schliff C16b, Cellon-Rinne, Bank 16b, *crassa*-Zone, Vergrößerung: ×23.

Fig. 2: **Vergrößerung des Trilobitenquerschnittes in typischer Hirtenstabform aus Taf. 4/Fig. 1.**

Unter dem Trilobitenpanzer ist der herzförmige Gehäuseschnitt einer Ostracodenart zu erkennen. Oberhalb des Trilobiten hat sich eine Lösungsbahn der Form des Panzers angepaßt (linker Bildteil).

Schliff C12A, Cellon-Rinne, Bank 12A, *patula*-Zone, Vergrößerung: ×23

Fig. 3: **Geopetalgefüge in einem Gastropodenanschnitt.**

Am Boden des Hohlraumes konnte sich pel-sparitiches Sediment absetzen. Am linken Rand wurde das Gehäuse durch Drucklösung teilweise zerstört.

Schliff C12, Cellon-Rinne, Bank 12, *patula*-Zone, Vergrößerung: ×23

Fig. 4: **Zwei Nautiloideenlängsschnitte, durch die Strömung ineinandergeschachtelt.**

Das innere Individuum zeigt noch Kammerscheidewände. Das Skelett des äußeren Exemplares wurde am linken unteren Rand durch lokale Dolomitisierung an einer Lösungsbahn aufgelöst.

Schliff C16b, Cellon-Rinne, Bank 16b, *crassa*-Zone, Vergrößerung: ×23.

Fig. 1: **Cross-section of a trilobite carapace embedded in a mudstone with many open-space structures.**

Thin-section C13b, Cellon-Rinne, bed 13b, *sagitta* Zone, enlargement: ×23

Fig. 2: **Enlargement of a trilobite cross-section (Pl. 4/Fig. 1) in typical shepherd's crook form.**

Below the trilobite a heart-shaped section of an ostracod can be seen. Above the trilobite a solution line follows the form of the carapace.

Thin-section C12A, Cellon-Rinne, bed 12A, *patula* Zone, enlargement: ×23

Fig. 3: **Geopetal structure in a gastropod section.**

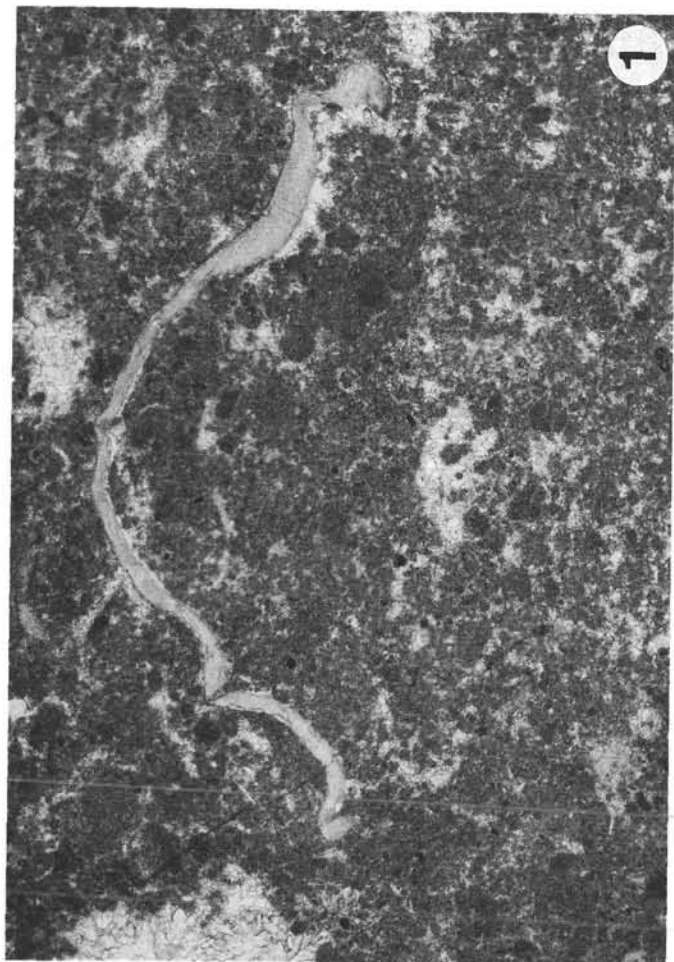
At the base of the open-space pel-sparitic sediment was deposited. The left margin of the conch was partly destroyed by pressure solution.

Thin section C12, Cellon-Rinne, bed 12, *patula* Zone, enlargement: ×23.

Fig. 4: **Two nautiloid longitudinal sections interlocked by currents.**

The interior individual still shows chambers. The external conch was partly destroyed (down left) at a solution plane by local dolomitization.

Thin-section C16b, Cellon-Rinne, bed 16b, *crassa* Zone, enlargement: ×23.



Tafel 6

Kok-Kalk III (Silur)

Plate 6

Kok Formation III (Silurian)

Fig. 1: **Bioklastischer pack-/grainstone.**

Schill-Lage mit hauptsächlich Ostracodenschalen und einigen Bivalven sowie Echinodermen. Ferner sind abgerollte mikritische Klaster zu erkennen. Sowohl Sparit als auch Mikrit binden die Komponenten. Solche in der Regel geringmächtige Zwischenlagen bezeugen eine Energieerhöhung, hervorgerufen durch eine Sturmflut. Da solche Lagen im Kok-Kalk episodisch immer wieder anzutreffen sind, kann insgesamt für diese Zeit des jüngeren Silurs im Bereich des heutigen Cellons ein zwar pelagisches (also landfernes), aber nicht sehr tiefes Milieu angenommen werden. Schliff C15c, Cellon-Rinne, Bank 15c, *sagitta*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$

Fig. 2: **Längsschnitt durch die Spitze eines Orthocerengehäuses, die im Sediment steckt.**

Die erste Kammerscheidewand blieb unzerstört und kapselte den Hohlraum ab, sodaß er jetzt nahezu vollkommen mit Sparit ausgekleidet ist; nur am unteren Rand ist ein dünner Sedimentsaum (Pfeil) zu sehen. Das Gehäuse ist außen mit Algen bewachsen. Schliff C18c, Cellon-Rinne, Bank 18c, *ploeckensis*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$

Fig. 3: **Bioklastischer wackestone mit Nautiloideen, Ostracoden, Filamenten und Echinodermenschutt.**

Eine Kluft hat den Orthocerenquerschnitt auseinandergerissen und das Gestein versetzt. Schliff C14, Cellon-Rinne, Bank 14, *sagitta*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$

Fig. 4: **Orthocerenquerschnitt vom Bodentörl am Rauchkofel.**

Das Exemplar ist mit Filamentkalk ausgefüllt. Schliff Schö385, Bodentörl, Wenlock, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Bioclastic pack-/grainstone.**

Shell-layer with mainly ostracods, bivalves and echinoderms. Rounded micritic clasts are recognizable. The grains are supported by sparite and also micrite. These generally very thin micrite layers testify an increase of energy induced by storm. Because of episodical appearances of these layers for the Cellon area a pelagic but not very deep environment is assumed for the Upper Silurian. Thin-section C15c, Cellon-Rinne, Bed 15c, *sagitta* Zone, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **Longitudinal section of an *Orthoceras* sticking in the sediment with its tip.**

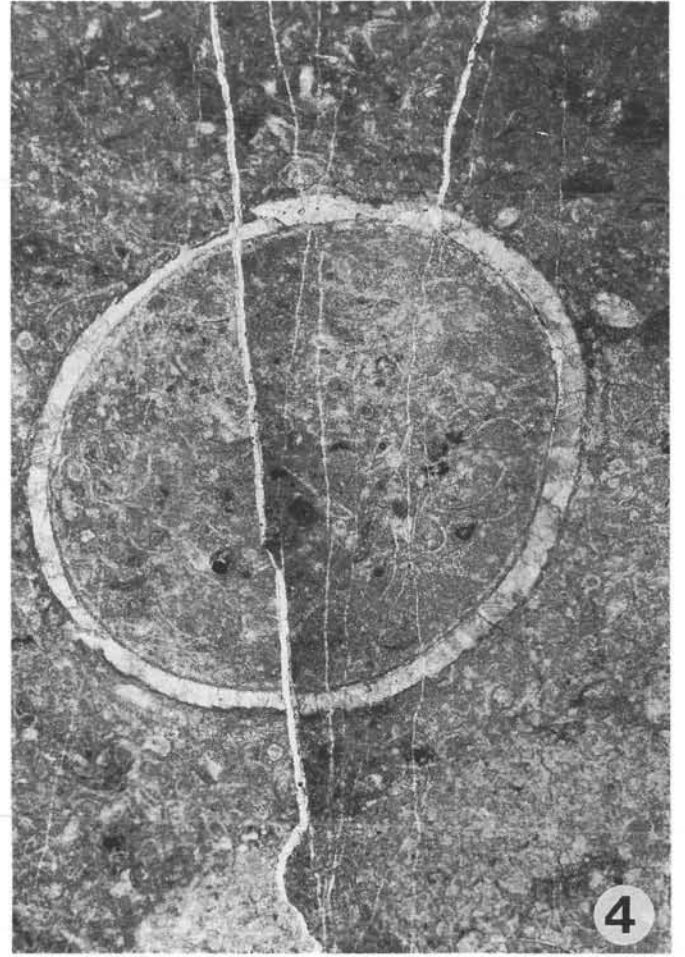
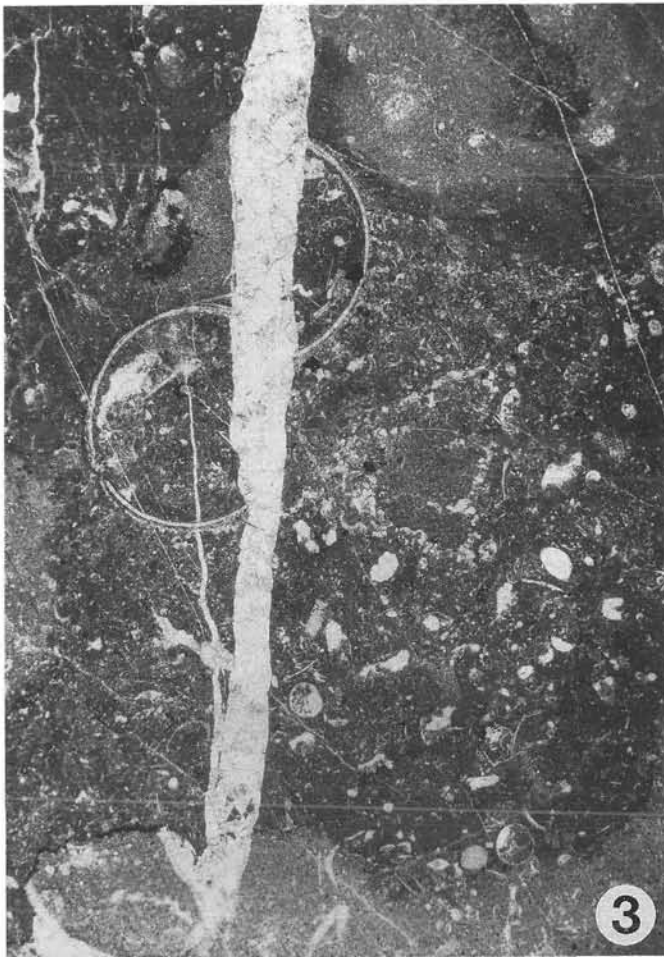
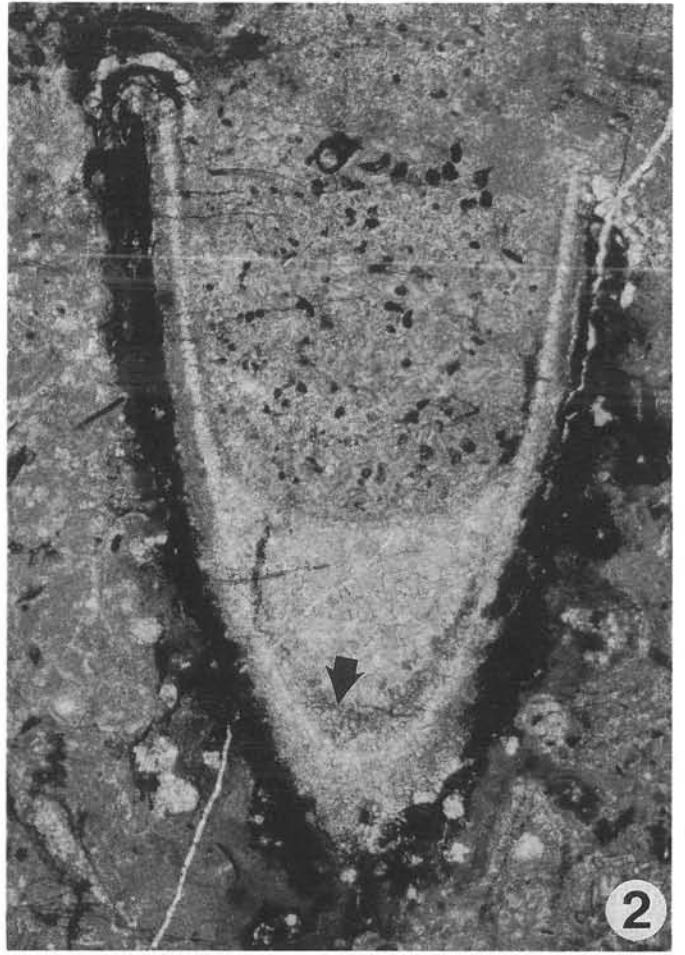
The first chamber was not disturbed and sealed the open space so that it was filled completely by sparite; below a thin sediment seam (arrow) is discernible. The conch is surrounded by algal fabrics. Thin-section C18c, Cellon-Rinne, Bed 18c, *ploeckensis* Zone, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Bioclastic wackestone with nautiloids, ostracods, filaments and echinoderms.**

A fissure has separated an *Orthoceras* cross-section. Thin-section C14, Cellon-Rinne, Bed 14, *sagitta* Zone, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 4: ***Orthoceras* cross-section from locality Bodentörl at Rauchkofel.**

The conch is filled by filamental limestone. Thin-section Schö385, Bodentörl, Wenlock, enlargement: $\times 23$.

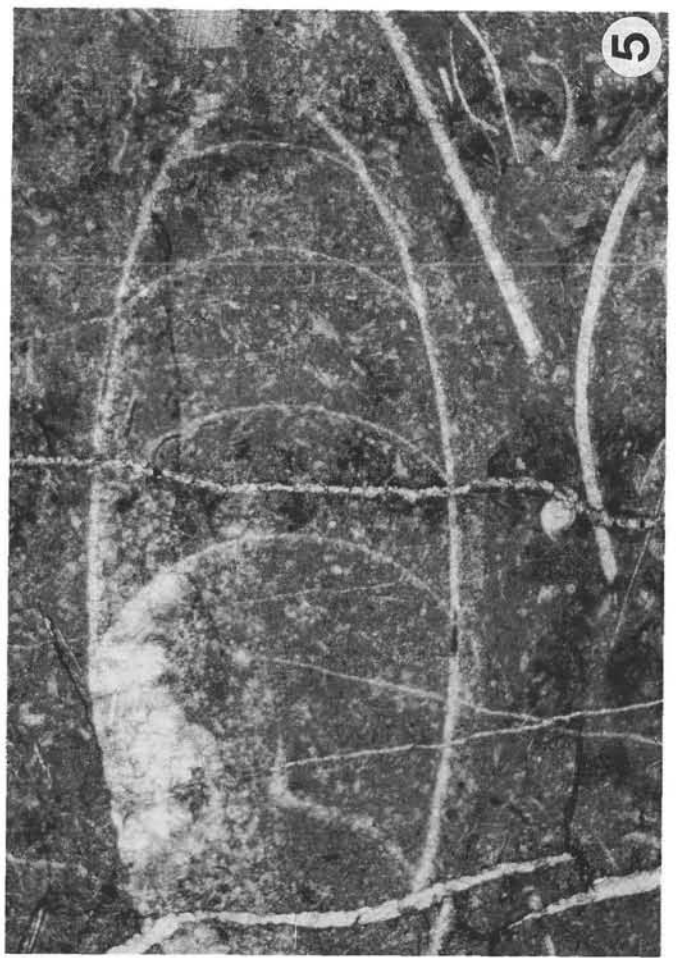
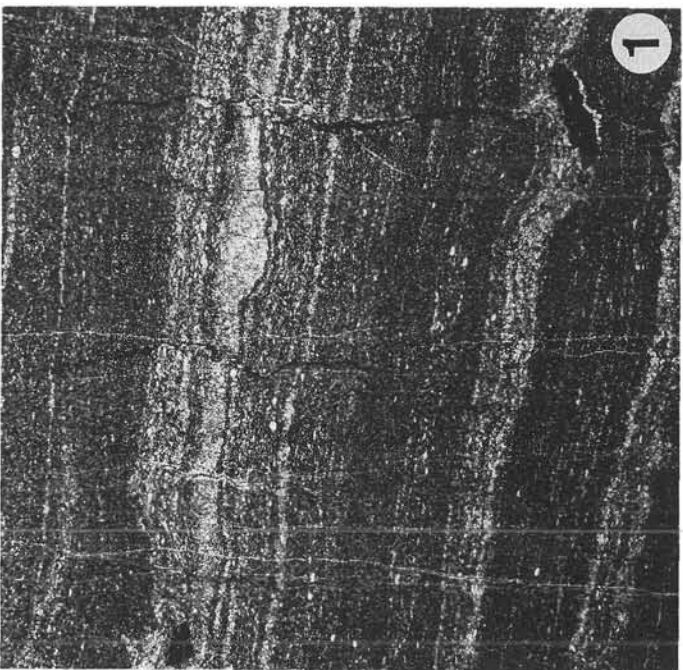
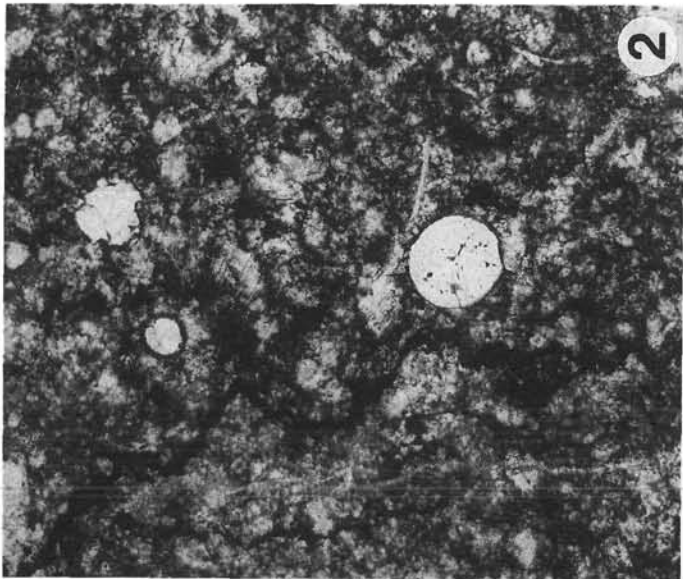
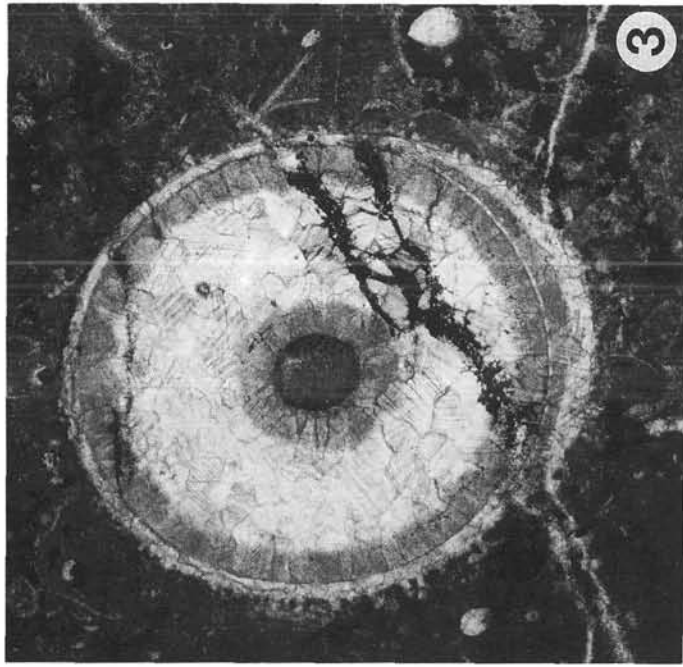


Cardiola-Formation (Ludlow)

- Fig. 1: **Feinlamellierter Radiolarien-Kalkschiefer mit wenigen dunklen Lithoklasten.**
Im Bild rechts unten übte ein Lithoklast einen Schirmeffekt aus und ließ an seiner Basis einen Hohlraum entstehen.
Schliff C24, Cellon-Rinne, Bank 24, *siluricus*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **Radiolarien im Kalkschiefer.**
Meist sind Calcisphaeren und Radiolarien in den Kalken aus der Cellon-Rinne sehr schwer zu unterscheiden (s. H.W. FLÜGEL, 1965). In der vorliegenden Abbildung jedoch sind am unteren Exemplar Radiolarien-Pseudopodien deutlich erkennbar.
Schliff C23, Cellon-Rinne, Bank 23, *siluricus*-Zone, Vergrößerung: $\times 35$.
- Fig. 3: **Orthocerenquerschnitt mit deutlich ausgeprägtem zentralem Siphonalkanal in einem bioklastischen Wackestone.**
Zwei Zementgenerationen lassen sich unterscheiden: Um die Gehäusewand und den Syphonalkanal ist senkrecht ein frühdiagenetischer Zement vom Typ A gewachsen, der restliche Hohlraum wurde später mit blockigem Zement B ausgefüllt. Durch die diagenetische Überprägung ist der gesamte Zement in einer dritten Phase umkristallisiert. Als Unterscheidungsmerkmal ist lediglich der unterschiedliche Grauton geblieben (Zement A dunkel, Zement B hell). Die Zementierung des kleinen Hohlraumes unter dem Gehäuse ging genauso vonstatten. Rechts des Orthoceren erkennt man ein Ostracodengehäuse.
Schliff C21, Cellon-Rinne, Bank 21, *siluricus*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 4: **Trilobitenschnitt mit geopetalem Hohlraumgefüge als Ergebnis eines Schirmeffektes in einem bioklastischen Wackestone.**
Schliff C22, Cellon-Rinne, Bank 22, *siluricus*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 5: **Ein randlicher Orthocerenlängsschnitt mit Geopetalgefüge aus Fig. 4.**
Vergrößerung: $\times 23$.

Cardiola Formation (Ludlow)

- Fig. 1: **Finely laminated radiolarian-bearing shaly impure limestone with several dark lithoclasts.**
Note umbrella-like lithoclast at the lower right corner.
Thin-section C24, Cellon-Rinne, Bed 24, upper *siluricus* Zone, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **Radiolarians in shaly limestone.**
In these limestones of Cellon section calcisphaeres and radiolarians are generally very difficult to distinguish (s. H.W. FLÜGEL, 1965). In this photomicrograph, however, the lowermost individual shows pseudopodia characterizing a radiolarian.
Thin-section C23, Cellon-Rinne, Bed 23, *siluricus* Zone, enlargement: $\times 35$.
- Fig. 3: **Cross-section of an *Orthoceras* with distinctly marked siphon in a bioclastic wackestone.**
Two cement generations are discernible: Conch and siphon are surrounded by early diagenetic cement A (fibrous cement), the open-space areas were later filled by late diagenetic cement B. The whole cement (A+B) in a 3rd phase was diagenetically crystallized into blocky cement. Cement A or B are only recognizable by different grey colors (A: dark grey; B: light grey). The cementation of the open-space fabric below the conch was formed similarly. To the right of *Orthoceras* a heart-shaped ostracod shell occurs.
Thin-section C21, Cellon-Rinne, Bed 21, lower *siluricus* Zone, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 4: **Trilobite section with geopetal open-space fabric as a result of an umbrella effect in a bioclastic wackestone.**
Thin-section C22, Cellon-Rinne, Bed 22, *siluricus* Zone, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 5: **Marginal *Orthoceras* section with geopetal fabrics of the same layer as Fig. 4.**
Enlargement: $\times 23$.



Tafel 8

Alticola-Kalk (jüngstes Ludlow, Pridoli)

Plate 8

Alticola Limestone (youngest Ludlow, Pridoli)

Fig. 1: **Bioklastischer wackestone.**

Segment eines *Orthoceras* mit ursprünglich zwei Zementgenerationen (Erläuterungen siehe Taf. 7/Fig. 3) in einer teils dolomitisierten Matrix (oben links). Links im Bild ein Schnitt durch einen Trilobitenpanzer. Schliff C31, Cellon-Rinne, Bank 31, *crispa*-Zone, Vergrößerung $\times 7,3$.

Fig. 2: **Orthoceren-Querschnitt mit zentralem Siphonalkanal und Geopetalgefüge, eingebettet in einer mikritischen Matrix.**

Im unteren Teil befindet sich Internsediment. Das Gehäuse wurde basal eingedrückt, wodurch das Sediment teilweise „ausgelaufen“ ist. Schliff C37, Cellon-Rinne, Bank 37, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Reliktgefüge eines bioklastischen wackestones (vor allem im rechten Bildteil zu erkennen) in einer nahezu vollständig dolomitisierten Schicht.**

Der Dolomit zeigt Mosaikgefüge. Schliff C26, Cellon-Rinne, Bank 26, *latialata*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Bioclastic wackestone.**

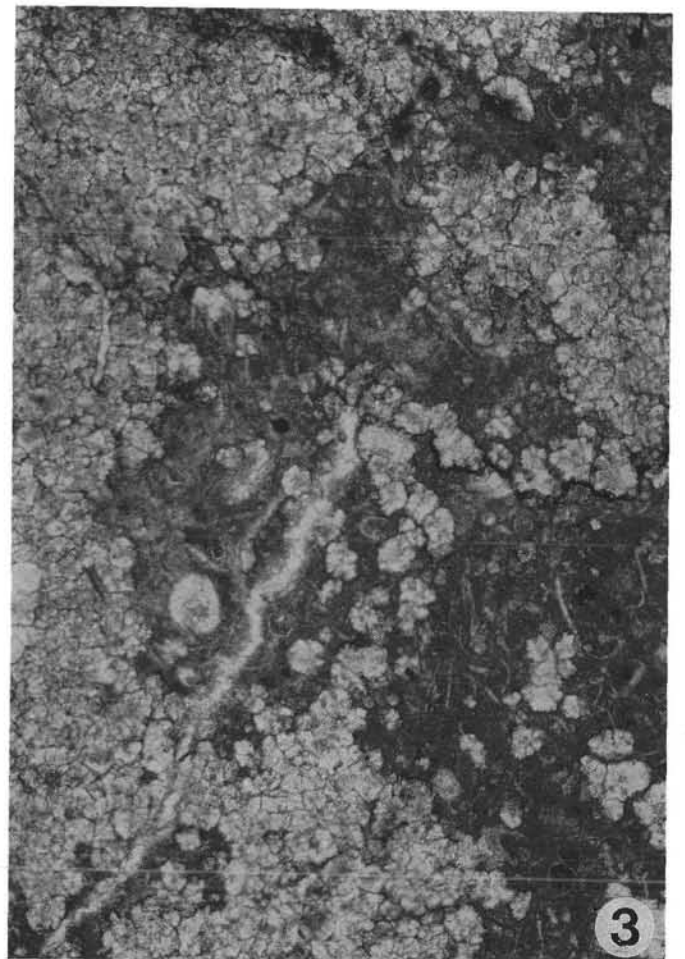
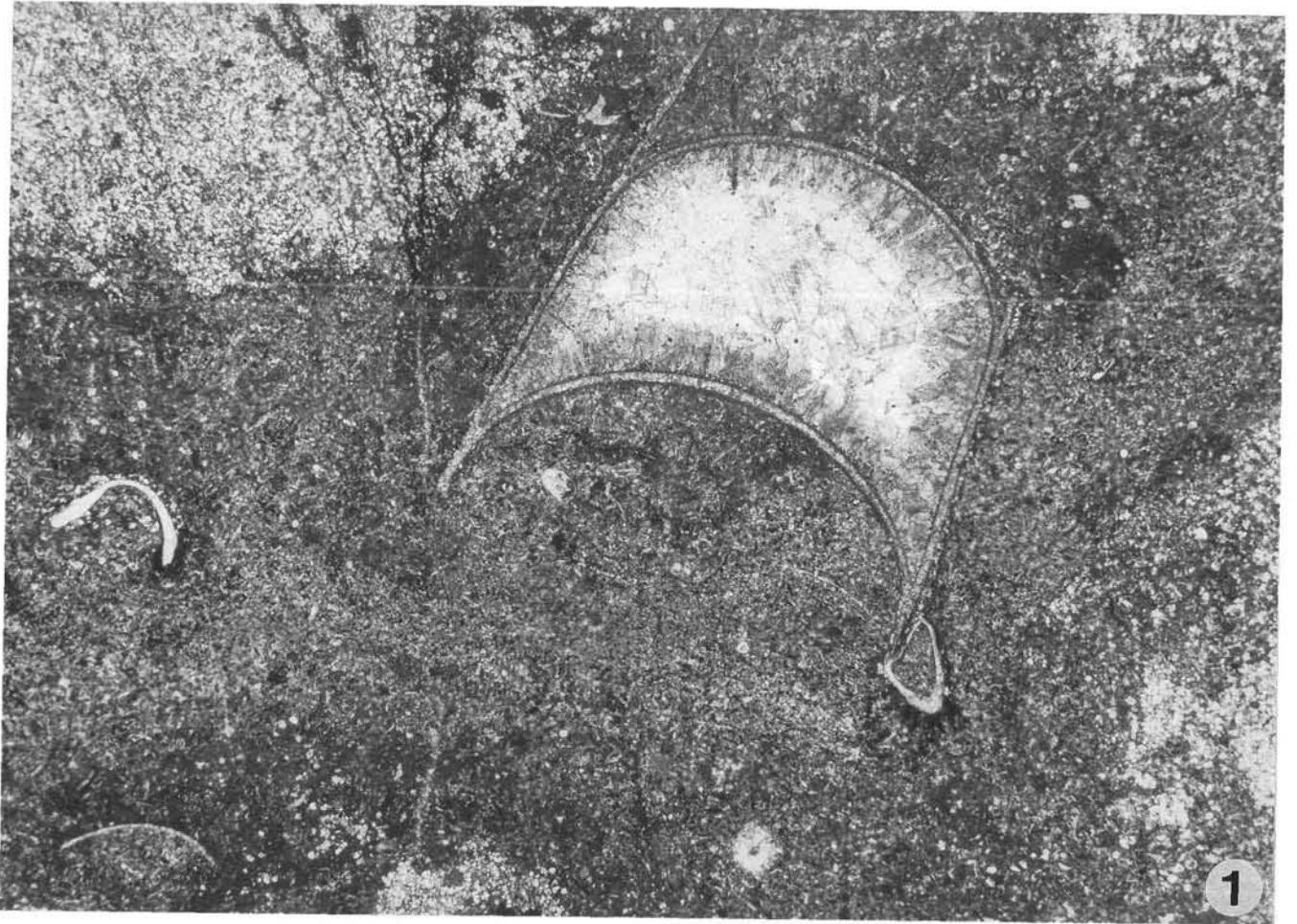
Chamber of *Orthoceras* with original two generations of cement (explanation Pl. 7/Fig. 3) in a partly dolomitic matrix (left above). Note left a section of a trilobite carapace. Thin-section C31, Cellon-Rinne, Bed 31, *crispa* Zone, enlargement $\times 7,3$.

Fig. 2: ***Orthoceras* cross-section with siphon and geopetal fabric embedded in a micritic matrix.**

At its base internal sediment is perceptible. The conch was compressed (down right), so the internal sediment “runs out”. Thin-section C37, Cellon-Rinne, Bed 37, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Relic fabric of a bioclastic wackestone (recognizable at the right part of the photomicrograph) in a nearly completely dolomitized layer.**

The dolomite shows mosaic-fabric. Thin-section C26, Cellon-Rinne, Bed 26, *latialata* Zone, enlargement: $\times 23$.



8 Tafel 9

Megaerella-Kalk I (Pridoli)

Plate 9

Megaerella Limestone I (Pridoli)

- Fig. 1: **Schichtweise sekundäre Dolomitisierung einer Schill-Lage (grainstone).**
Die Dolomitisierungsfront teilt das Bild in zwei Zonen: Während im oberen Bildteil schon die gesamte Schicht in ein dolomitisches Mosaikgefüge umgewandelt ist, wurde der untere Teil der Lage noch nicht von der Metasomatose angegriffen, unter Umständen ein Hinweis auf eine primäre mikrofazielle Grenze im Gestein. Schliff C45, Cellon-Rinne, Bank 45, jüngere *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 2: **Eine gewellte Brachiopodenschale hat sich schichtparallel abgesetzt und ließ an ihrer Basis einen Hohlraum entstehen (bioklastischer wackestone).**
Schliff C44, Cellon-Rinne, Bank 44, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 3: **Sekundär wachsende Dolomitkristalle haben eine Ostracodenschale (links unten) bereits teilweise zerstört.**
Das Bild stammt aus dem Bereich vor der Dolomitisierungsfront aus Fig. 2: Die Einzelkristalle sind gut als idiomorphe Rhomboeder ausgebildet. Schliff C44A, Cellon-Rinne, Bank 44A, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: ×23
- Fig. 4: **Von der Dolomitisierung blieb inmitten des Mosaikgefüges nur ein einzelner Ostracode verschont.**
Die Dolomitkristalle haben die Schale bereits angegriffen. Schliff C42B2, Cellon-Rinne, Bank 42B, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: ×23.

- Fig. 1: **Secondary-in-layer dolomitization of a shell stratum (grainstone).**
The dolomitization front divides the photomicrograph into two zones: The upper part is transformed completely into dolomitic mosaic-fabrics, the lower one was not affected, perhaps a hint for an original microfacies boundary inside this rock. Thin-section C45, Cellon-Rinne, Bed 45, upper *eosteinhornensis* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 2: **Wavy brachiopod shell deposited parallel to the bedding plane leaving an open-space fabric at its base (bioclastic wackestone).**
Thin-section C44, Cellon-Rinne, Bed 44, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 3: **Secondary Dolomite crystals have partly destroyed an ostracod shell (down left).**
The photomicrograph is from the area in front of the dolomitization front shown in Fig. 2: dolomite crystals developed as idiomorphic rhombohedrons. Thin-section C44A, Cellon-Rinne, Bed 44A, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 4: **With exception of one ostracod shell the whole rock was affected by dolomitization.**
Dolomite crystals partly corroded the shell. Thin-section C42B2, Cellon-Rinne, Bed 42B, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: ×23.

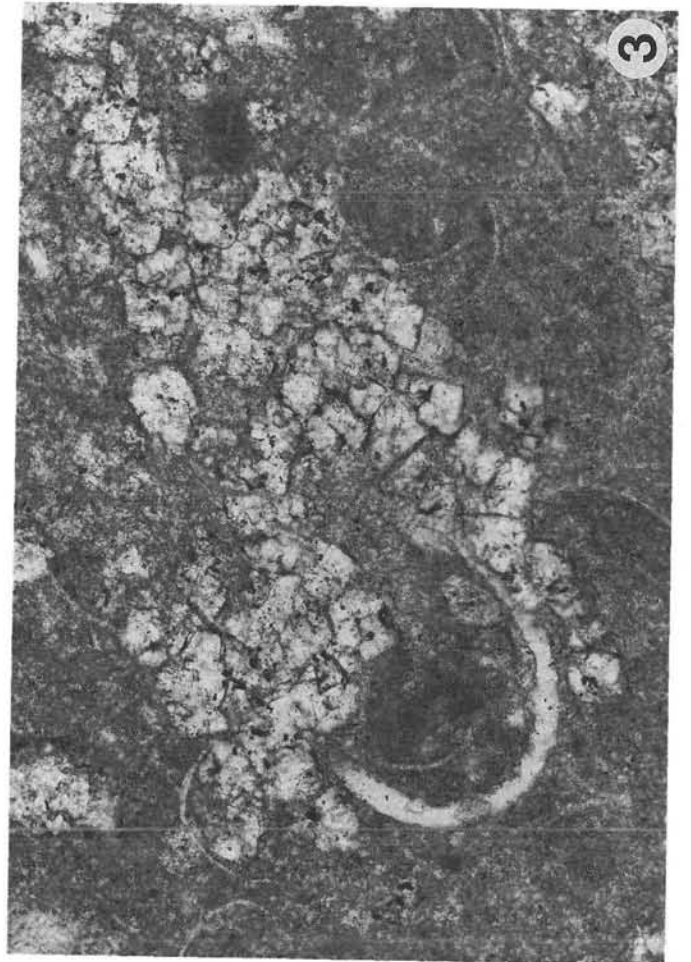
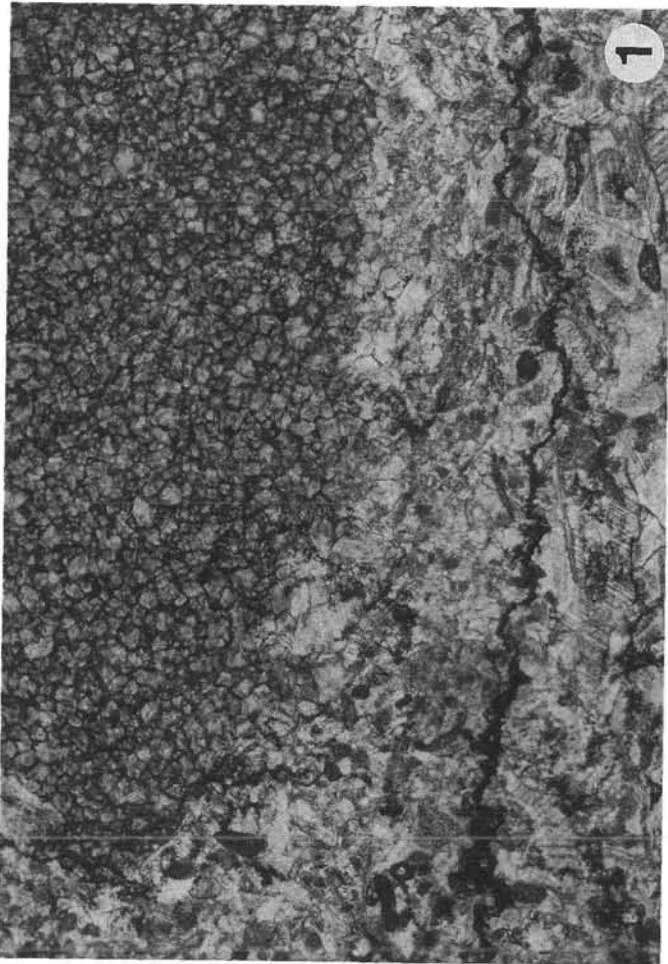


Fig. 1: **Orthoceren- und Bivalvenschill aus dem Megaerella-Äquivalent am Rauchkofelboden (bioklastischer grainstone).**

Deutlich ist die geopetale Hohlraumfüllung innerhalb des oberen halbkreisförmigen Anschnittes zu sehen. Die Schalen sind schichtparallel eingeregelt, der Zement spätdiagenetisch blockig umkristallisiert. Schliff Schö198, jüngstes Pridoli, Vergrößerung: $\times 7,3$.

Fig. 2: **Bioklastischer wackestone mit deutlichem Schirm-effekt der Schalen im unteren Bildbereich.**

Schliff C42A, Cellon-Rinne, Bank 42A, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Echinodermenbruchstücke innerhalb einer nahezu vollständig sekundär dolomitisierten Schicht.**

Die unterschiedlichen Größen der Dolomitekristalle können ein Hinweis auf primär unterschiedliche Mikrofazies-Zonen sein. Echinodermenbruchstücke sind im gesamten Altpaläozoikum der Karnischen Alpen die insgesamt widerstandsfähigsten Komponenten gegenüber sekundärer Dolomitisierung, aber auch gegenüber Anbohrung durch Algen (Rindenkorn- und Onkoidbildung). Schliff C41c, Cellon-Rinne, Bank 41c, *eosteinhornensis*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: ***Orthoceras* and bivalve-limestone (bioclastic grainstone) from Rauchkofel-Boden (Megaerella Lst. equivalent, Upper Silurian).**

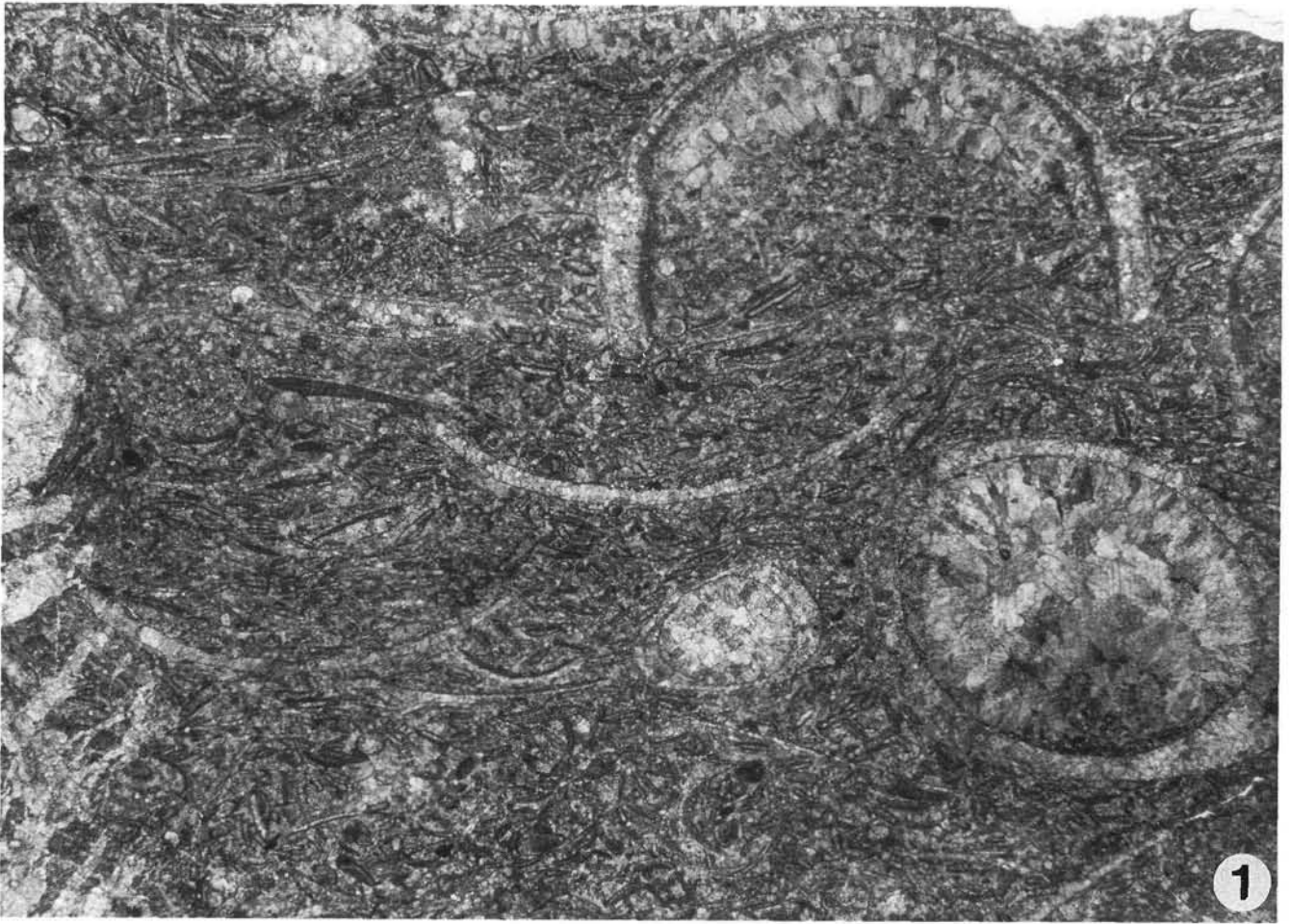
In the upper semicircle section the geopetal open-space fabric is distinctly perceptible. The shells and conches are arranged parallel to stratum. Note the blocky late diagenetically recrystallized cement. Thin-section Schö198, youngest Pridoli, enlargement: $\times 7,3$.

Fig. 2: **Bioclastic wackestone with distinctly umbrella-like shells in the lower part of the photomicrograph.**

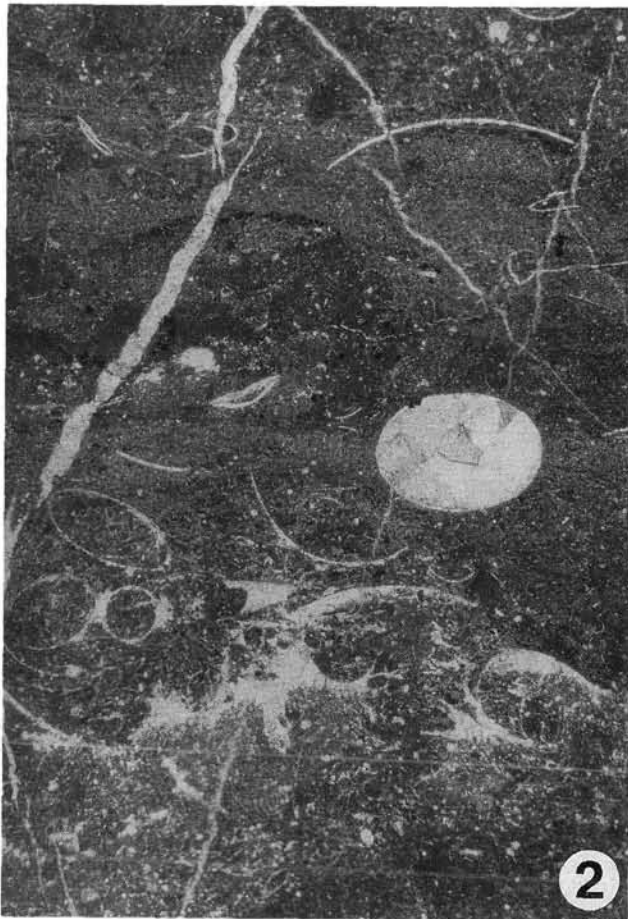
Thin-section C42A, Cellon-Rinne, Bed 42A, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Echinodermal clasts in an almost completely dolomitized layer.**

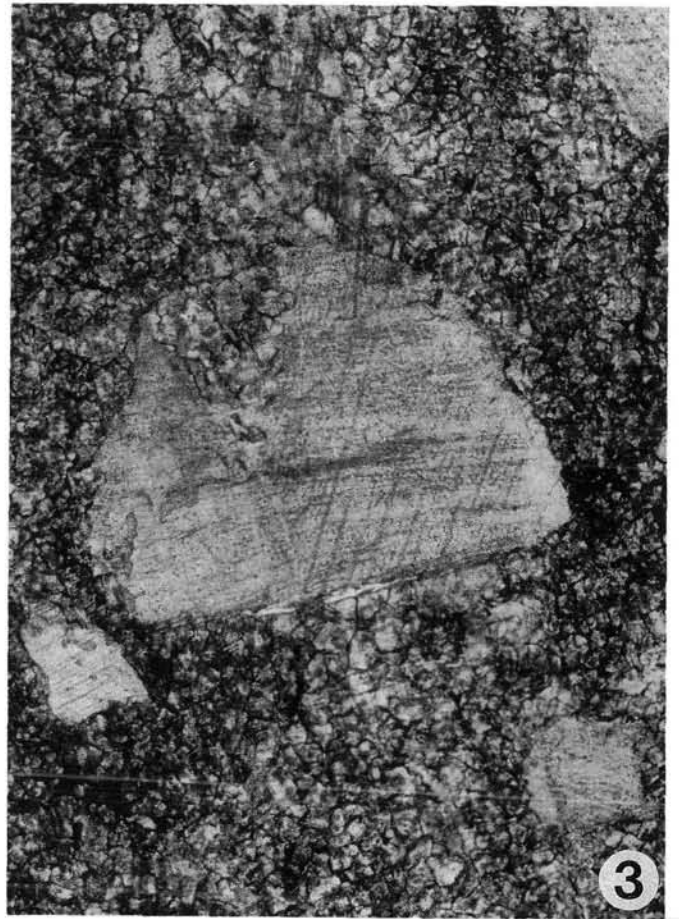
The different sizes of the dolomite grains can be a reference to primarily different microfacies zones. Echinodermal clasts are in the Paleozoic of the Carnic Alps the most resistant grains against dolomitization, but also against micritization by algae. Thin-section C41c, Cellon-Rinne, Bed 41c, *eosteinhornensis* Zone, enlargement: $\times 23$.



1



2



3

Fig. 1: **Echinodermen-grainstone.**

Eine große Brachiopodenschale umschließt Echinodermenschutt-Sediment und hat es vor der Dolomitisierung bewahrt, die unterhalb und vor allem oberhalb des Gehäuses schon fortgeschritten ist. Lediglich die Schale selbst wurde innen (obere Klappe) schon vom Dolomit angegriffen. Die Lage stammt aus den gut gebankten pelagischen Rauchkofel-Kalken aus der Cellon-Decke und repräsentiert den episodischen Einfluß aus dem neritischen Ablagerungsmilieu der hangenden Kellerwand-Decke.

Schliff 83, Untere Kellerwand, Lochkov, Vergrößerung: $\times 14,5$.

Fig. 2: **Bioklastischer wackestone.**

Schichtparallele Orthocerenröhre mit Geopetalgefüge in der ältesten Kammer aus den pelagischen Rauchkofel-Kalken.

Schliff Schö201, Rauchkofelboden, *woschmidti*-Zone, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Tempestit mit Ostracodenschill, Echinodermen, Schwammnadeln und Lithoklasten als Produkt einer episodischen Sturmflut innerhalb der Rauchkofel-Kalke (grainstone).**

Schliff C49, Cellon-Rinne, Bank 49, *woschmidti*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 4: **Feinlamellierter Kalkschiefer mit Radiolarien und wenigen Ostracodenschill-Lagen (siehe Taf. 11/ Fig. 3).**

Der bituminöse Anteil dieser Schicht ist erheblich und läßt das Gestein makroskopisch tiefschwarz erscheinen.

Schliff 801, Cellon-Rinne, Bank 49, *woschmidti*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 1: **Echinoderm lime grainstone.**

A large brachiopod shell surrounding echinoderm and peloid sediment and protected from dolomitization that started already below and above the shell. The layer belongs to the pelagic Rauchkofel Formation and represents an episodic influence from the neritic environment of the Upper Kellerwand nappe.

Thin-section 83, Lower Kellerwand, Lochkovian, enlargement: $\times 14,5$.

Fig. 2: **Bioclastic wackestone.**

The earliest chamber of an *Orthoceras* conch shows geopetal fabric. The conch was deposited parallel to the bedding and belongs to the pelagic Rauchkofel Limestone.

Thin-section Schö201, Rauchkofelboden, *woschmidti* Zone, enlargement: $\times 4,5$.

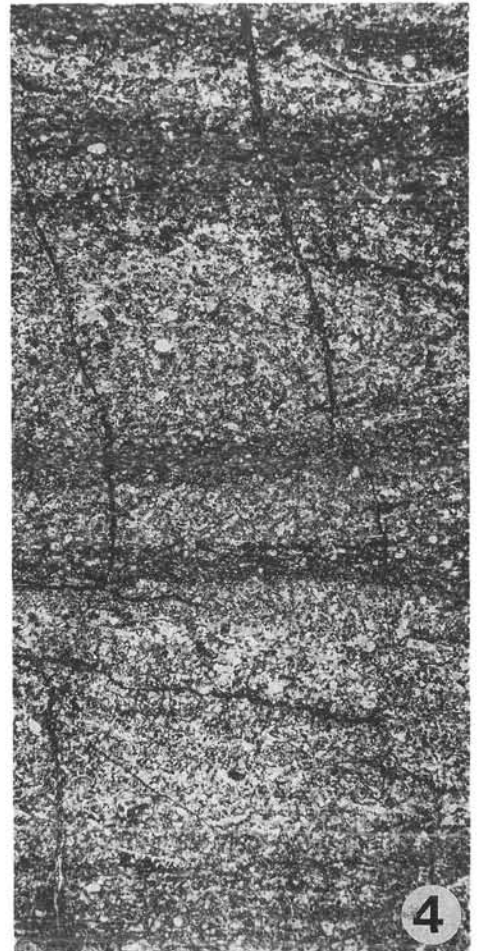
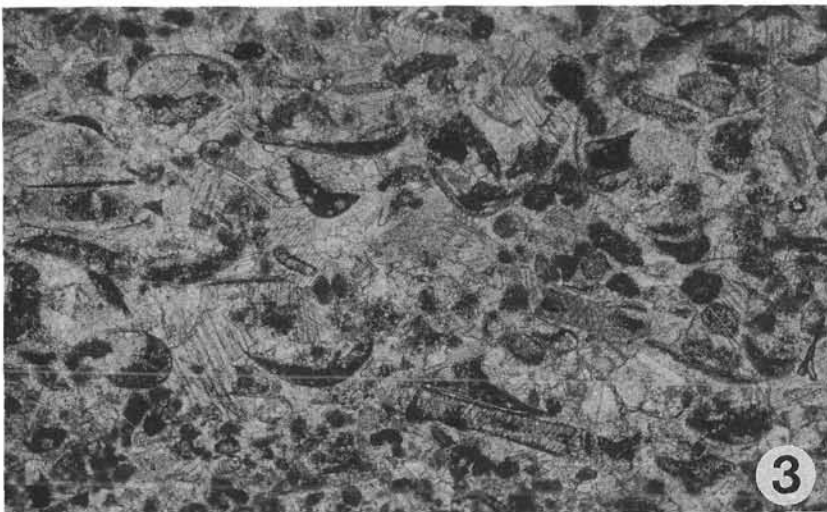
Fig. 3: **Tempestite layer with ostracods, echinoderms, spicula and lithoclasts as a result of an episodic storm event (grainstone).**

Thin-section C49, Cellon-Rinne, Bed 49, *woschmidti* Zone, enlargement: $\times 23$.

Fig. 4: **Finely laminated fabrics in a shaly limestone with radiolarians and small ostracod shell layers (Pl. 11/ Fig. 3).**

Note considerable content of black-layered organic matter.

Thin-section 801, Cellon-Rinne, Bed 49, *woschmidti* Zone, enlargement: $\times 3,7$.



Rauchkofel-Kalk II (Lochkov)

- Fig. 1: **Feinlammeliertes Kalkschiefer mit Radiolarien und Schrägschichtung.**
Die Schüttungsrichtung erfolgte von links (SSW in natura) nach rechts (NNE), ein weiteres Indiz für die durch mikrofaziale und tektonische Untersuchungen festgestellte paläogeographische Nord-Süd-Gliederung des Karbonatkomplexes Karnische Alpen.
Schliff 92, Untere Kellerwand, Lochkov, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **Prodichotriaen (tetractines Kieselschwamm-Spiculum) in einer Ostracodenschill-Lage (grainstone).**
An der linken Kladsche ist andeutungsweise eine Gabelung zu erkennen.
Schliff C49, Cellon-Rinne, Bank 49, Lochkov, Vergrößerung: $\times 14,7$.
- Fig. 3: **Stark pelagisch beeinflusste Schicht aus den Rauchkofel-Kalken (Tentakuliten-wackestone).**
Planktonisch lebende Dacryoconaridengehäuse bestimmen das Bild dieses Kalkes. Ihre konischen Röhren sind hier größtenteils quer angeschnitten, eine Röhre beherrscht die Abbildung jedoch mit ihrem Längsschnitt (mit Sparit verfüllt). Der Echinodermen-Einkristall in der linken oberen Bildhälfte wurde aus landnäheren Regionen hierher verfrachtet. Weiterhin sind wenige Bivalvenschalen vorhanden.
Schliff 87, Untere Kellerwand, Lochkov, Vergrößerung: $\times 46$.
- Fig. 4: **Sekundär dolomitisierte Schicht.**
Hier wurden lediglich die Echinodermenbruchstücke von der Umwandlung verschont. Allerdings haben die Dolomitkristalle bereits an den Rändern der Einkristalle durch ihr Wachstum strukturzerstörend gewirkt, wodurch der gezackte Rand entstanden ist.
Schliff 85, Untere Kellerwand, Lochkov, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 5: **Schuttlage aus hochenergetischen Bereichen als Ausdruck einer textuellen Inversion (grainstone).**
Flachwasserkomponenten wie Rindenkörner und massiger Echinodermenschutt treten in einer dünnbankigen Zwischenschicht mit pack-/grainstone-Gefüge in sonst pelagischen Kalkformationen auf. Deutlich sind hier die Schirmeffekte zu erkennen, die durch längliche Rindenkörner, Echinodermen- oder Schalenreste verursacht wurden.
Schliff 82a, Untere Kellerwand, Lochkov, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Rauchkofel Limestone II (Lochkovian)

- Fig. 1: **Finely laminated cross-bedded marly limestone with radiolarians.**
The direction of accretion is from left (SSW in nature) to right (NNE), another argument for the paleogeographic North-South arrangement of the Devonian carbonate complex of the Carnic Alps supported by microfacial and tectonic investigations.
Thin-section 92, Lower Kellerwand, Lochkovian, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **Prodichotriaen (tetractine silicified spicule) in an ostracod shell layer (grainstone).**
Note the bifurcation at the left cladsche.
Thin-section C49, Cellon-Rinne, Bed 49, Lochkovian, enlargement: $\times 14,7$.
- Fig. 3: **Pelagic Rauchkofel Limestone layer (tentaculite lime wackestone).**
Planktonic dacryoconarids are most important in these layers. Their conical tubes are mostly cross-sections, only one shows a longitudinal section filled up with sparite. The echinoderm crystal left above was derived from a neritic region. Also few bivalve shells occur.
Thin-section 87, Lower Kellerwand, Lochkovian, enlargement: $\times 46$.
- Fig. 4: **Secondary dolomitized layer.**
Note well preserved echinodermal fragments which were affected only marginally by dolomitization. Nevertheless the dolomite crystals destroyed the structure of echinoderm grains at their rim, and caused the indentation arised.
Thin-section 85, Lower Kellerwand, Lochkovian, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 5: **Debris layer from high-energy area as an example for textural inversion (grainstone).**
Shallow water particles like coated grains and echinoderm clasts occur in a thin layer with pack-/grainstone fabric of a principal pelagic limestone series. The umbrella-effect of shells and other particles is obvious.
Thin-section 82a, Lower Kellerwand, Lochkovian, enlargement: $\times 5,2$.

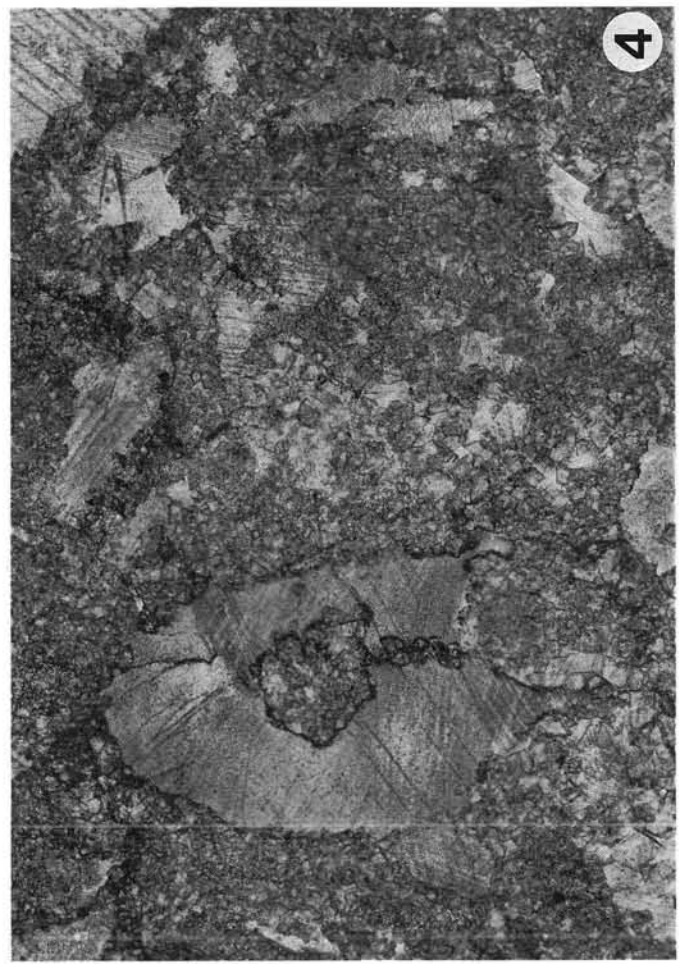
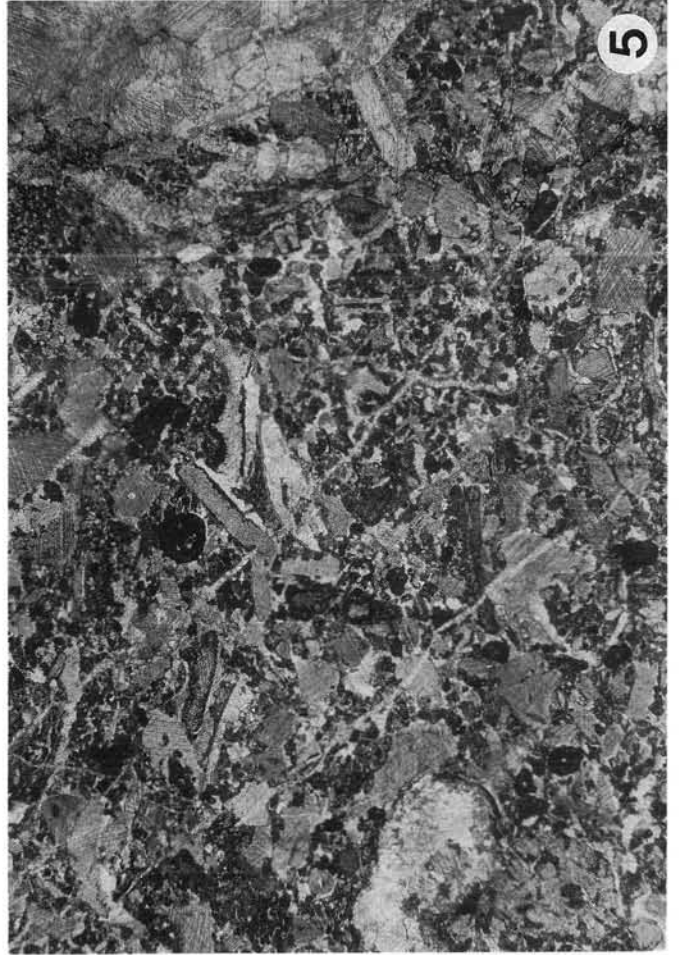
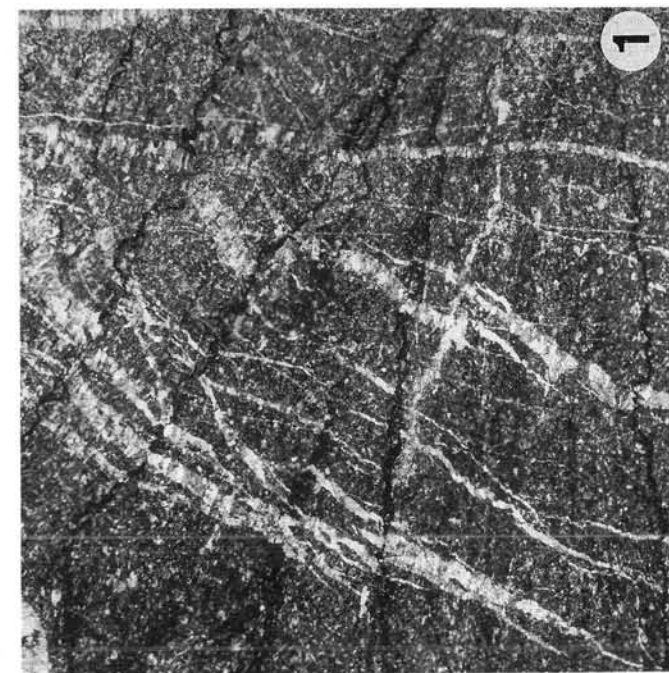
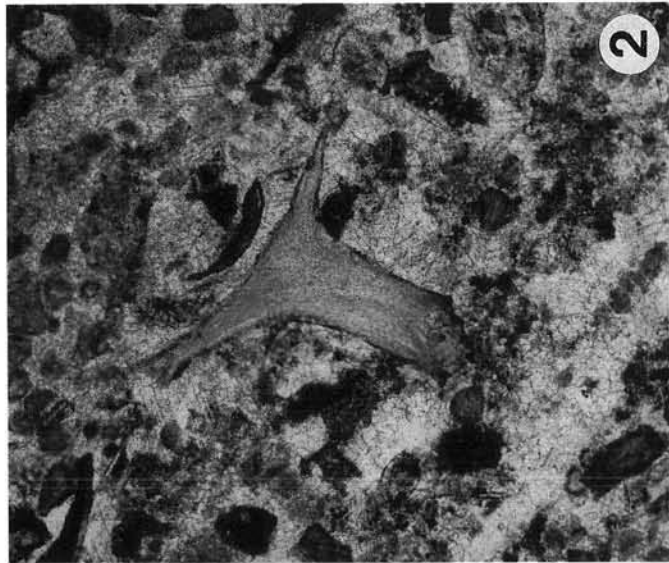
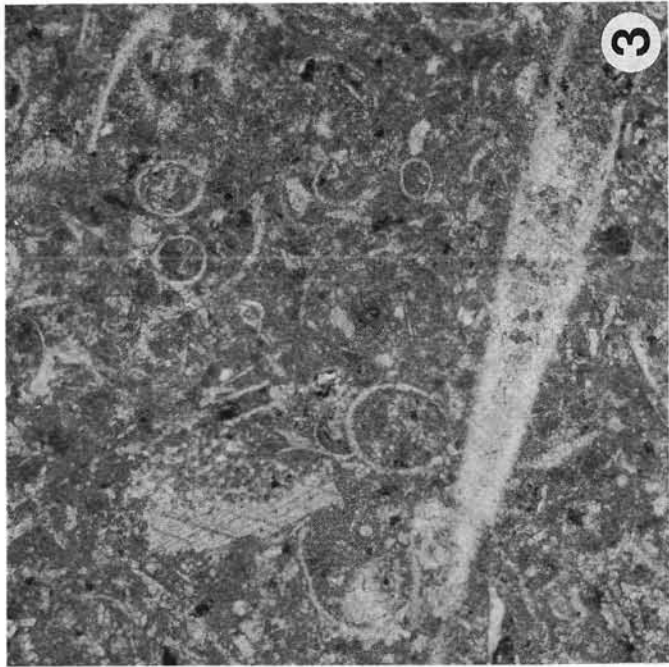


Fig. 1: **Bioklastischer wackestone aus dem hochpelagischen Vertreter der Rauchkofel-Kalke, dem Boden-Kalk.**

Im Zentrum beherrschen zwei ineinandergeschachtelte Orthocerenquerschnitte die Abbildung. Bemerkenswert ist der Anschnitt eines Conodonten, der innerhalb der inneren Röhre deutlich als schwarz genetzte Struktur in Schmetterlingsform zu erkennen ist. Weiterhin nehmen Filamente einen Großteil der Bio-Komponenten ein. Schliff Schö81/23, Seekopfsockel, Lochkov, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 2: **Unterschiedliche Schnittlagen von Dacryoconariden in einem bioklastischen wackestone.**

Eine Dolomitierungsfront ist dabei, von der Schichtoberseite her in das Gestein vorzudringen, erkennbar an den vereinzelt idiomorphen Dolomitekristallen in der oberen Bildhälfte. Die schwarzen Flecken rühren von fein verteiltem Pyrit her, der innerhalb dieser Schicht reduzierendes Milieu dokumentiert. Vereinzelt kommen sehr kleine Orthoceren vor. Schliff Schö82/59b, Oberbuchach II, jüngstes Lochkov, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Randteil eines Querschnittes durch einen Trilobitenpanzer in einem bioklastischen packstone.**

Der Panzer ist konzentrisch von Algenkrusten (*Girvanella?*) umwachsen. Diese Schicht zeigt durch die Auswaschung des Sedimentes und die starke Algentätigkeit eine Verflachung des Meeresbodens an. Schliff Schö81/27, Seekopfsockel, Lochkov, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 4: **Deutlich ist ein konzentrisches Wachstumsgefüge der Algenkrusten zu erkennen.**

Schliff Schö81/27, Seekopfsockel, Lochkov, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Bioclastic wackestone from the pelagic equivalent of the Rauchkofel Limestone, the Boden Limestone.**

In the central part two *Orthoceras* conches are sticking together, both in cross-section. Remarkable is the section of a conodont in a black network-like structure resembling a butterfly inside the small *Orthoceras*. The main part of bio-particles is occupied by filaments.

Thin-section Schö81/23, Seekopfsockel, Lochkovian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **Different sections of dacryoconarids in a bioclastic wackestone.**

Note the dolomitization front discernible by single dolomite rhombohedrons in the upper part of the photomicrograph. The black dots are pyrite crystals indicating reducing milieu in the sediment. Very small representatives of *Orthoceras* occur sporadically.

Thin-section Schö82/59b, Oberbuchach II, youngest Lochkovian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Marginal part of a trilobite carapace cross-section in a bioclastic packstone.**

The carapace is surrounded by an algal crust (*Girvanella?*). This layer indicates a more shallow environment characterized by washed-out sediment and algal activity.

Thin-section Schö81/27, Seekopfsockel, Lochkovian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 4: **The concentric fabric of algal crusts is clearly documented.**

Thin-section Schö81/27, Seekopfsockel, Lochkovian, enlargement: $\times 23$.

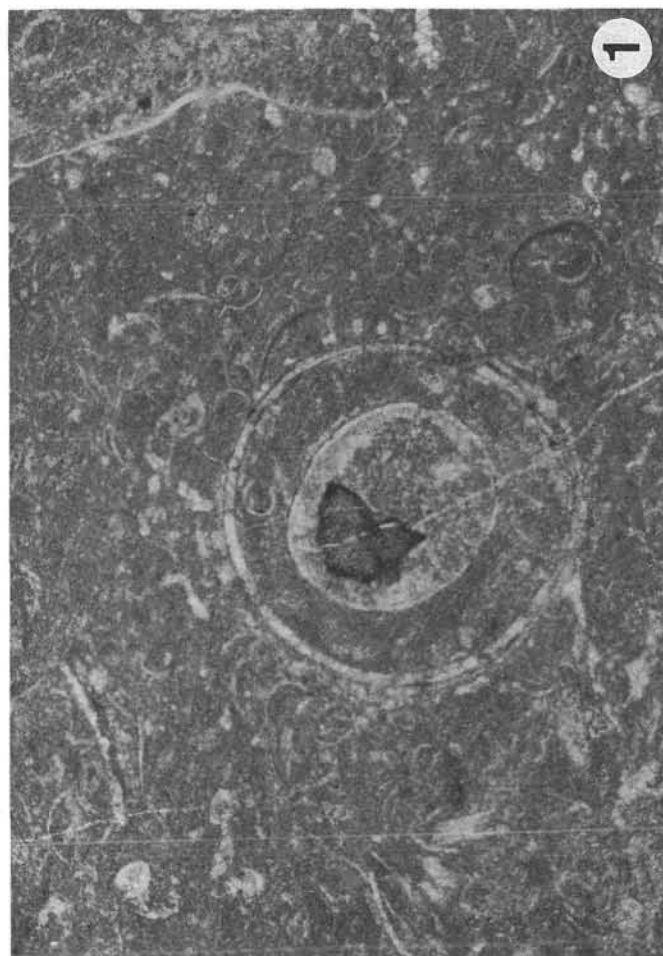
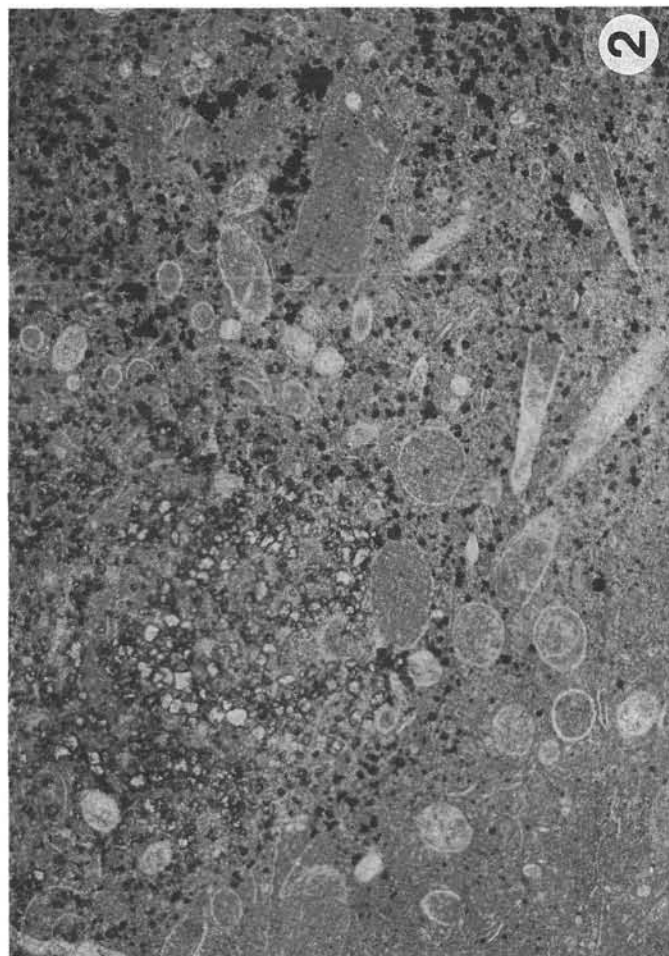


Fig. 1: **Tektonisch gestresste Korallen und Stromatoporen in einer primär mikritischen Matrix (bafflestone).**

Der Druck wurde durch eine Blattverschiebung – semiparallel zur Periadriatischen Naht – verursacht, die das tektonische Gebilde des sogenannten Zentralkarnischen Bogens geschaffen hat. Die abgebildete Schnittlage ist parallel zur Schichtung, wodurch mehrere Individuen eines Stockes quer angeschnitten wurden. Durch den tektonischen Druck, der im vorliegenden Fall senkrecht zur langen Bildachse erfolgte, wurden die Korallen und Stromatoporen derart beansprucht und umkristallisiert, sodaß sie nicht mehr zu bestimmen sind. Deutlich sind Streßstrukturen im Gestein zu erkennen, die sich quasinormal zur Druckrichtung wie Lamellen um die Korallen und Stromatoporen herumgelegt haben und den optischen Eindruck eines laminaren Gefüges hinterlassen: größere Calcitkristalle und -adern sind neu gesproßt.

Schliff ZS14, Gamskofel, Givet, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 2: **Längsschnitt durch eine durch seitlichen Druck unbestimmbar gewordene Koralle aus den Gamskofelkalken (bafflestone).**

Deutlich sind links und rechts am äußeren Rand der Koralle senkrecht laufende Streßbereiche zu sehen, die durch Kristallwachstum hervorgerufen worden sind. Die Koralle diente offenbar als Sedimentfänger. Schliff Z102, Gamskofel, Givet, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 3: **Fossilfreie Lage aus den Loferiten am Gamskofel.**

Die Hohlräume haben die Form von birdseyes. Vertikal-Stylolithen durchziehen das Gestein. An solchen Lösungsbahnen können magnesiumreiche Wässer eindringen und Dolomitkristalle wachsen lassen (obere Lösungsbahn, linker Bildrand).

Schliff 1110b, Gamskofel-Südwandprofil, Givet, Vergrößerung: $\times 9,7$.

Fig. 1: **Corals and stromatoporoids in a primarily micritic matrix stressed by tectonics (bafflestone).**

The pressure was caused by a lateral fault system (semiparallel to Periadriatic Fault) which produced the tectonic structure of the so-called "Zentralkarnischer Bogen". The orientation of the thin-section is parallel to the bedding and thus several individuals of one coral colony were cut horizontally. Caused by tectonic pressure perpendicular to the long axis of photomicrograph the corals and stromatoporoids were deformed and recrystallized in such a manner that an identification is not possible. Stress structures surround semiperpendicular corals and stromatoporoids suggesting a laminated fabric: calcitic crystals and veins are sprouted.

Thin-section ZS14, Gamskofel, Givetian, enlargement: $\times 5,2$.

Fig. 2: **Longitudinal section of an unidentifiable coral affected by horizontal pressure (bafflestone).**

Left and right hand of the coral vertical stress areas are discernible caused by crystal growing. The coral had the function of a trapping and baffling organism. Thin-section Z102, Gamskofel, Givetian, enlargement: $\times 5,2$.

Fig. 3: **Unfossiliferous loferite layer from Gamskofel.**

The open spaces represent birdseyes. Vertical stylolithes interplace the limestone. On these solution planes magnesium-rich water could penetrate the rock to promote the formation of dolomite rhombohedrons (upper solution line, left margin).

Thin-section 1110b, Gamskofel-Südwandprofil, Givetian, enlargement: $\times 9,7$.

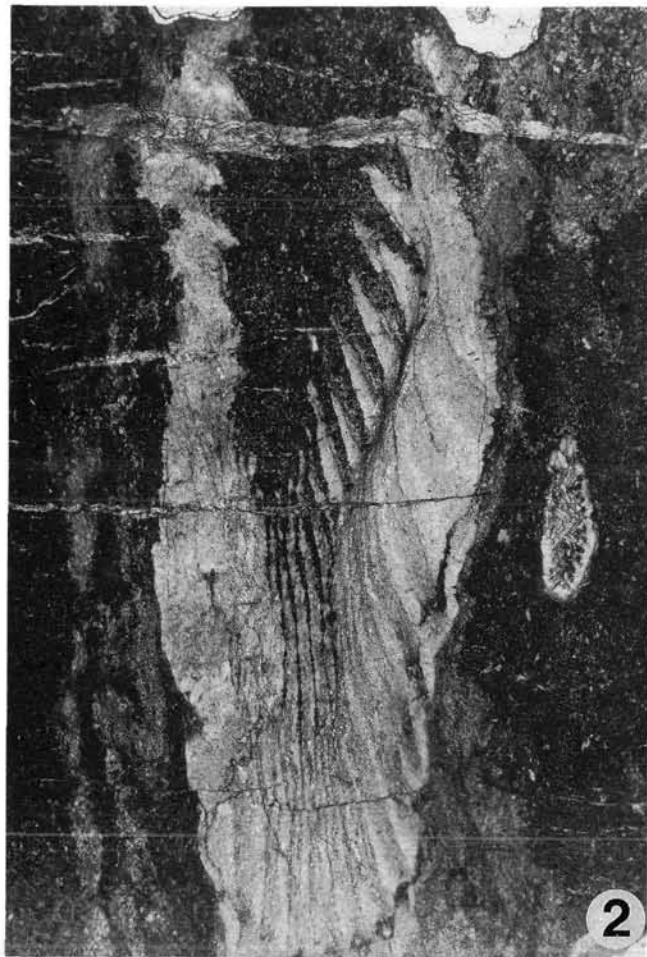
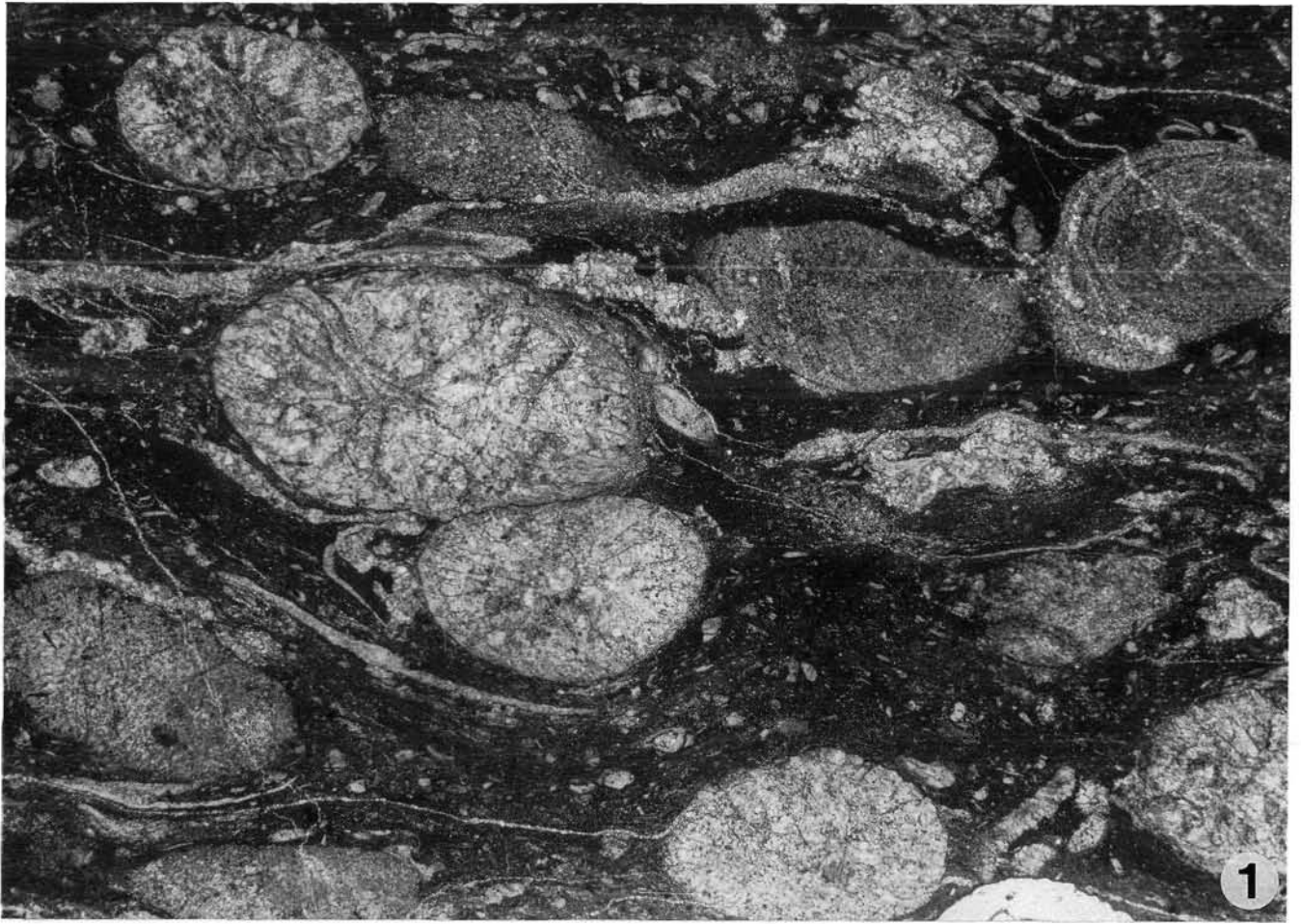


Fig. 1: **Amphiporenkalk (bafflestone), der offensichtlich starkem Druck ausgesetzt war (Druckrichtung senkrecht zur langen Bildachse).**

Die Schnittlage ist parallel zur Schichtung. In der Bildmitte sind neben Amphiporen zwei Klappenreste eines *Stringocephalus* zu erkennen, eine Vergesellschaftung, die auch typisch für die gleichalten Spinotti- und Eiskar-Kalke aus dem Kellerwandbereich ist (Taf. 26/Fig. 2; 27/Fig. 3; 31/Fig. 1).
Schliff Z99, Gamskofel, Givet, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 2: **Vergrößerung einer Amphipore aus Fig. 1.**

Deutlich ist der Zentralkanal zu erkennen. Um das Individuum haben sich laminar quasinormal zur Druckrichtung neu gesproßte Calcitkristalle und -äderchen angelagert, deren Wachstum durch tektonischen Streß verursacht wurde. Primär war die Matrix mikritisch.
Schliff Z99, Gamskofel, Givet, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Feingeschichtetes Sediment im Entstehungsbereich der Laminite (siehe Taf. 14/Fig. 3) wurde durch plötzlich stärkere Wasserenergie erodiert.**

Bereits verfestigtes Sediment wurde in Intraclasten zerlegt und erhielt eine Schrägschichtung. Durch die Bewegungsenergie wurden die Bruchstücke größtenteils abgerundet und resedimentiert. An ihrer Unterseite entstanden durch ihre Abschirmung Hohlräume, die jetzt mit Sparit verfüllt sind.
Schliff ZB, Gamskofel, Unterdevon (?), Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 4: **Algenlaminite aus dem Gamskofel-Südwand-Profil (bindstone).**

Deutlich ist an der Basis der Hohlräume vom Typ Stromatactis Kristallsilt zu sehen. Die Feinlamellierung wurde durch einen Wechsel von mikritischen, pelmikritischen und feinklastischen Lagen sowie Algenkrusten verursacht.
Schliff 1103, Gamskofel-Südwand, Givet, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 1: ***Amphipora* sp. limestone (bafflestone) deformed by pressure perpendicular to long axis of the photomicrograph.**

Cutting position is parallel to bedding. In the centre two clasts of *Stringocephalus* shells are perceptible, an association that is also typical for the Spinotti and Eiskar Limestones of the Kellerwand area (Pl. 26/Fig. 2; 27/Fig. 3; 31/Fig. 1).
Thin-section Z99, Gamskofel, Givetian, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 2: **Magnification of an *Amphipora* of Fig. 1.**

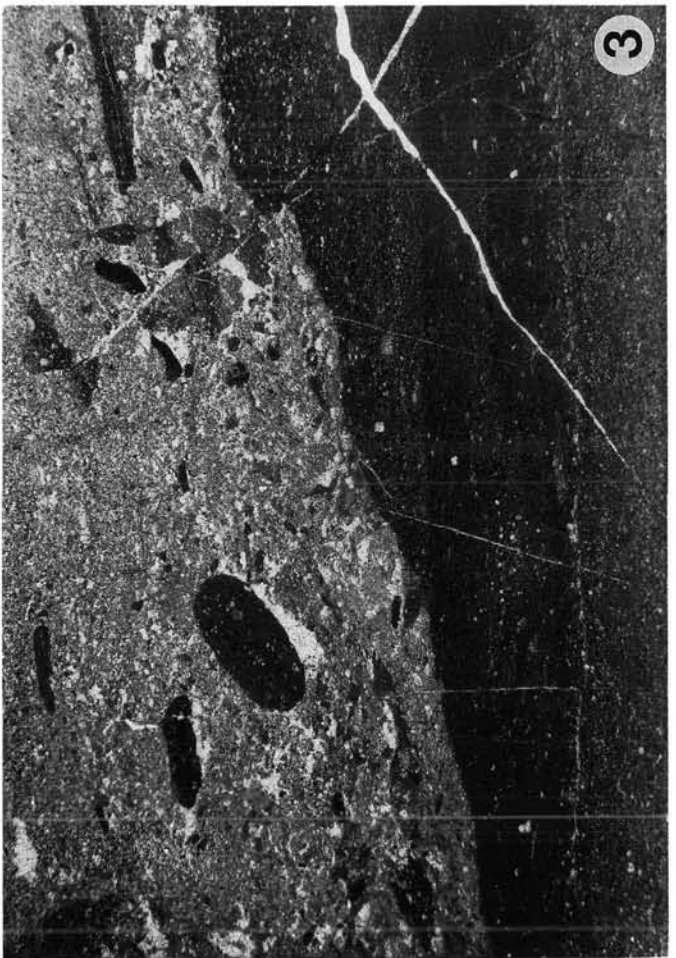
The central axis canal is well recognizable. The specimen is surrounded by newly formed calcite crystals and veins caused by tectonic stress. Primarily the matrix was micritic.
Thin-section Z99, Gamskofel, Givetian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Finely laminated sediment eroded and scoured by suddenly raised water energy (Pl. 14/Fig. 3).**

The already consolidated sediment was transformed to intraclasts and became cross-bedded. By mechanical transport most clasts were rounded and redeposited. At their base open spaces arised representing an umbrella effect and are now filled with sparite.
Thin-section ZB, Gamskofel, Lower Devonian (?), enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 4: **Algal laminite from the Gamskofel South Wall profile (bindstone).**

At the base of the open-space fabrics (type stromatactis) crystal silt was deposited. The lamination was caused by alternation of micritic, pelmicritic, fine clastic layers and algal crusts.
Thin-section 1103, Gamskofel-Südwand, Givetian, enlargement: $\times 4,5$.

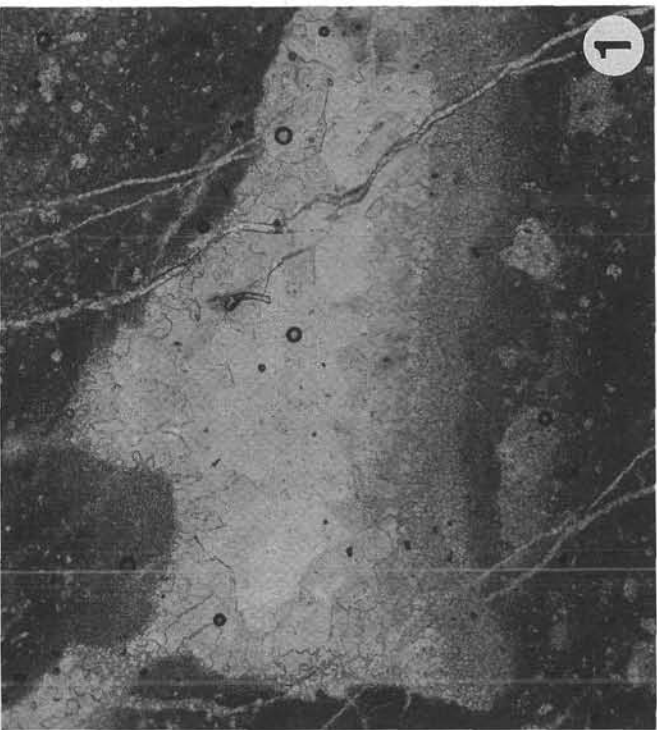
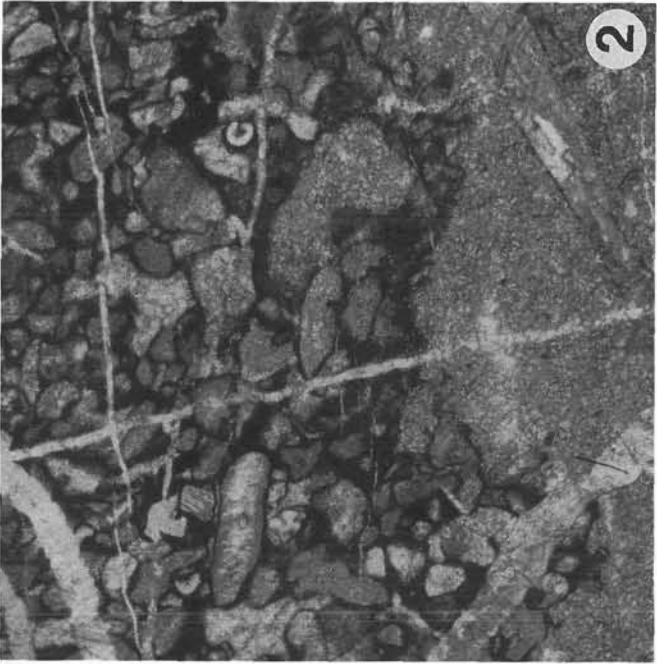
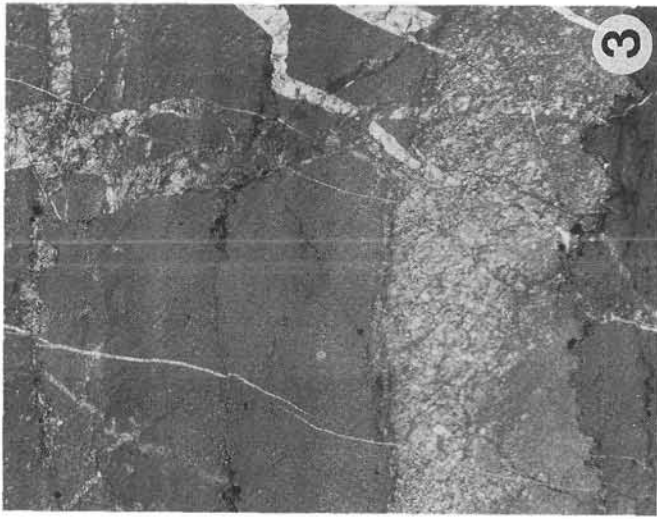


Gamskofel-Kalk III (Prag–Givet)

- Fig. 1: **Stromatactis mit basalem Kristallsilt.**
Der Hohlraum wurde von einem frühdiagenetischen Zement A umwachsen (dunkleres Grau) und später von einem helleren Zement ausgefüllt.
Schliff 1107, Gamskofel-Südwand, Givet, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 2: **Aufarbeitungslage aus den Laminiten der Austriascharte.**
Schliff 1004, Austriascharte, Ems, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 3: **Fossilfreier drucküberprägter Mikrit aus dem Intertidalbereich.**
Die fazielle Zuordnung einer solchen Lage ist nur in Zusammenhang mit der Zuordnung des Hangenden und Liegenden möglich.
Schicht ZS5, Gamskofel, Mitteldevon, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 4: **Ein durch starken Druck deutlich geprägter Echinodermeneinkristall.**
Neben den (im Bild NE–SW-orientierten) primären Wachstumslamellen haben sich normal zur Druckrichtung deutlich gebogene Drucklamellen gebildet. Im primär feinkörnigen Sediment ist es zu druckinduziertem Kristallwachstum gekommen, das normal zur Druckrichtung für eine Laminierung gesorgt hat.
Schliff ZS7, Gamskofel, Unterdevon (?), Vergrößerung: ×23.
- Fig. 5: **Lithoklast-grainstone aus den Laminiten am Gamskofel.**
Durch plötzlich erhöhte Wasserenergie wurde eine größere Scherbe aus dem bereits festen Algenlaminat im unteren Bildteil herausgelöst und konnte einen großen Hohlraum abschirmen, der an seiner Basis mit feinklastischem Detritus verfüllt wurde. Die Kontur der Hohlraumbasis zeichnet die des abschirmenden Intraclast genau nach. Durch das Wasser wurde Echinodermmaterial zerkleinert und abgerundet und aus einer benachbarten landferneren Fazies hierher – hangend zum Laminat – angespült. Die Klasten haben eine deutliche strömungsparallele Lagerung.
Schliff 1114, Gamskofel-Südwand, Givet, Vergrößerung: ×23.

Gamskofel Limestone III (Pragian–Givetian)

- Fig. 1: **Stromatactis with crystal silt at its base.**
The open space was overgrown by an early diagenetic cement A (dark grey) and later filled by a light grey cement B.
Thin-section 1107, Gamskofel-Südwand, Givetian, enlargement: ×23.
- Fig. 2: **Layer with reworked clasts from the laminites of Austriascharte.**
Thin-section 1004, Austriascharte, Emsian, enlargement: ×23.
- Fig. 3: **Unfossiliferous micrite from intertidal facies superimposed by pressure.**
The facial classification of such a layer is only possible in connection with the classification of the surrounding rocks.
Thin-section ZS5, Gamskofel, Middle Devonian, enlargement: ×23.
- Fig. 4: **Echinoderm crystal deformed by pressure.**
In addition to accretion lamellae oriented from right up to down left corner distinctly bent pressure laminae were formed normal to pressure direction. In the primarily finely grained sediment pressure induced crystals caused the lamination.
Thin-section ZS7, Gamskofel, Lower Devonian (?), enlargement: ×23.
- Fig. 5: **Lithoclast lime grainstone from laminites at Gamskofel.**
By suddenly raised water energy a large fragment of the already consolidated algal laminite in the lower part of the photomicrograph was eroded and redeposited. It screened a large open space filled at its base with finely grained detritus. The shape of the open space base portrays exactly the contour of the screening intraclast. By raised water energy echinodermal fragments were disturbed, assorted, rounded, transported and redeposited from a neighbouring facies zone above the laminite. The clasts are oriented semiparallel to current.
Thin-section 1114, Gamskofel-Südwand, Givetian, enlargement: ×23.



8 Tafel 17

Hohe Warte-Kalk (Prag)

Plate 17

Hohe Warte Limestone (Pragian)

Fig. 1: **Dolomitdruse (bei gekreuzten Nicols), verursacht durch die Volumenabnahme während der Dolomitisierung.**

Die idiomorph ausgebildeten Dolomitrhomboeder im Hohlraum sind spätdiagenetisch und weisen gut erkennbaren Zonarbau auf. Die Außenbereiche sind in Mosaikgefüge ausgebildet und zeigen viele "schmutzige" Einschlüsse (schwarz). Schliff 1080, Seekopf-Ostwand, Prag, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 2: **Echinodermen-grainstone mit einer Einzelkoralle.**

Das Gestein ist in einem Bereich stark bewegten Wassers entstanden. Der ursprünglich vorhandene Sparit zwischen den Bioklasten wurde größtenteils spätdiagenetisch dolomitisiert. Schliff 717, Seewarte, Prag, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 3: **Grainstone mit Echinodermenresten, *Thamnoporen* (Mitte) und dünnen Schalen, entstanden in energiereichem flachen Wasser.**

Schliff 1074, Seekopf-Ostwand, Prag, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 4: **Brachiopodenschalen, Echinodermenbruchstücke und Korallenschutt.**

Im Mittelteil bewirkten die zahlreichen Schalen einen gewissen Strömungsschatten, weshalb sich hier Feinsediment absetzen konnte: ein typisches Beispiel für den Übergang von einem grainstone (randlich) zu einem packstone (zentral). Schliff 716, Seewarte, Prag, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 1: **Dolomite vug (crossed nicols) caused by increasing porosity during late diagenetic dolomitization.**

The dolomite rhombohedrons inside the vug show well-developed zonar texture. The outer areas exhibit mosaic texture and have many black dirty inclusions. Thin-section 1080, Seekopf-Ostwand, Pragian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **Large-grained echinoderm lime grainstone with a solitary coral.**

The limestone was formed in a high water energy domain. The originally existing sparite between the bioclasts was partly dolomitized during a late diagenetic stage. Thin-section 717, Seewarte, Pragian, enlargement: $\times 5,2$.

Fig. 3: **Grainstone with echinodermal fragments, *Thamnopora* coral (central) and thin shells of high energy and shallow water facies.**

Thin-section 717, Seewarte, Pragian, enlargement: $\times 5,2$.

Fig. 4: **Brachiopod shells, echinodermal fragments and coral and stromatoporoid debris.**

In the central part of the photomicrograph many shells effected a current shadow, and so micrite could be deposited in between: a typical example for the transition between a grainstone (at the margin) and a packstone (central part). Thin-section 1074, Seekopf-Ostwand, Pragian, enlargement: $\times 3,7$.



Kellerwand-Kalk (Prag–älteres Ems)

Kellerwand Limestone (Pragian–early Emsian)

Fig. 1: **Bioklastischer wackestone mit kreisrunden bis ovalen Schnittlagen von Dacryoconariden (Tentakuliten).**

Im Zentrum ist ein unorientierter Anschnitt durch einen Ostracoden zu erkennen (links das Schloß), dessen Schale die typische feinprismatische Mikrostruktur aufweist (dunkle und helle Lichtstreifen). Der Ostracode dient als „fossile Wasserwaage“: Unten ist die unzerstörte Schale mit Sediment verfüllt. Auf die Schicht kommt eine Dolomitierungsfront zu: Am oberen Bildrand sind deutlich einzelne Dolomitrhomboeder sichtbar.

Schliff 69, Untere Kellerwand, oberes Prag, Vergrößerung: $\times 46$.

Fig. 2: **Fortgeschritten dolomitisierte Zone aus dem Hangenden von Fig. 1.**

Das Mosaikgefüge ist noch nicht vollständig ausgebildet: Die Kristalle haben noch idiomorphe bis hypidiomorphe Form. Einzig verschont von der Dolomitisierung blieb offensichtlich das Bruchstück einer Schale.

Schliff 69, Untere Kellerwand, oberes Prag, Vergrößerung: $\times 46$.

Fig. 3: **Jüngste Schicht des Prags.**

Hier machen sich schon die ersten Einschüttungen von Riffschutt in das feinkörnige Vorriff-Sediment bemerkbar. Diese Schicht wird von einer Riffschuttbreccie überlagert, die bereits dem Ems zugerechnet wird.

Schliff 64, Untere Kellerwand, jüngstes Prag, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 4: **Stark durchwühltes mikritisches Sediment mit Dolomitanteil aus den emsianen Schichten des Kellerwand-Kalkes.**

Schliff 12, Untere Kellerwand, *serotinus*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 1: **Bioclastic wackestone with rounded or oblique cross-sections of dacryoconarids.**

In the centre an ostracod is recognizable (left-hand is the hinge) displaying the typical fine prismatic microstructure (black and white stripes). The ostracod serves as “fossil spirit level”: At the base the shell was filled with sediment. Note indication of a dolomitization front in the upper portion by dolomite rhombohedrons.

Thin-section 69, Lower Kellerwand, Upper Pragian, enlargement: $\times 46$.

Fig. 2: **Progressed dolomitized area of the upper bed of Fig. 1.**

The mosaic texture is not fully developed: The crystals show still idiomorphic or hypidiomorphic form. A single shell fragment was not affected by dolomitization.

Thin-section 69, Lower Kellerwand, Upper Pragian, enlargement: $\times 46$.

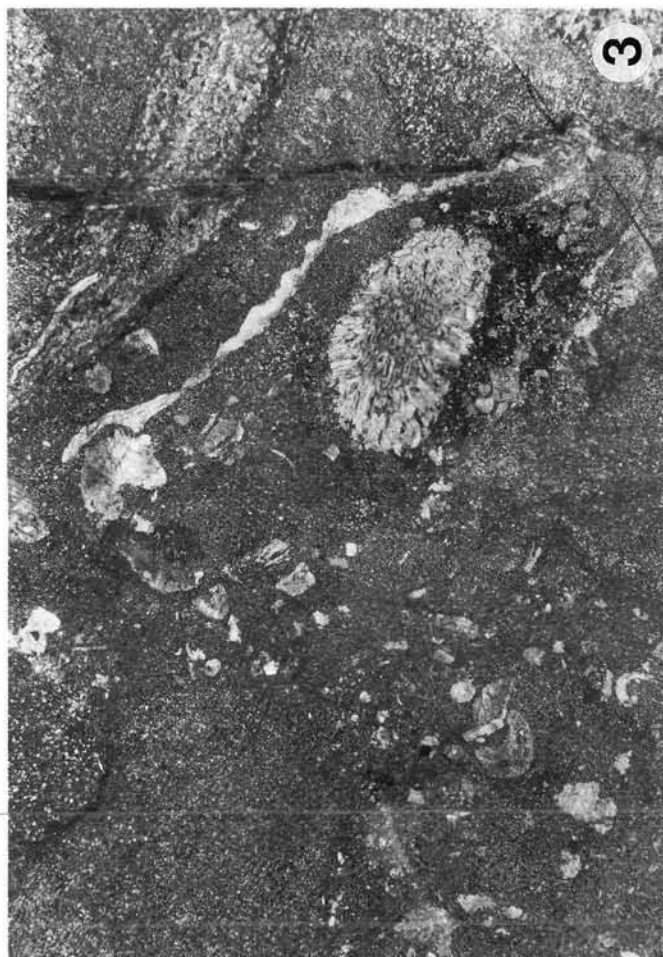
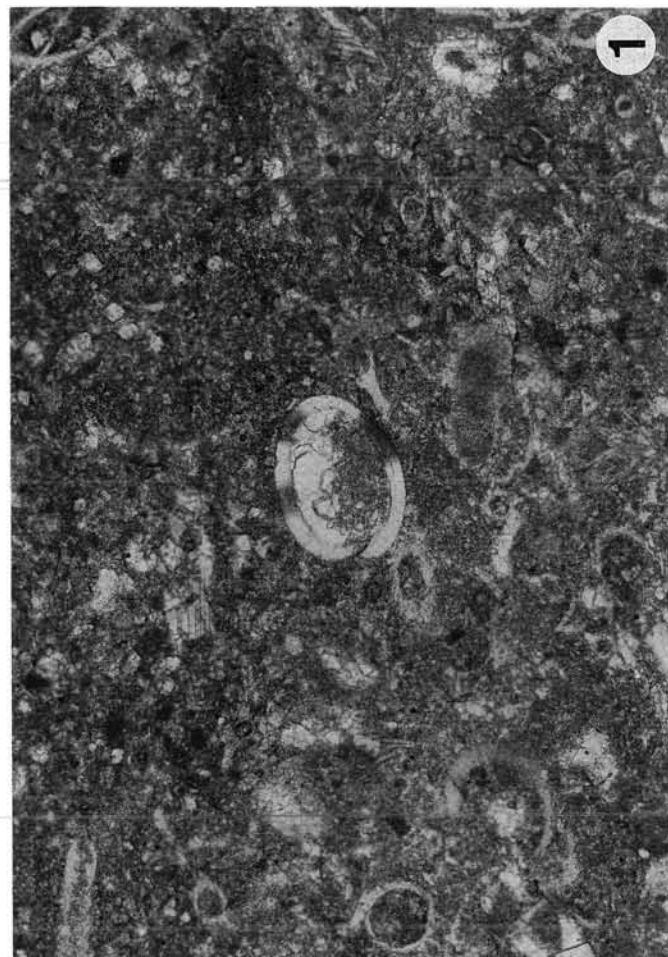
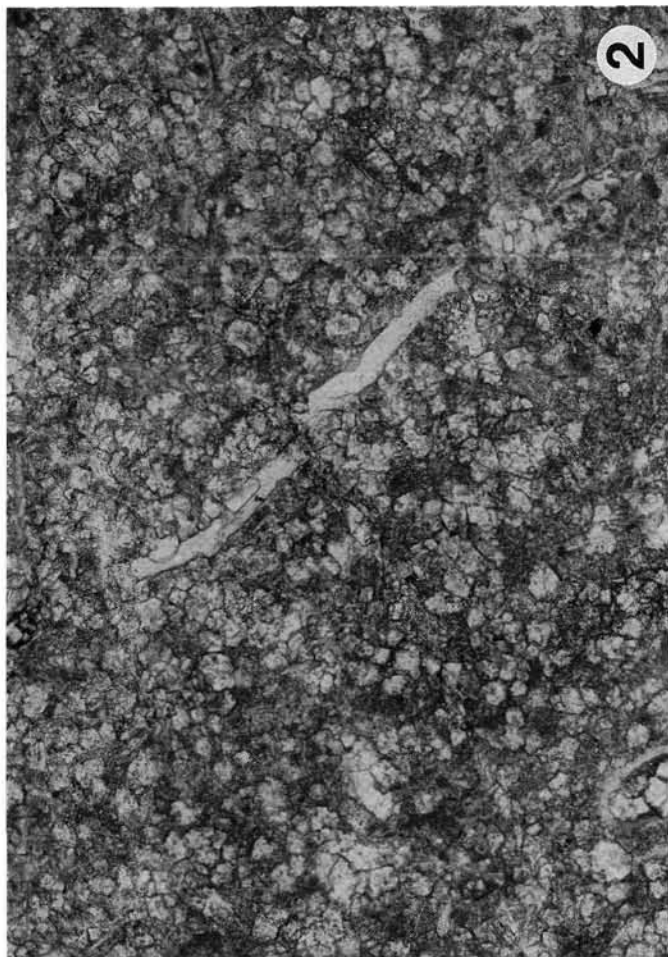
Fig. 3: **Youngest layer of the Pragian.**

Note the first reef detritus within the micritic beds. This stratum is overlain by a reef debris breccia already assigned to the Emsian stage.

Thin-section 64, Lower Kellerwand, youngest Pragian, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 4: **Finely grained bioturbated and later dolomitized Emsian layer of the Kellerwand Limestone.**

Thin-section 12, Lower Kellerwand, *serotinus* Zone, enlargement: $\times 3,7$.



Tafel 19

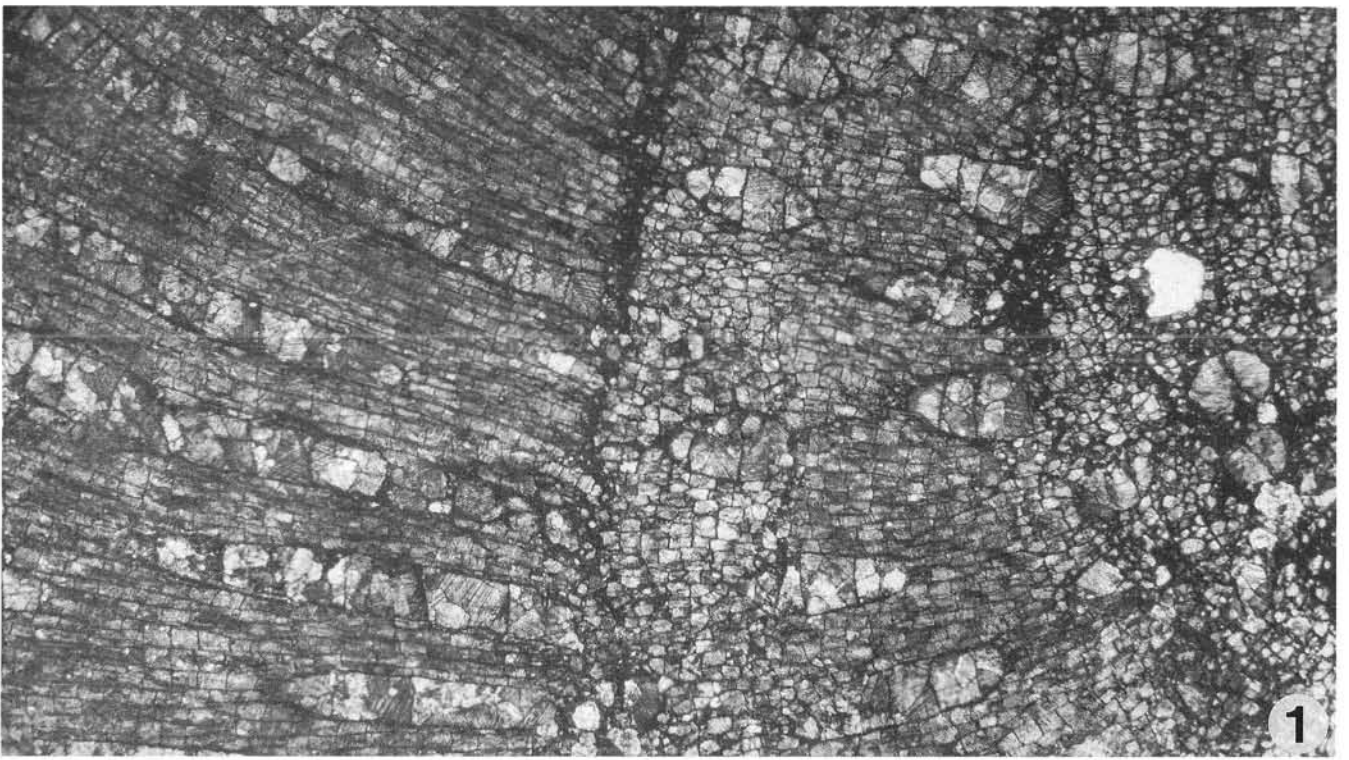
Vinz-Kalk I: Korallen (Ems)

Plate 19

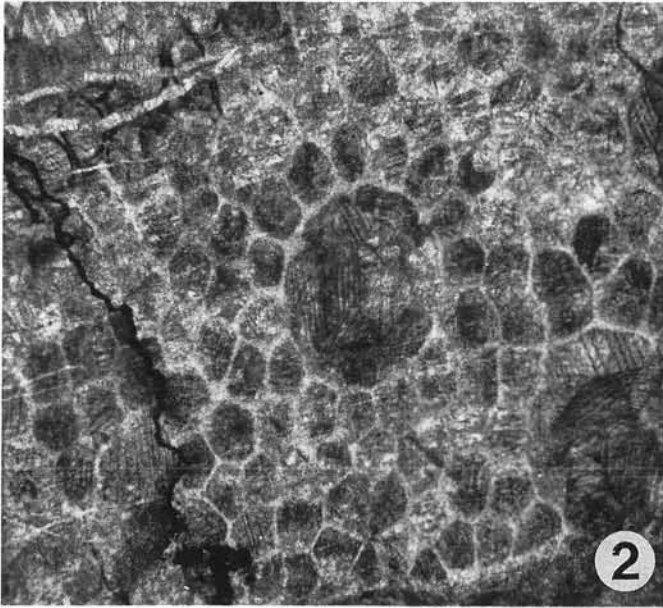
Vinz Limestone I: Corals (Emsian)

- Fig. 1: ***Heliolites* sp., Längsschnitt.**
Schliff 29, Untere Kellerwand, Ems, Vergrößerung: ×5,2.
- Fig. 2: ***H. Heliolites porosus* GOLDFUSS, Querschnitt.**
Schliff Ems 1, Untere Kellerwand, Ems, Vergrößerung: ×9.
- Fig. 3: ***Tabulophyllum* sp., Querschnitt.**
Schliff Ems 2, Untere Kellerwand, Ems, Vergrößerung: ×6,6.
- Fig. 4: ***H. Heliolites porosus* GOLDFUSS, Längsschnitt.**
Schliff 45b, Untere Kellerwand, Ems, Vergrößerung: ×3,5.
- Fig. 5: ***Favosites* cf. *gregalis* PORFIRIEV.**
Schliff S1, Untere Kellerwand, Ems, Vergrößerung: ×5.

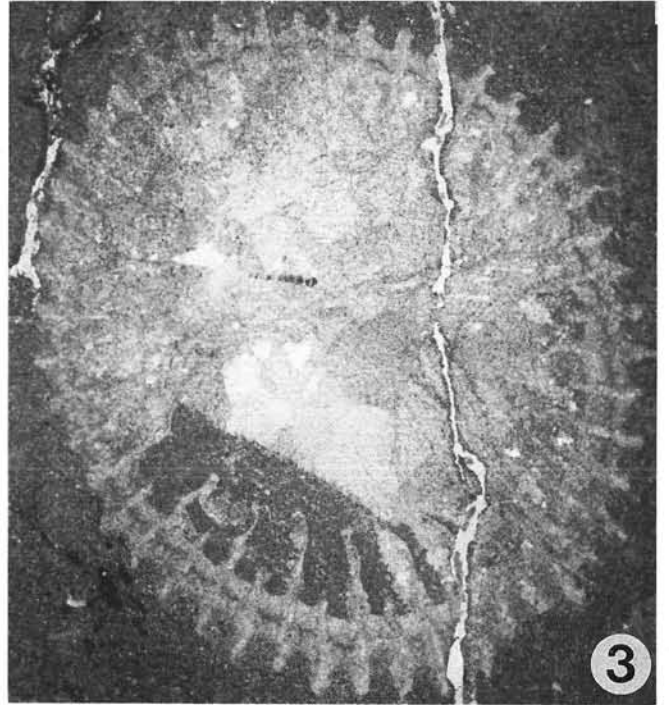
- Fig. 1: ***Heliolites* sp., longitudinal section.**
Thin-section 29, Lower Kellerwand, Emsian, enlargement: ×5,2.
- Fig. 2: ***Heliolites porosus* GOLDFUSS, cross-section.**
Thin-section Ems1, Lower Kellerwand, Emsian, enlargement: ×9.
- Fig. 3: ***Tabulophyllum* sp., cross-section.**
Thin-section Ems2, Lower Kellerwand, Emsian, enlargement: ×6,6.
- Fig. 4: ***Heliolites porosus* GOLDFUSS, longitudinal section.**
Thin-section 45b, Lower Kellerwand, Emsian, enlargement: ×3,5.
- Fig. 5: ***Favosites* cf. *gregalis* PORFIRIEV.**
Thin-section S1, Untere Kellerwand, Emsian, enlargement: ×5.



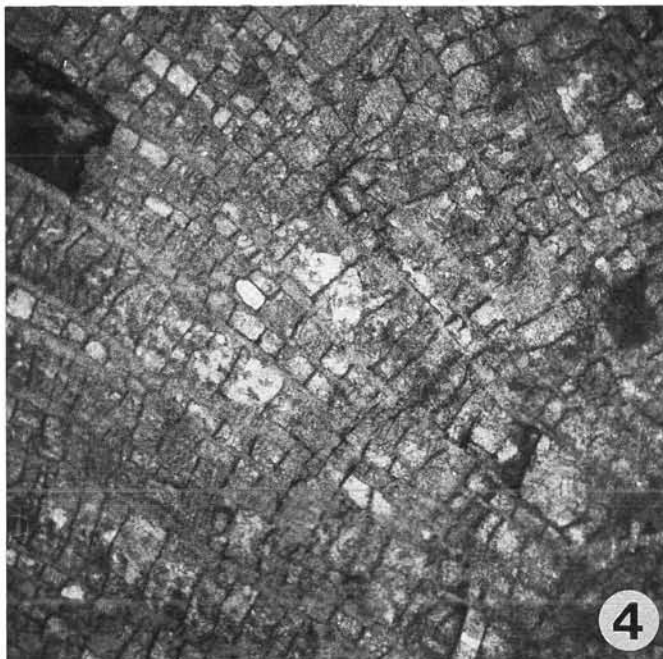
1



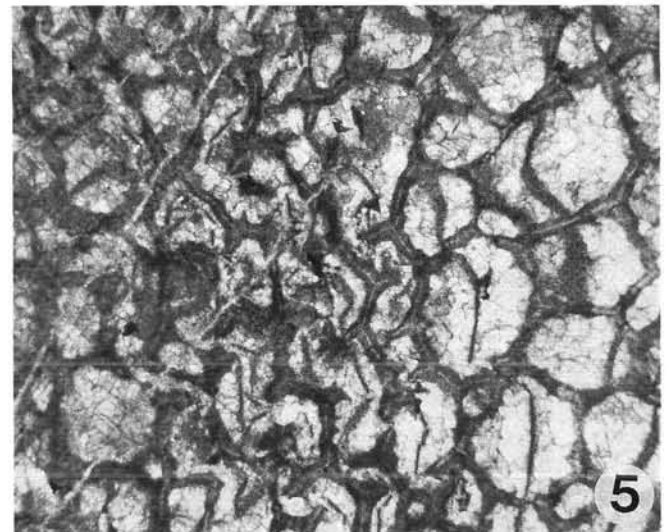
2



3



4



5

Fig. 1: **Rindenkorn-grainstone.**

Die Rindenkörner stammen aus dem Rückriff-Bereich und sind Ausdruck textueller Inversion. Diese Lagen treten episodisch in den Vorriff-Kalken der Kellerwände und des Cellons auf, die hauptsächlich aus feinkörnigeren Peloidkalken (Fig. 2 und Fig. 4) bestehen. Im unteren Bildteil ist eine Amphipore mit einem dünnen Mikritsaum (micrite envelope) zu erkennen, die ebenfalls eingeschwemmt wurde.

Schliff 345, Eiskarkopf-Westwand, Ems, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 2: **Peloid-grainstone, der schichtparallel von einer Mikrokarst-Zone durchzogen wird.**

Schliff 354, Eiskarkopf-Westwand, Ems, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Rindenkorn-grainstone.**

Die Mikritisierung der Rindenkörner ist so weit fortgeschritten, daß ihre Ursprungsbestandteile nur zu erahnen sind. Nahe dem rechten Bildrand liegt ein kreisrunder Querschnitt einer Dasycladacee (Pfeil), darunter ein Rindenkorn, das aus einem Echinodermenrest entstanden ist, diagonal links davon zwei Onkoide. Es handelt sich um verfrachtetes Material einer detritischen Schicht im Vorriff, das aus dem Bereich hinter dem Riff stammt.

Schliff 343, Eiskarkopf-Westwand, Ems, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 4: **Längsschnitt durch einen Goniatiten in einem bioklastischen Wackestone aus dem Vorriff.**

Im Gehäuse des Individuums konnten sich in den einzelnen Kammern „fossile Wasserwaagen“ bilden. Weiterhin enthält das Gestein Dacryoconariden, die allerdings nur an sehr kleinen Anschnitten – kreisrund bis oval – zu erkennen sind. Eine diagonal zur Schichtung ausgebildete Styloolithenbahn durchzieht das Gestein. Auf dieser Lösungsbahn haben sich Tonhäutchen gebildet, die gemeinsam mit den schichtparallelen Bahnen makroskopisch zu einer Flaserung führen. Durch die Lösungsbahn wurde die Schale teilweise aufgelöst (linker Bildrand).

Schliff 115, Cellon-Rinne, Ems, Vergrößerung: $\times 12$.

Fig. 1: **Coated-grain lime grainstone.**

Coated grains of the back-reef area represent textural inversion in the fore-reef area. These layers were deposited episodically in the fore-reef layers of Kellerwand and Cellon which are composed mainly of fine grained peloid limestones (Fig. 2/4). In the lower part of the photomicrograph a redeposited *Amphipora* with a micrite envelope occurs.

Thin-section 345, Eiskarkopf-Westwand, Emsian, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 2: **Peloid-grainstone separated by a microkarst zone.**

Thin-section 354, Eiskarkopf-Westwand, Emsian, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Coated-grain lime grainstone.**

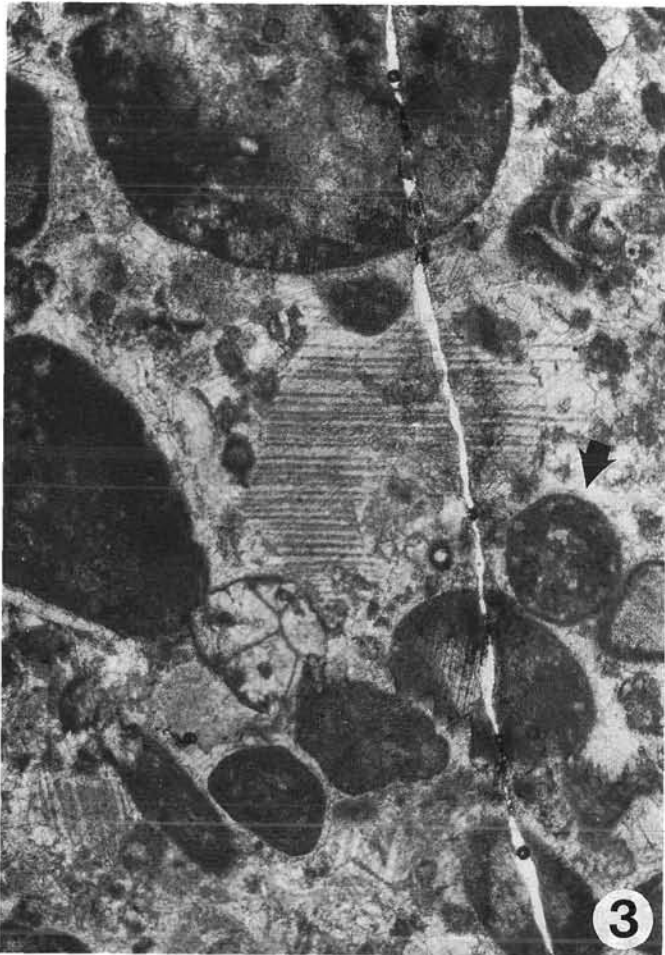
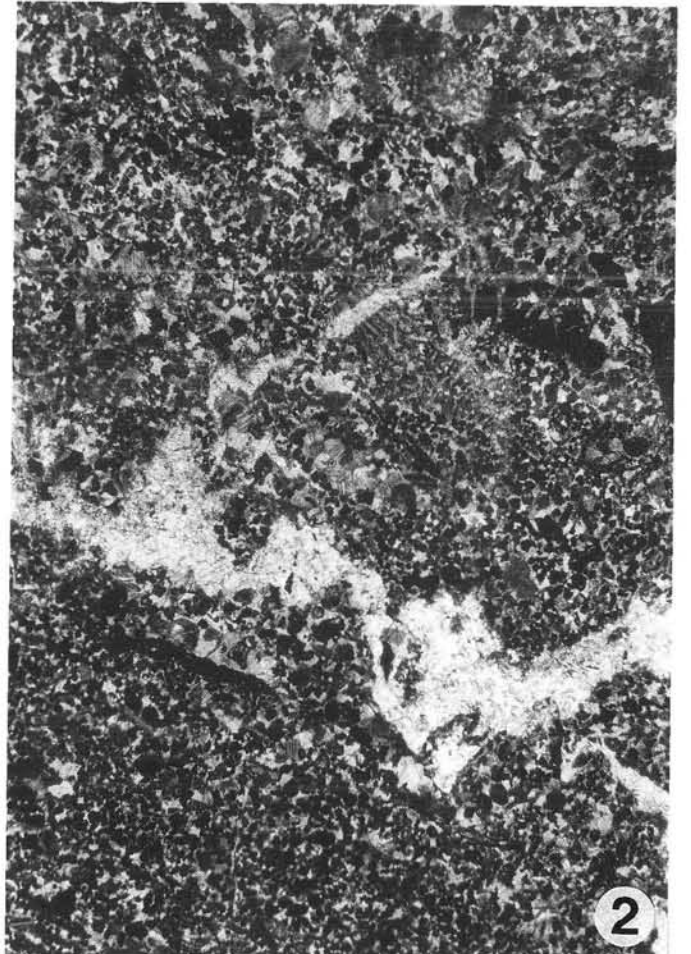
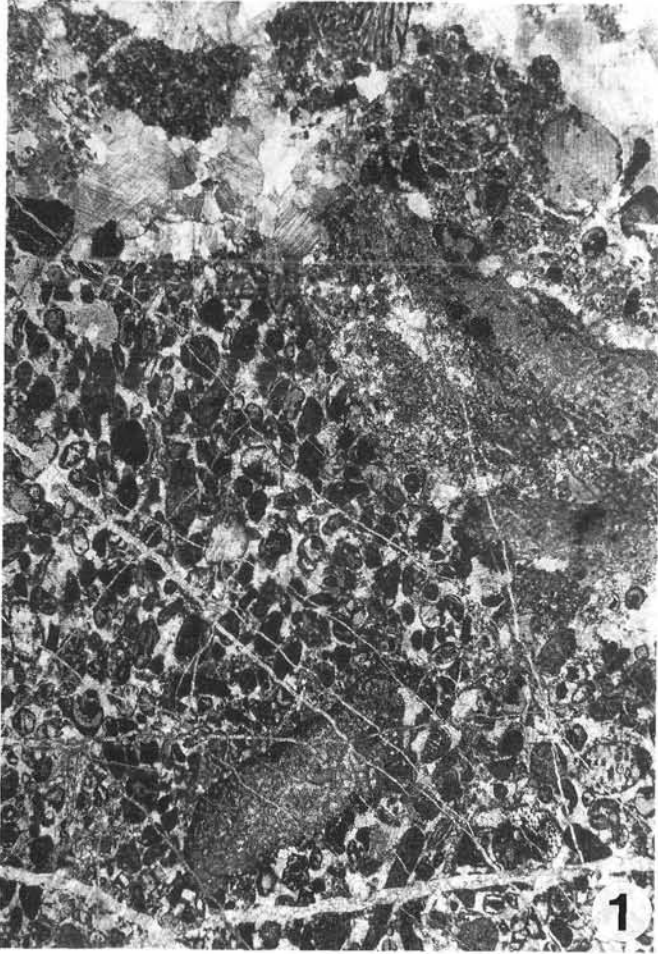
Micritization of the coated grains is advanced so far that the original grain structure is obscured. Near the right margin a cross-section of a dasycladacean algae (arrow) is perceptible, below are a coated echinoderm grain and two oncooids. All grains were transported as debris from the back-reef to the fore-reef area.

Thin-section 343, Eiskarkopf-Westwand, Emsian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 4: **Longitudinal-section of a goniatite interbedded in a bioclastic wackestone from the fore-reef area.**

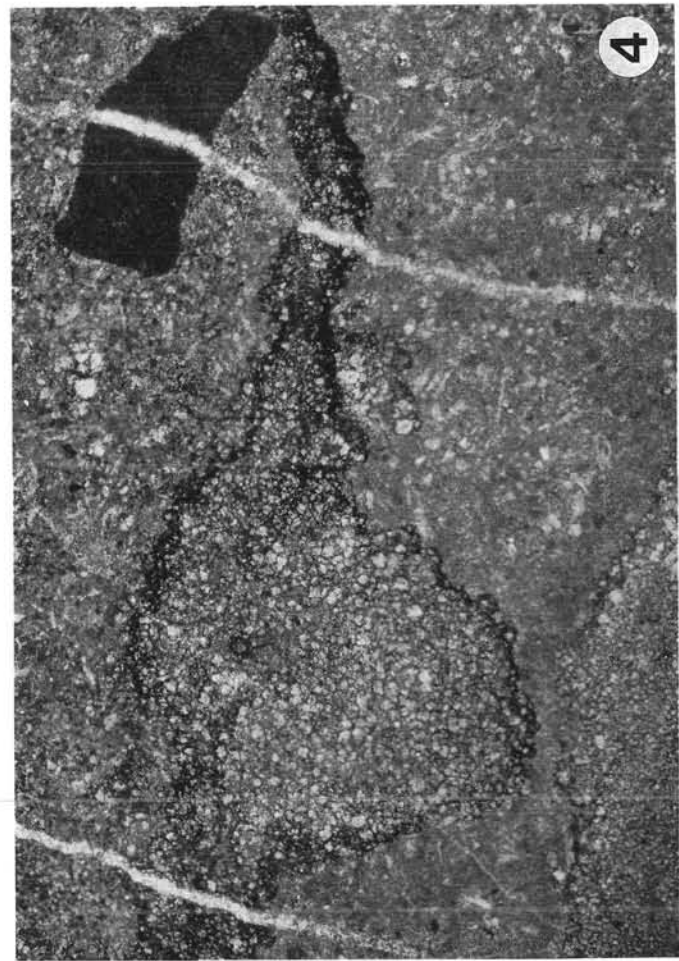
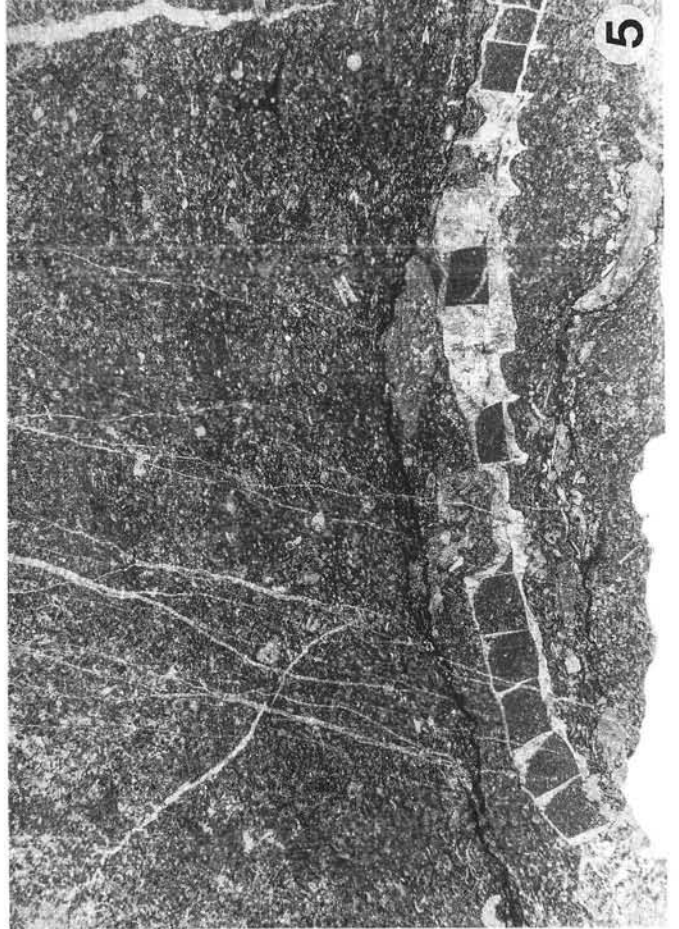
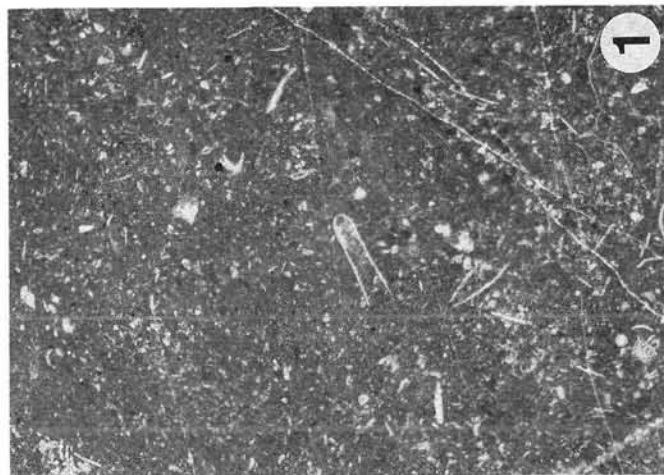
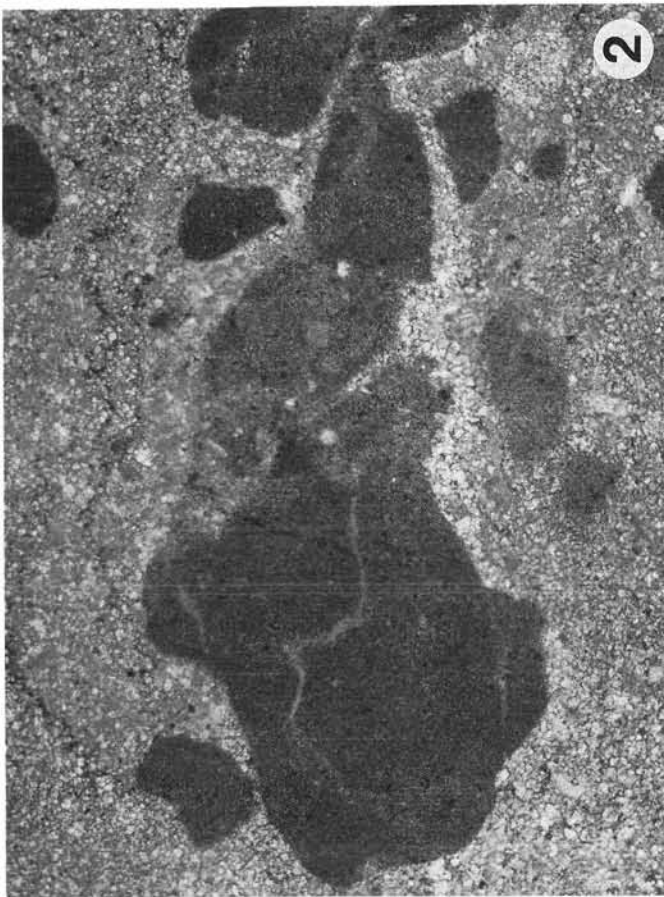
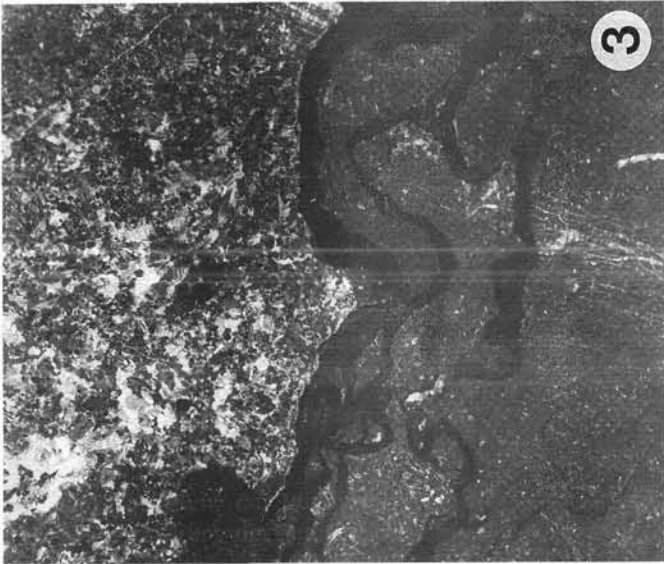
Inside the conch of the individual a "fossil spirit level" came into being. On the other hand the limestone shows dacryoconarids (tentaculites) recognizable by very small circles or oval sections. On top of the solution plane, diagonal to stratum, dark clayish material was enriched and formed together with stratum-parallel solution planes a phacoidal fabric. At the left margin the conch was partly disturbed by solution.

Thin-section 115, Cellon-Rinne, Emsian, enlargement: $\times 12$.



- Fig. 1: **Dacryconaridenschnitte in einem bioklastischen wackestone bezeugen den pelagischen Einfluß im Vorriff-Areal.**
Schliff 104, Cellon-Rinne, Ems, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 2: **Lithoklasten in einem Aufarbeitungshorizont.**
Die hellere, ursprünglich mikritische Matrix ist wegen spätdiagenetischer Dolomitierung nur noch in Relikt-Arealen zu erkennen (siehe Fig. 4). Die Klasten stammen aus der liegenden Schicht.
Schliff 15, Untere Eiskarkopf-Nordwand, Ems, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 3: **Über einer feinkörnigen Schicht (mud-/wackestone) folgte eine Schüttung von größerem Material, das hauptsächlich aus Peloiden und Echinodermentfragmenten besteht (pack-/grainstone).**
Bei der Diagenese wurde diese natürliche Trennfläche zur Anlage einer Schar von Lösungsbahnen genutzt. Die Dicke der angereicherten Tonhäute ist durch das Zusammenwachsen von Stylolithenbahnen zu erklären, wodurch die typisch scharfkonturierte Form und die Gesamt-Amplitude der Vertikalstylolithen nicht mehr nachzuvollziehen sind. Es muß angenommen werden, daß die Menge des gelösten Kalkes beträchtlich ist.
Schliff 106, Cellon-Rinne, Ems, Vergrößerung: $\times 5,2$.
- Fig. 4: **Selektive spätdiagenetische Dolomitierung in derselben Lithoklastlage, die in Fig. 2 dargestellt ist.**
Das nur noch schemenhaft erkennbare ursprüngliche Gefüge zeigt einen bioklastischen wackestone; im Zentrum ist die Bildung eines Dolomit-Mosaikgefüges bereits weit fortgeschritten, was dafür spricht, daß zwischen den rechts und links zusammenlaufenden Lösungsbahnen magnesiumreiche Wässer zirkulieren konnten.
Schliff 15, Abflussschlucht Untere Eiskarkopf-Nordwand, Ems, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 5: **Bioklastischer wackestone mit Dacryconaridenschnitten, Echinodermentfragmenten und dem Rest einer tabulaten Korallenkolonie, an deren Unterseite noch Fortsetzungen von zerbrochenen Korallitenwänden vorhanden sind.**
Schliff 96, Untere Kellerwand, *patulus*-Zone, Vergrößerung: $\times 4,5$.

- Fig. 1: **Dacryconaridal sections in a bioclastic wackestone testifying pelagic influence in the fore-reef region.**
Thin-section 104, Cellon-Rinne, Emsian, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 2: **Lithoclasts in a reworked layer.**
Caused by late diagenetic dolomitization the light original micritic matrix is only recognizable in relic areas (Fig. 4). The clasts are descending from the underlying bed.
Thin-section 15, Lower Eiskarkopf-Nordwand, Emsian, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 3: **A finely grained layer (mud-/wackestone) is succeeded by more coarse-grained material mainly composed of peloids and echinoderm fragments.**
During diagenesis this bedding plane was used to act as a set of solution planes. The thickness of the enriched clay parting suggests origination of several solution planes and obscures the typical exact outline form and the total amplitude of the vertical stylolites. A considerable amount of limestone may have been solved by this process.
Thin-section 106, Cellon-Rinne, Emsian, enlargement: $\times 5,2$.
- Fig. 4: **Late diagenetic selective dolomitization in the same lithoclast layer as shown in Fig. 2.**
The only faintly recognizable original fabric shows a bioclastic wackestone; in the centre formation of dolomite mosaic texture can be observed suggesting a circulation of magnesium-rich water between both solution planes which converge at right and left margin.
Thin-section 15, Abflussschlucht Lower Eiskarkopf-Nordwand, Emsian, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 5: **Bioclastic wackestone with dacryconarids, echinoderm fragments and a fragment of a tabulate coral colony the lower side of which shows continuations of the broken walls of coralites.**
Thin-section 96, Lower Kellerwand, *patulus* Zone, enlargement: $\times 4,5$.



Cellon-Kalk (Mitteldevon)

Cellon Limestone (Middle Devonian)

Fig. 1: **Riffschutt aus dem Eifel am Eiskarkopf (grainstone).**

Neben Peloiden und Echinodermenschutt finden sich vor allem Korallenfragmente. Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß in dieser Schicht so gut wie keine Komponenten umrindet sind.

Schliff 319, Eiskarkopf-Westwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 2: **Aufarbeitungslage mit scharfkantigem Echinodermenschutt, der nicht weit transportiert worden ist.**

Schliff 62, Eiskarkopf-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Gradierte Schichtung im Peloid-grainstone.**

Plötzlich erhöhte Wasserenergie führte zur Ablagerung von größeren Peloiden über feinkörnigen, wodurch eine scharfe Trennlinie entstanden ist. Nach oben hin nimmt die Korngröße kontinuierlich wieder mit fallender Wasserenergie ab.

Schliff 401, Cellon-Rinne, Eifel, Vergrößerung: $\times 9,7$.

Fig. 4: **Typische Riffschuttbreccie mit Stromatoporen-, Korallen- und Echinodermens-fragmenten.**

Schliff 337, Eiskarkopf-Westwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 4,4$.

Fig. 5: **Peloid-grainstone mit Parathuramminiden.**

Archaeosphaera sp., *Bisphaera* sp. und *Parathuramina* cf. *dagmarae* wurden in diesen Schichten identifiziert.

Schliff 323, Eiskarkopf-Westwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Reef debris from the Eifelian at Eiskarkopf (grainstone).**

The main components are peloids, echinoderm and coral fragments. Remarkably, in this layer no micritic envelopes occur.

Thin-section 319, Eiskarkopf-Westwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **Reworked layer with sharp-edged and not far transported echinoderm debris.**

Thin-section 62, Eiskarkopf-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Graded bedding in a peloid lime grainstone.**

Due to suddenly raised water energy coarse-grained peloids were deposited above finely grained ones. Note the sharp boundary caused by different grain sizes. Gradually the sizes decrease upwards.

Thin-section 401, Cellon-Rinne, Eifelian, enlargement: $\times 9,7$.

Fig. 4: **Typical reef debris breccia with stromatoporoid, coral and echinodermal fragments.**

Thin-section 337, Eiskarkopf-Westwand, Eifelian, enlargement: $\times 4,4$.

Fig. 5: **A peloid lime grainstone with parathuramminidae.**

Archaeosphaera sp., *Bisphaera* sp. and *Parathuramina* cf. *dagmarae* were identified in these layers.

Thin-section 323, Eiskarkopf-Westwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

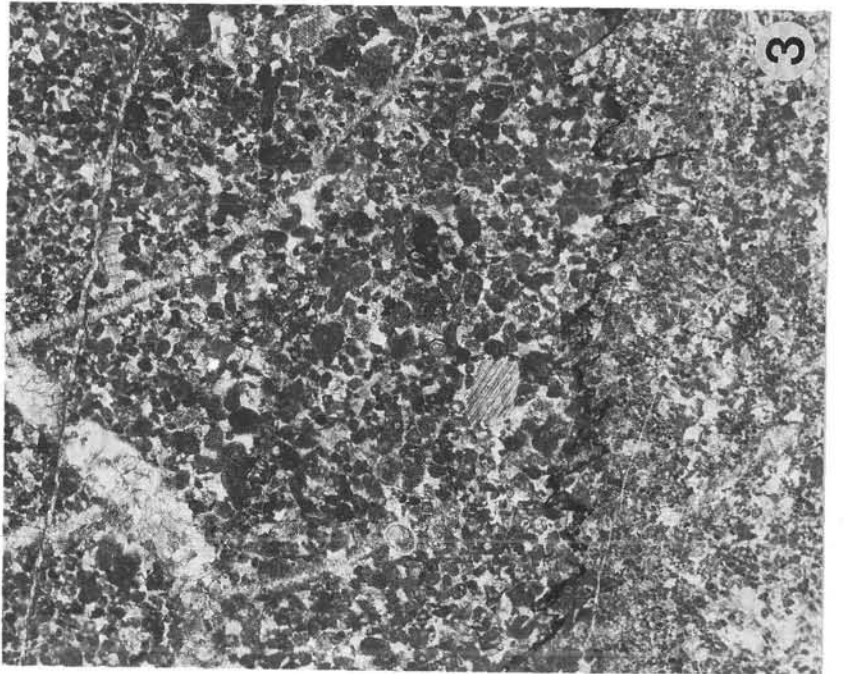
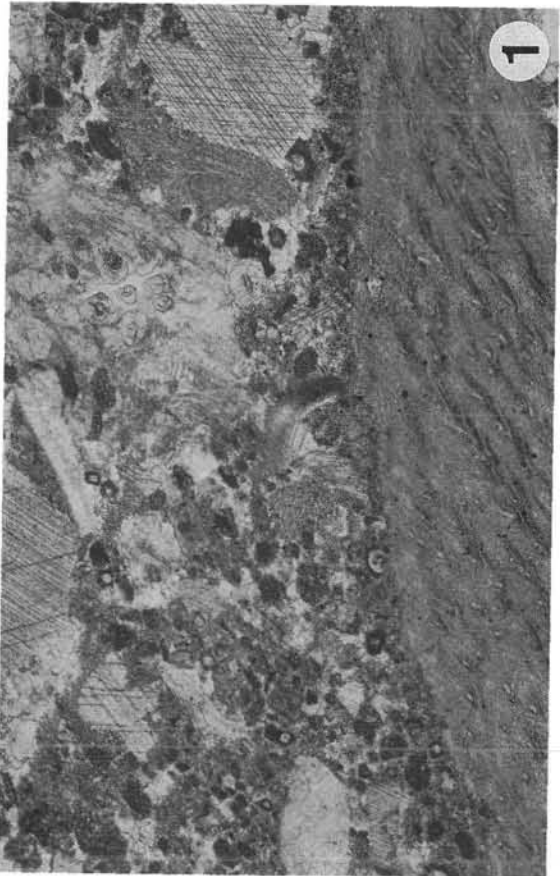
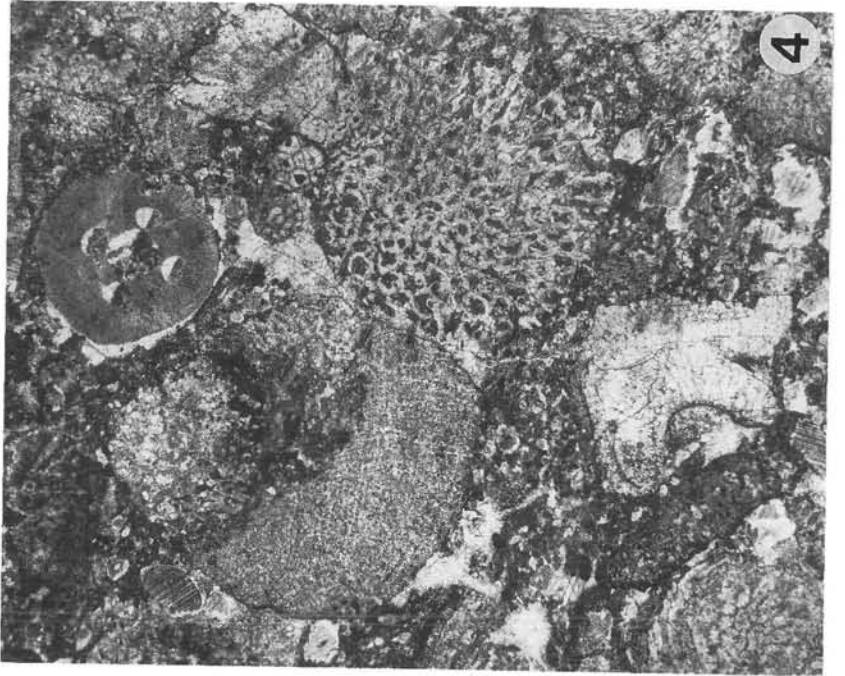
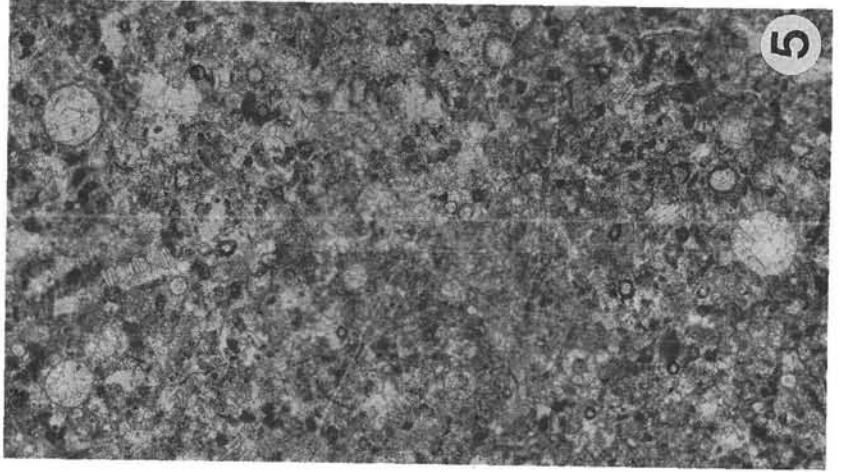


Fig. 1: **Dacryoconaridenkalk (Tentakuliten-wackestone).**

Unterschiedliche Schnittlagen lassen sowohl Exemplare mit glatten als auch solche mit welligen Außenwänden erkennen. Die weitaus meisten Gehäuse zeigen einen nahezu kreisrunden oder leicht ovalen Anschnitt, was den Schluß zuläßt, daß sich die Längsachsen der einzelnen Röhren strömungsparallel orientiert haben; demnach kam die Strömung auf den Betrachter zu.
Schliff Schö80/89, Oberbuchach II, *dehiscens*-Zone, Vergrößerung: ×13.5.

Fig. 2: **Anhäufung von Dacryoconariden-Röhren in bevorzugter Ausrichtung senkrecht zur Schnittebene (Tentakuliten-wackestone).**

Schliff Schö82/80+120, Oberbuchach II, Prag, Vergrößerung: ×23.

Fig. 3: **Geflaserter Dacryoconaridenkalk (linker Bildrand ist die Oberseite).**

Die Tonhäute auf den Lösungsbahnen durchziehen in engen Abständen das Gestein, dessen Ursprungstextur durch die Drucklösung stark angegriffen worden ist. Neben den Dacryoconariden bilden wenige Ostracoden und Echinodermenfragmente den Biogenanteil am Gestein.
Schliff Schö80/78, Oberbuchach II, Prag, Vergrößerung: ×7,5.

Fig. 1: **Dacryoconarid limestone (tentaculite lime wackestone) composed of smooth tubes and those with well developed rings.**

Most shells are circular or oblique in section indicating that the longitudinal axis of the specimens were oriented parallel to water current perpendicular to the cutting plane.
Thin-section Schö80/89, Oberbuchach II, *dehiscens* Zone, enlargement: ×13.5.

Fig. 2: **Accumulation of dacryoconarid shells showing preferred orientation perpendicular to cutting (tentaculite lime wackestone).**

Thin-section Schö82/80+120, Oberbuchach II, Pragian, enlargement: ×23.

Fig. 3: **Dacryoconarid bearing Flaser limestone (left margin is the top).**

The clay partings transect the limestone in short distances obliterating the original texture due to pressure solution. Besides dacryoconarids also ostracods and few echinodermal fragments are common.
Thin-section Schö80/78/, Oberbuchach II, Pragian, enlargement: ×7,5.

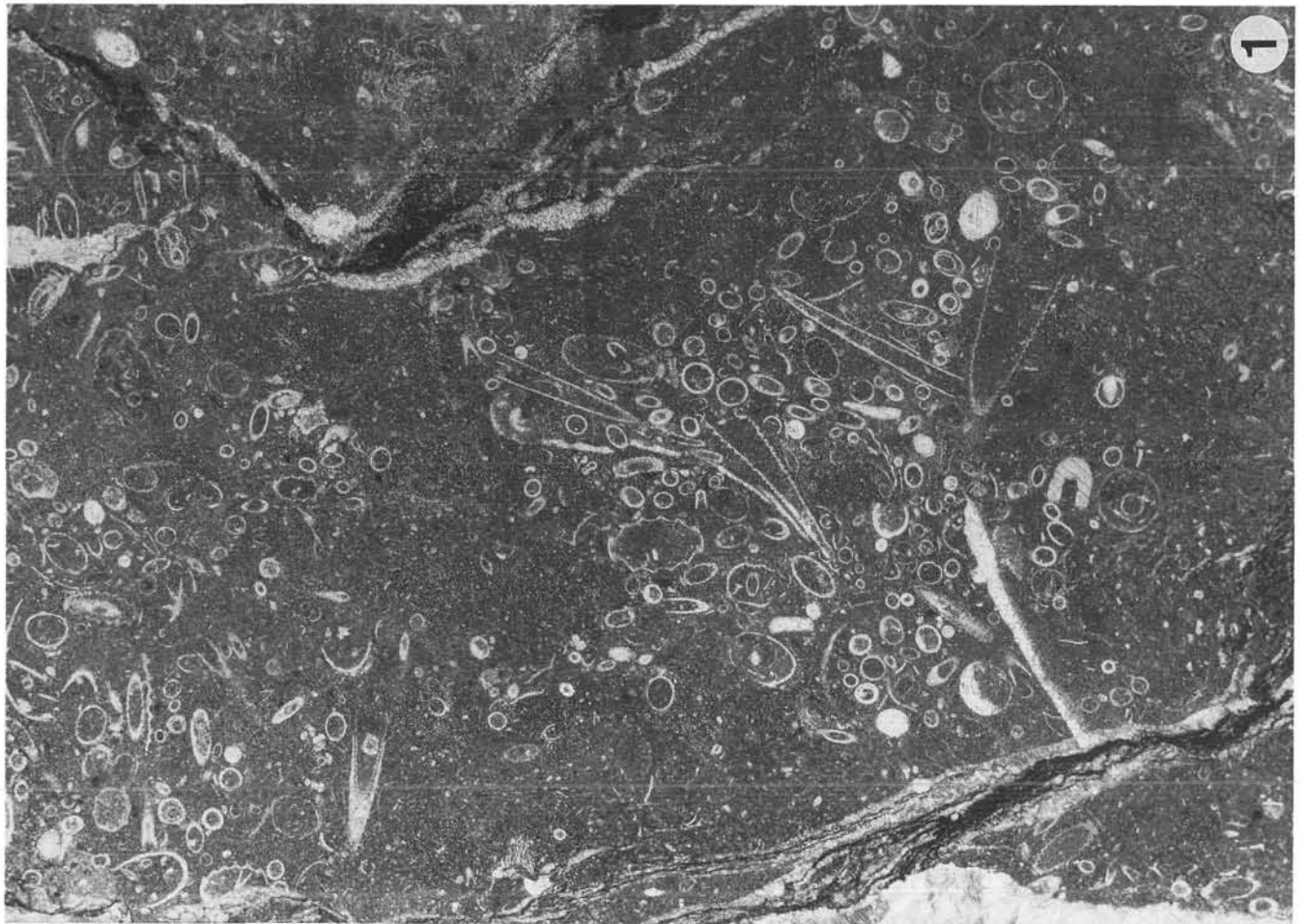
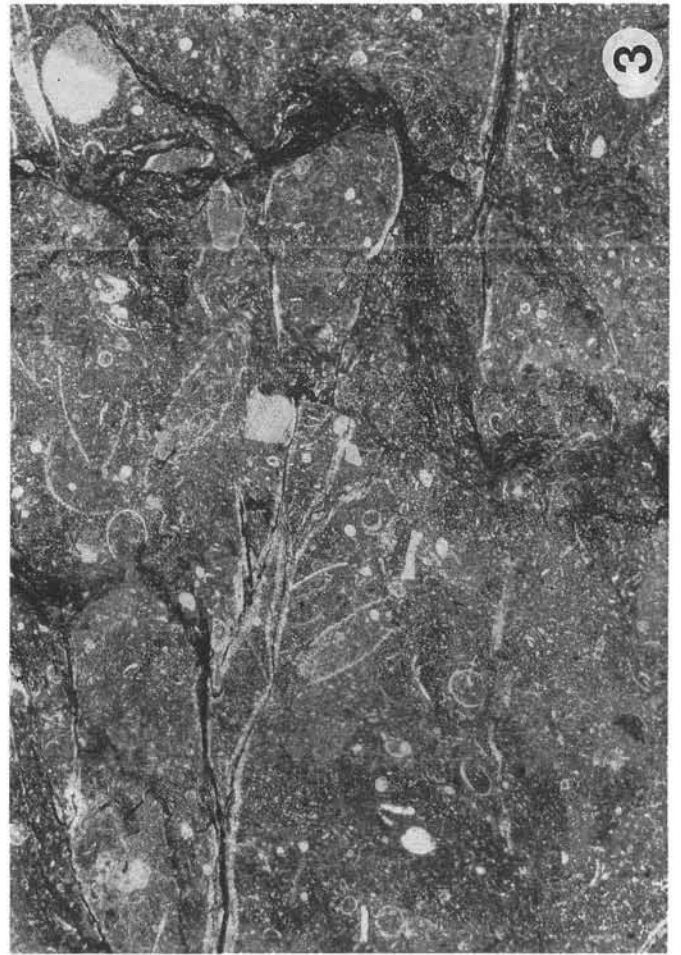
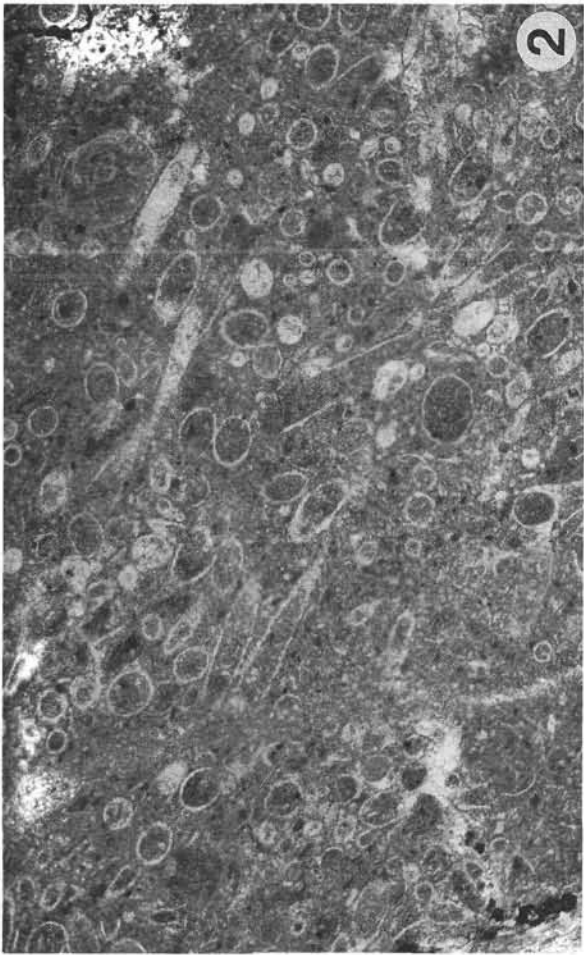


Fig. 1: **Rindenkorn-grainstone aus dem Rückriff.**

Die meisten Rindenkörner sind nahezu vollständig mikritisiert, sodaß ihre Ausgangskomponenten unmöglich zu identifizieren sind. Die einzigen gut erkennbaren ursprünglichen Komponenten bestehen aus Echinodermenschutt (s. Taf. 26/Fig. 1).

Schliff 40, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 7,3$.

Fig. 2: **Vergrößerung des Bildteiles unten rechts aus Fig. 1.**

Rindenkörner wurden an einer Mikrokluff zerbrochen und versetzt.

Schliff 40, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Aggregatkörner und nahezu vollständig mikritisierte Rindenkörner gemeinsam mit umrindeten (unten) und nicht umrindeten (Mitte und oben) Echinodermfragmenten (grainstone).**

Für die nicht umrindeten Echinodermfragmente wird ein anderes Liefergebiet angenommen, in dem bohrende Organismen keine Rolle gespielt haben.

Schliff k1, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Coated-grain lime grainstone of the back-reef region.**

Most grains are completely micritized so that their original structure is not recognizable. The only identifiable grains are echinodermal fragments (Pl. 26/Fig. 1).

Thin-section 40, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 7,3$.

Fig. 2: **Magnification of the lower right part of Fig. 1.**

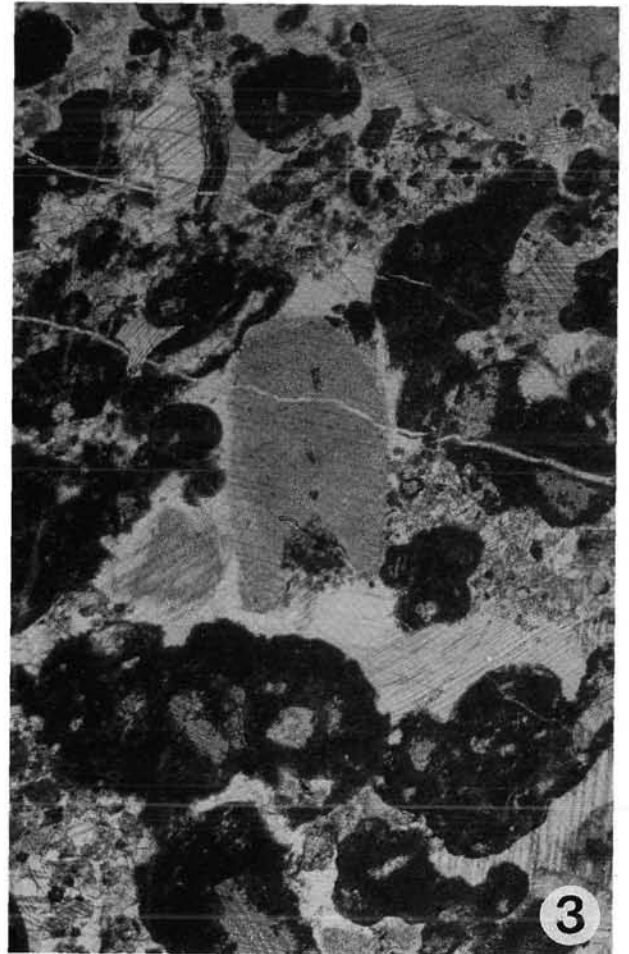
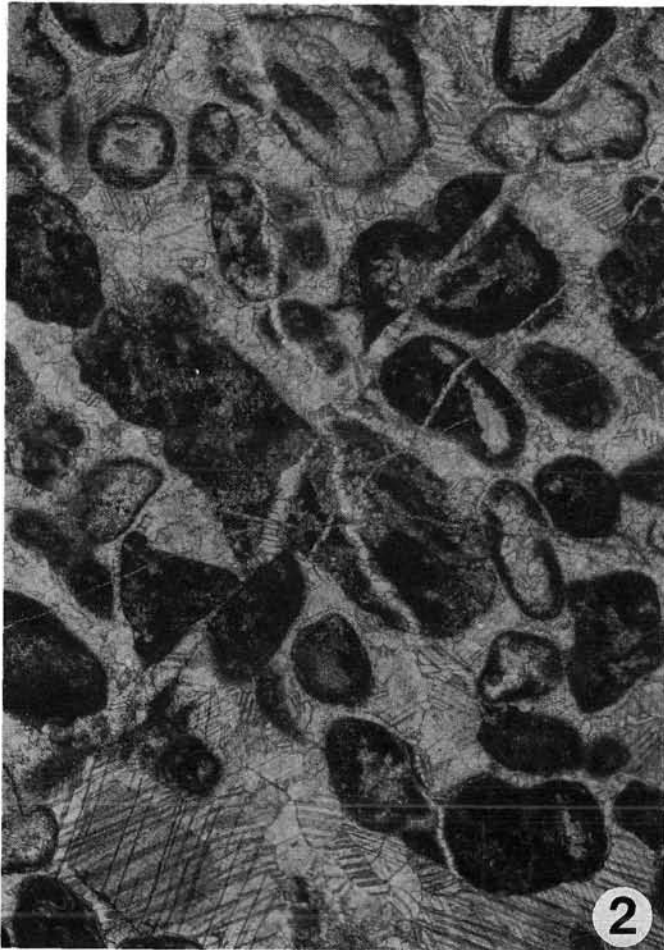
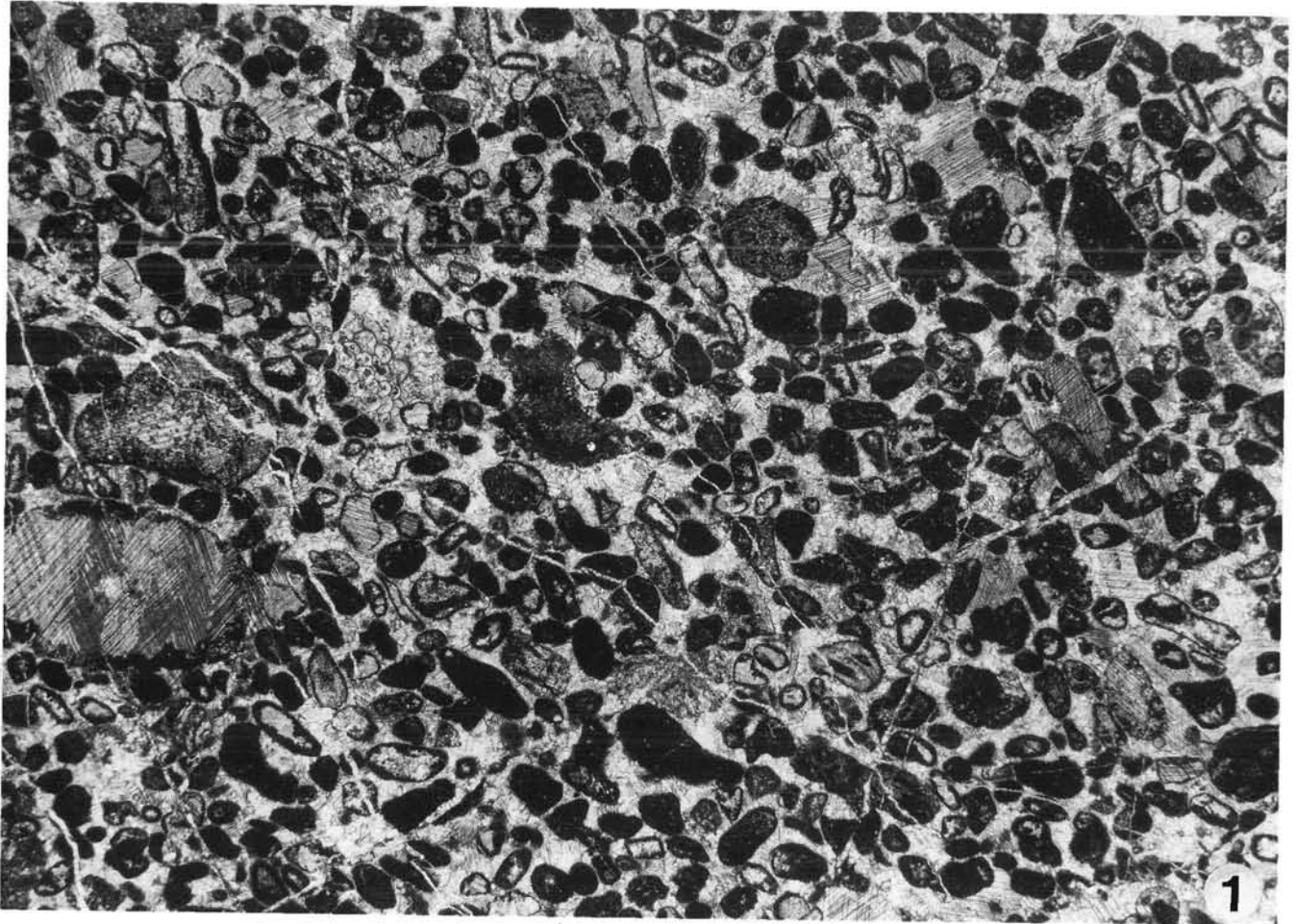
Coated grains were broken and displaced by a microcleavage.

Thin-section 40, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **Aggregate grains and almost totally micritized coated grains together with coated (below) and not coated (central and above) echinoderm fragments.**

Supposedly, the uncoated echinoderms were derived from another source area in which boring organisms were less important.

Thin-section K1, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.



Eiskar-Kalk II (jüngeres Ems–Givet)

Fig. 1: **Angebohrtes Echinodermenfragment.**

Die gute Rundung des Kornes zeugt von einer hohen Wasserenergie, dem das Fragment ausgesetzt war. Aus der deutlich sichtbaren Mikritrinde ragen an einigen Stellen Bohrkanäle tiefer in den Echinodermeneinkristall hinein.
Schliff 39, Obere Kellerwand, jüngeres Ems, Vergrößerung: $\times 92$.

Fig. 2: **Querschnitt durch ein Gastropodengehäuse.**

Die ursprüngliche Schalensubstanz ist aufgelöst und durch neomorphen Sparit ersetzt worden. Im unteren Teil hat sich Sediment angesammelt, während der obere Gehäuseteil leer blieb, sodaß sich hier ein Geopetalgefüge entwickeln konnte. Die Grundmasse besteht aus dem für das Rückriff typischen Rindenkornsediment.
Schliff 44, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Längsschnitt durch eine Dasycladacee (siehe auch Fig. 4).**

Die Alge ist von zahlreichen Rindenkörnern unterschiedlich starker Anbohrung umgeben und zeigt einen Mikritsaum (micrite envelope). Die Packungsdichte ist aufgrund hoher Wasserenergie locker, wodurch es im Schnitt so scheint, als würden sich die meisten Komponenten nicht berühren (was natürlich im Raumgefüge nicht der Fall sein kann, weil sie sich nach der Sedimentation gegenseitig abstützen mußten).
Schliff 40, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 4: **Querschnitt durch eine Dasycladacee.**

Die Konturen sind diagenetisch schon so stark verwischt, daß die Alge nicht mehr bestimmbar ist. Dasycladaceen sind typisch für das Mitteldevon der Kellerwände und beschreiben ein Milieu mit gut durchlichtetem und durchlüftetem Flachwasser hinter dem Riff.
Schliff 1, Obere Kellerwände, Eifel, Vergrößerung: $\times 46$.

Eiskar Limestone II (younger Emsian–Givetian)

Fig. 1: **Bored echinoderm fragment.**

The well rounded shape of the grain reflects a high water energy. Note distinct dark micrite envelope with boring canals penetrating the echinodermal crystal.
Thin-section 39, Upper Kellerwand, younger Emsian, enlargement: $\times 92$.

Fig. 2: **Cross-section of a gastropod conch.**

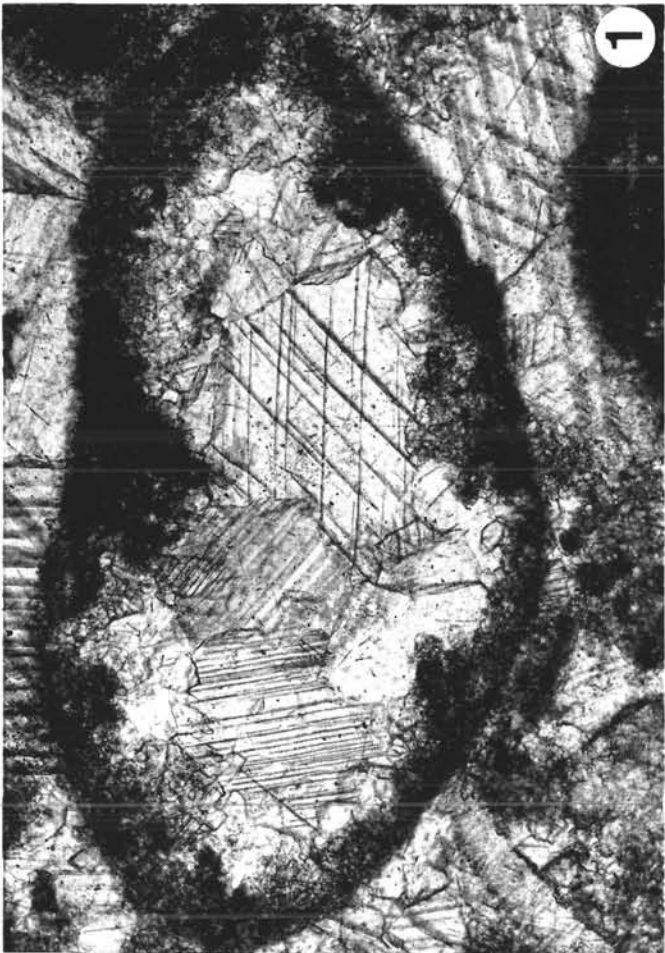
The original material of the shell was dissolved and substituted by neomorphic sparite. At the base sediment was deposited while the upper part stayed empty to produce geopetal fabric. The groundmass is composed of coated grains typical for the back-reef area.
Thin-section 44, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Longitudinal section of a dasycladacean algae (coated-grain lime grainstone; Fig. 4).**

The specimen is surrounded by many coated and aggregate grains and shows a micrite envelope. The packing density is loose caused by high water energy suggesting no support (but in reality the components have to support each other).
Thin-section 40, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 4: **Cross-section of a dasycladacean algae.**

Due to diagenesis the contours are not clearly perceptible and hence, the algae cannot be determined. Dasycladacean algae are typical for the Middle Devonian of Kellerwand area and represent an environment with well lighted and agitated shallow water of the back-reef region.
Thin-section 1, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 46$.



Eiskar-Kalk III (jüngeres Ems–Givet)

Eiskar Limestone III (younger Emsian–Givetian)

Fig. 1: **Vergrößerung aus Taf. 24/Fig. 1, links unten: Echinodermenfragment als Beispiel für relative Resistenz gegen Anbohrungen.**

Während alle restlichen Komponenten, die nicht aus Echinodermen hervorgegangen sind, nahezu vollständig bis vollständig mikritisiert worden sind, hat der Einkristall seine ursprüngliche Struktur weitgehend beibehalten (wobei natürlich auch seine Größe eine wichtige Rolle gespielt hat). Einzelne Bohrkanäle sind zu erkennen. Bei den kleinen nahezu vollständig mikritisierten Körnern ist es oft schwierig zu entscheiden, ob sie eine Onkoidrinde besitzen oder nicht.

Schliff 40, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 2: **Das Schloß eines *Stringocephalus burtini* im Rindenkornkalk der Kellerwände.**

Die Stringocephalenlage zieht sich durch die gesamte Kellerwanddecke und dient als hervorragende Leitschicht für das Givet kurz unterhalb der Kellergrat-Riffkalke.

Schliff 501, Obere Kellerwand, Givet, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Rindenkorn-grainstone.**

Im Zentrum ist ein Aggregatkorn angeschnitten, das aus mehreren sehr kleinen Oncoiden zusammengebacken wurde. Darüber befindet sich ein kreisrundes Rindenkorn, das aus einem Einfachoid hervorgegangen ist. An seinem Beispiel lassen sich die einzelnen Bohrkanäle deutlich ausmachen. Im rechten Bildteil wurden Rindenkörner in verschiedenen Höhen angeschnitten, sodaß die unregelmäßig verteilten Eindringtiefen der Bohrungen ein diffuses Muster ergeben.

Schliff 40, Obere Kellerwand, Givet, Vergrößerung: $\times 46$.

Fig. 4: ***Vermipora* sp., eine Bryozoe, inmitten eines Rindenkorn-grainstones.**

Schliff 40, Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Magnification of Pl. 24/Fig. 1, left margin: echinoderm fragment as an example of resistance against boring activities.**

All grains except echinoderms are nearly completely micritized. Echinoderm fragments often display their original monocrystal structure depending strongly on the grain size. Some borings are well perceptible. It is difficult to decide whether the small dark grains (surrounding the echinoderm fragment) have an oncoïd layer or not.

Thin-section 40, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **The hinge of *Stringocephalus burtini* embedded in coated grain limestone of the Kellerwand area.**

This layer can be found in the whole Kellerwand nappe and represents a first class Givetian marker level shortly below the Kellergrat Reef Limestone.

Thin-section 501, Upper Kellerwand, Givetian, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 3: **Coated-grain lime grainstone.**

In the centre is a section of an aggregate grain is cut which was formed of several very small oncoïds. Above a circular coated grain is perceptible that emerged from a superficial ooid. Note distinct boring. At the right several coated grains were cut in different positions which exhibit a diffuse pattern due to irregular boring.

Thin-section 40, Upper Kellerwand, Givetian, enlargement: $\times 46$.

Fig. 4: ***Vermipora* sp., a bryozoa, interbedded in a coated-grain lime grainstone.**

Thin-section 40, Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

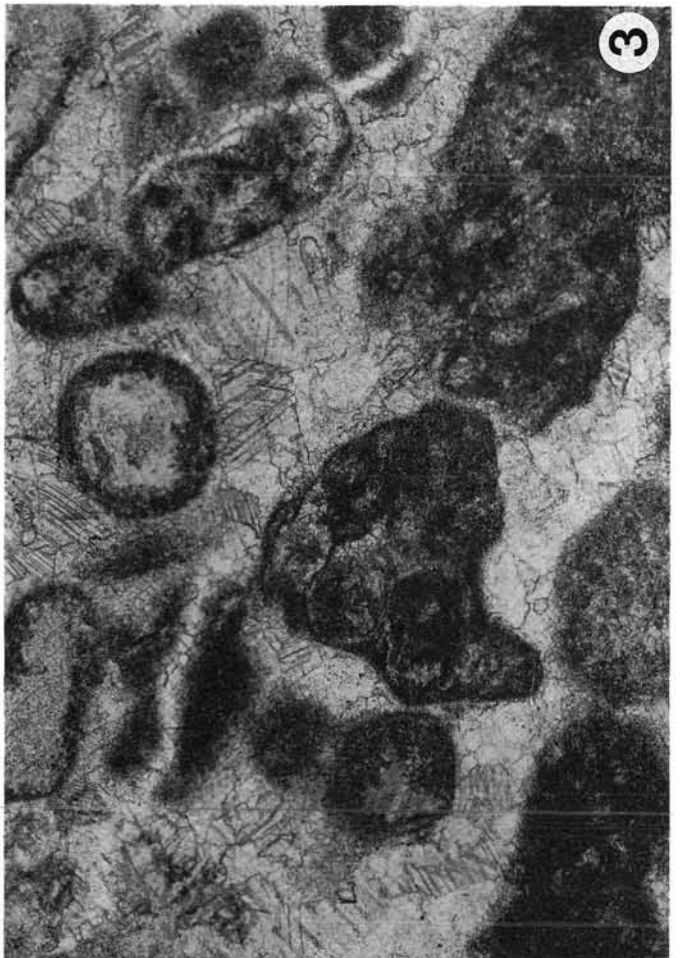
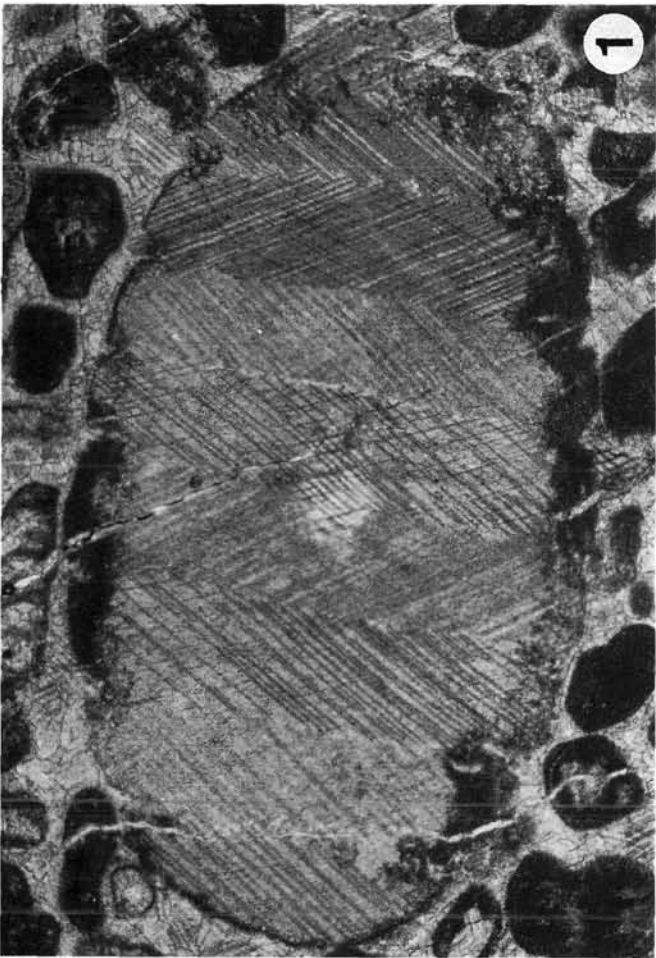
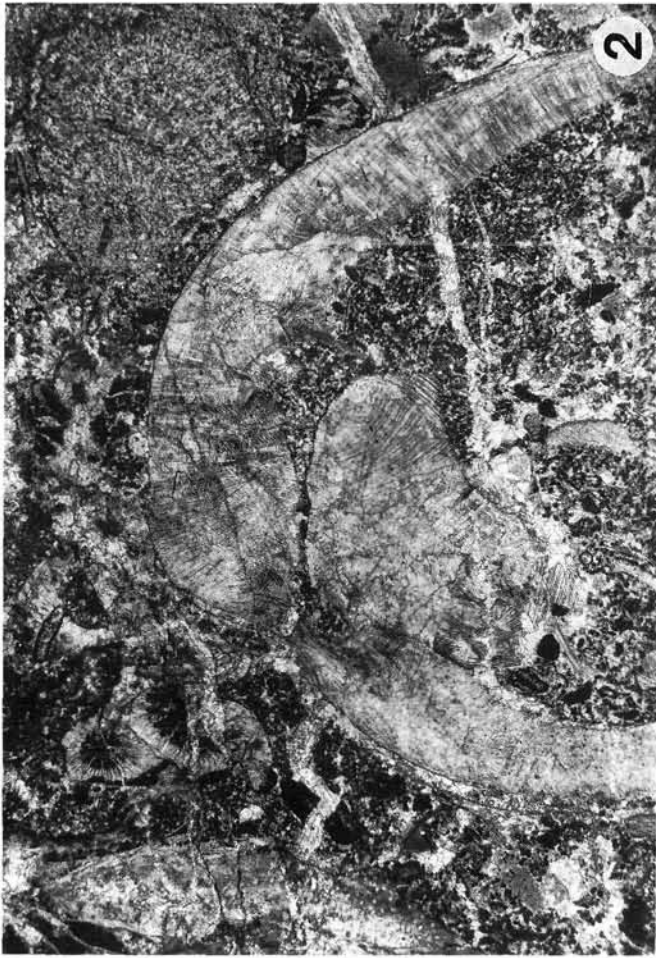


Fig. 1/2: **Rindenkorn-grainstone.**

Der Sparit um die Echinodermen-Fragmente ist nur dort als syntaxialer Rindenzement ausgebildet (Pfeil), wo die Echinodermenfragmente keinen vollständigen Kalzitsaum haben (Fig. 2). Viele Körner sind angebohrt und haben zusätzlich eine Algenkruste.

Fig. 1: Schliff 40; Fig. 2: Schliff 39; Obere Kellerwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Der Meeresspiegel im Mitteldevon steigt.**

Immer häufiger fallen Riffbruchstücke in den Bereich des Rückriffes hinein: Das Riff wandert allmählich zurück. Der untere Bildteil wird von teilweise umkristallisiertem Stromatoporenschutt eingenommen, in dessen Zwickel kleine Rindenkörner und Peloiden eindringen konnten und die Konturen der einzelnen Bruchstücke nachbilden. Hangend dazu wird die Sedimentation von Rindenkörnern fortgesetzt. Ein schichtparallel orientierter Echinodermenstiel (Längsschnitt) hat einen Schirmeffekt ausgeübt und ließ (basal rechts) einen Sedimenthohlraum entstehen, in dem der Zement syntaxial orientiert ist. Die Probe stammt aus dem *Stringocephalus*-Horizont kurz unter den Kellerwand-Riffkalken. Schliff 51, Obere Kellerwand, Givet, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 1/2: **Coated-grain lime grainstone.**

The cement surrounding echinoderm fragments is only developed as syntaxial rim cement in those parts (arrow) in which the echinoderms have no total micrite envelope (Fig. 2). Many grains are bored and also surrounded by an algal crust.

Fig. 1: Thin-section 40.

Fig. 2: Thin-section 39.

Upper Kellerwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **The Middle Devonian sea-level raised.**

More and more reef debris accumulated in the back-reef area; the central reef moved back. The lower part of the photomicrograph is composed of recrystallized stromatoporoid debris with small coated grains and peloids in between, above the sedimentation of coated grains continued. An echinoderm stem ossicle (longitudinal-section, parallel to the bedding) acted as an umbrella with an open-space in which the cement has a syntaxial orientation. This photomicrograph is from the *Stringocephalus* layer slightly below the Givetian reef limestones (Kellergrat Reef Limestone).

Thin-section 51, Upper Kellerwand, Givetian, enlargement: $\times 5,2$.

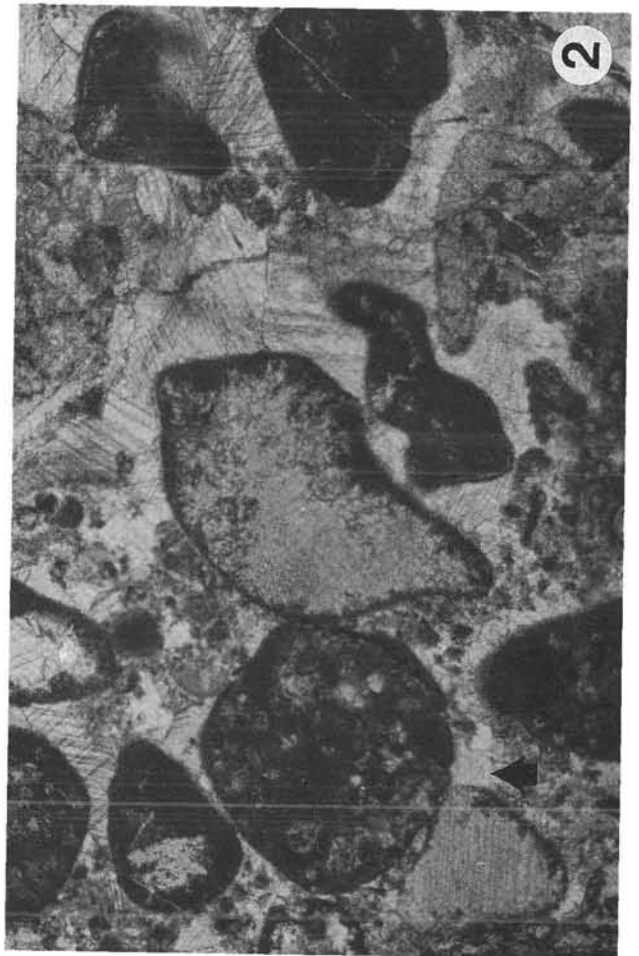
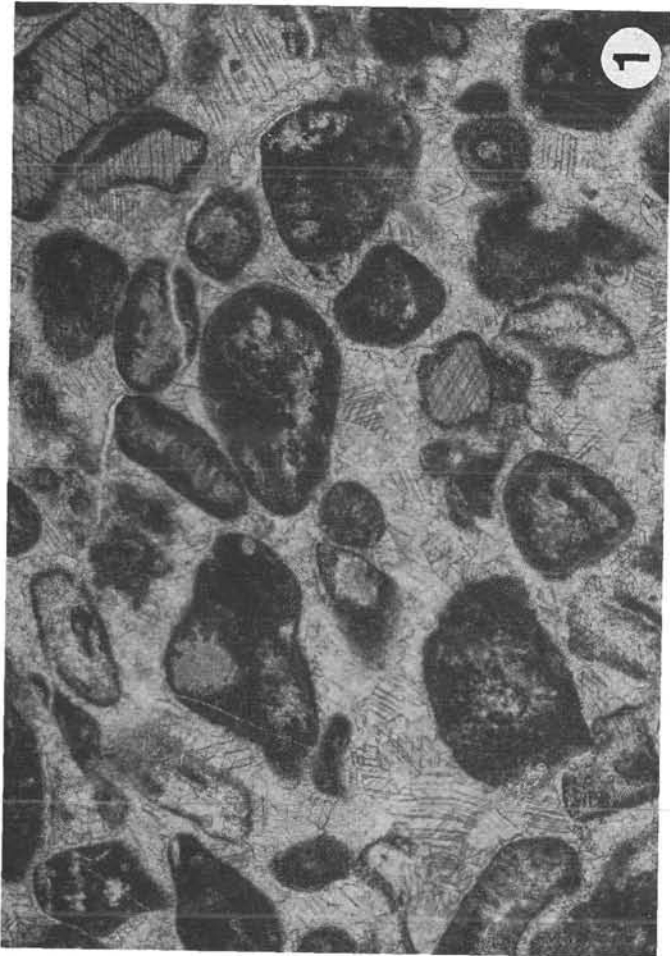
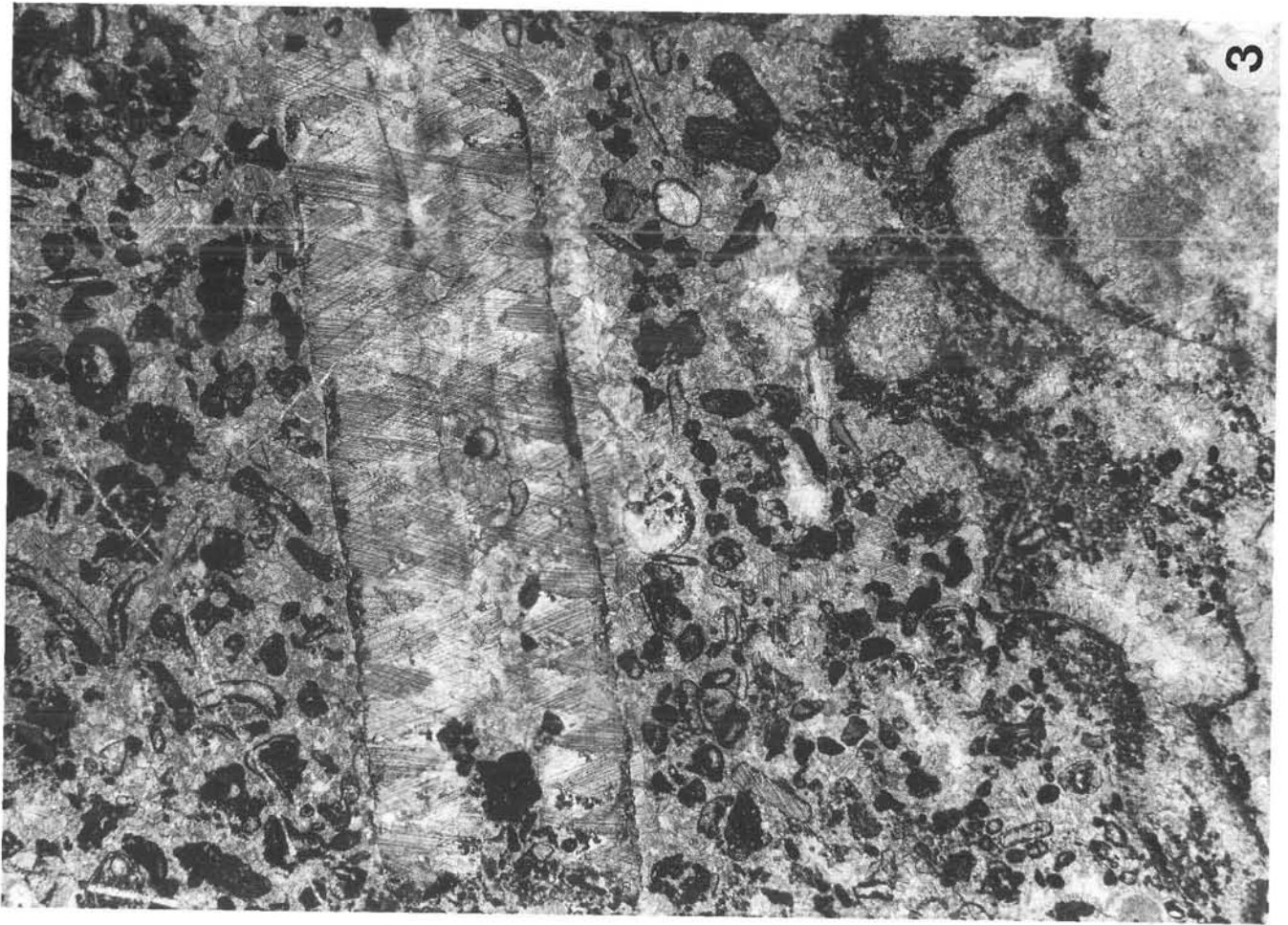


Fig. 1: **Typisch für den Seewarte-Kalk ist die reichhaltige Gastropodenfauna.**

Der obere Bildteil wird von unterschiedlichen Schnittlagen durch zwei Gastropodengehäuse und eine Schale bestimmt, der untere Bildteil zeigt phylloide Algen, *Garwoodia* sp. (Pfeile, vgl. Fig. 3) und *Ortonella* sp. (vgl. Fig. 2). Den Hauptanteil am Sediment hat ein stark bituminöser Peloidkalk (Peloid-grainstone) mit typischen Flachwassermerkmalen. Makroskopisch ist dieses Gestein tiefschwarz. Schliff 1071b, Seekopf-Ostwand, jüngeres Unterems, Vergrößerung: $\times 3,7$.

Fig. 2/4: **Zwei Beispiele von *Ortonella* sp.**

Schliff 1071b, Seekopf-Ostwand, jüngeres Unterems, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: ***Garwoodia* sp. (siehe Fig. 1).**

Schliff 1071b, Seekopf-Ostwand, jüngeres Unterems, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: **Typical for the Seewarte Limestone is the rich gastropod fauna.**

The upper part of the photomicrograph shows different cutting positions of gastropod conches and a shell, below different phylloid algae, *Garwoodia* sp. (arrows, s. Fig. 3) and *Ortonella* sp. (s. Fig. 2) are recognizable. The main part of sediment is a black bituminous peloid lime grainstone with many shallow water characteristics.

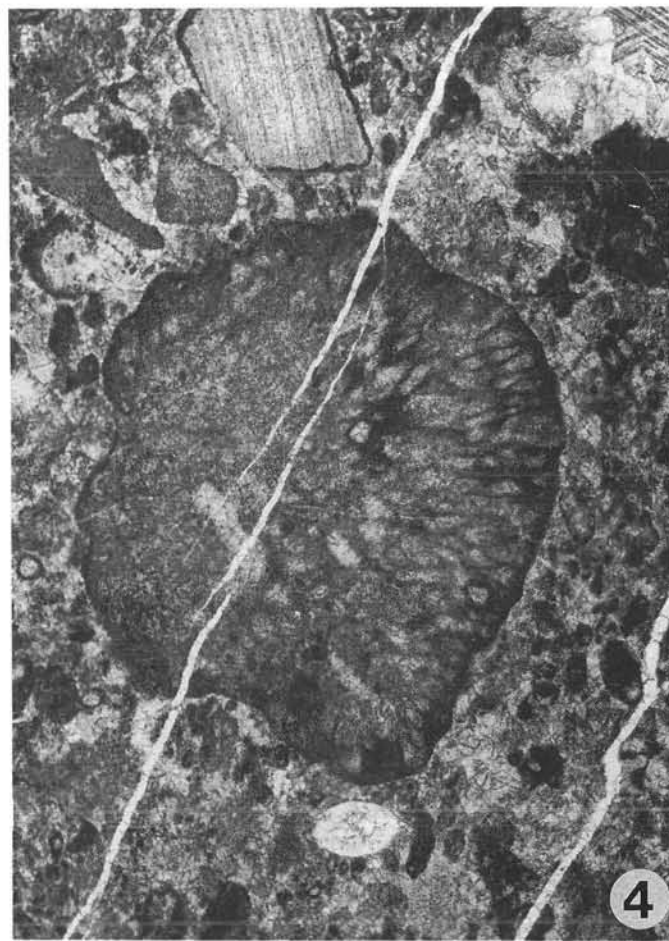
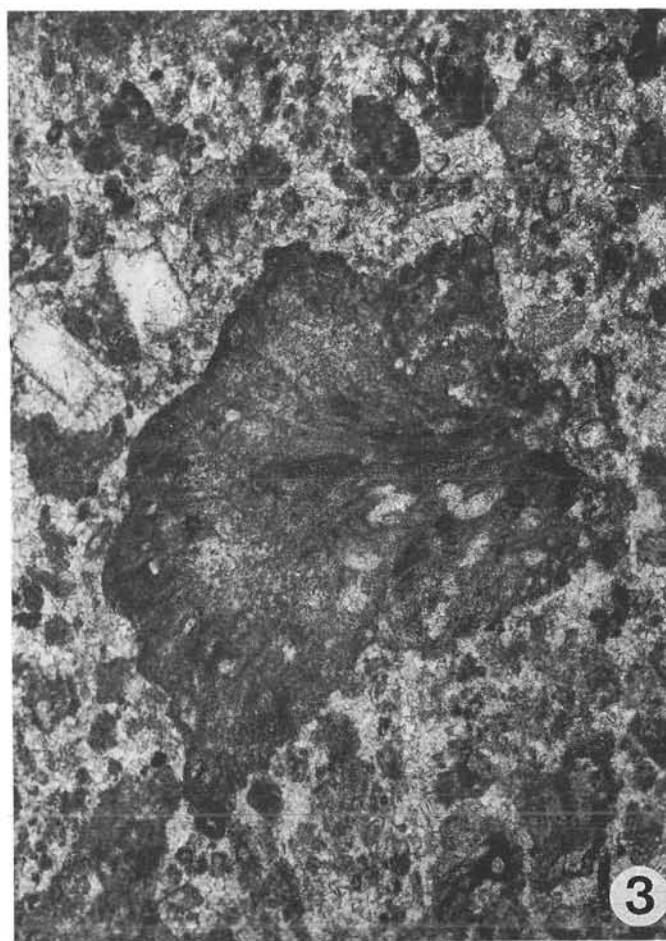
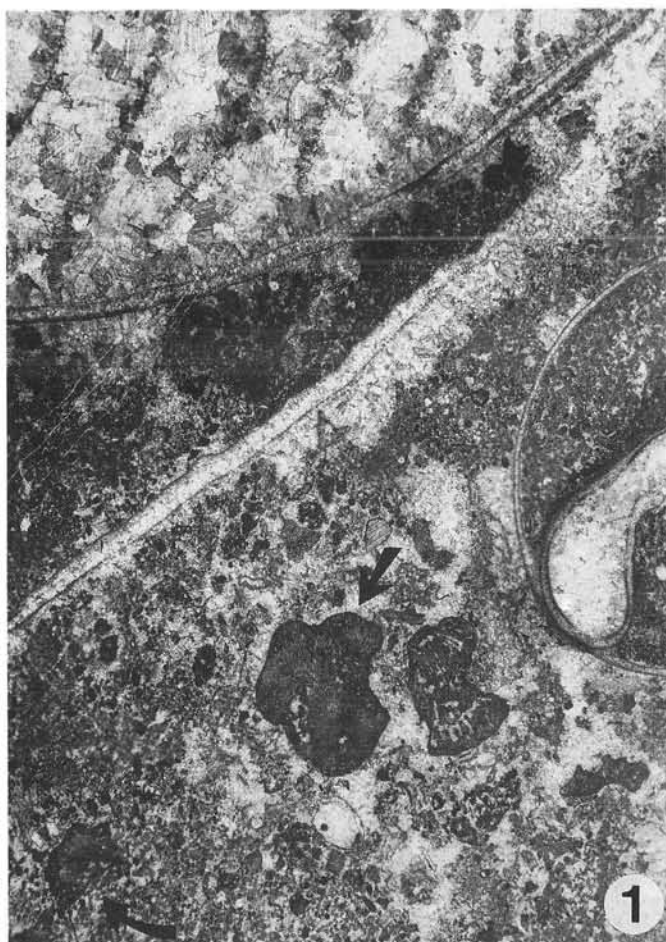
Thin-section 1071b, Seekopf-Ostwand, younger Lower Emsian, enlargement: $\times 3,7$.

Fig. 2/4: **Two examples of *Ortonella* sp.**

Thin-section 1071b, Seekopf-Ostwand, younger Lower Emsian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: ***Garwoodia* sp. (s. Fig. 1).**

Thin-section 1071b, Seekopf-Ostwand, younger Lower Emsian, enlargement: $\times 23$.



Seewarte-Kalk II (jüngeres Unterems)

- Fig. 1: **Längsschnitt durch das Gehäuse einer großen Turmschnecke.**
Die Kammern sind teilweise mit Sediment verfüllt, teilweise mit blockigem spät-diagenetischem Zement. Die Schale ist vollkommen umkristallisiert, nur die Unterseite der Kammer ganz rechts läßt noch einen ursprünglich zweilagigen Aufbau erkennen. Das Gehäuse und die schichtparallel orientierte Bivalven-Schale am linken Bildrand schirmten das Sediment ab, sodaß später der Hohlraum mit Zement ausgefüllt wurde. In der Bildmitte ist die Netzstruktur einer Alge (siehe Taf. 29/Fig. 3) erkennbar.
Schliff 1071a, Seekopf-Ostwand, jüngeres Unterems, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 2/3: **Schale einer Turmschnecke.**
Die äußere Lage der Schale ist durch bohrende Organismen mikritisiert worden. Im linken Teil des Bildes läßt diese Lage allerdings noch eine foliate Mikrostruktur erkennen, die parallel zur Schalenoberfläche ausgebildet ist. Die zweite dickere Zone der Schale ist vollkommen umkristallisiert und die Ursprungssubstanz durch neomorphen Sparit ersetzt worden, dessen Kristallstrukturen beinahe nahtlos in den blockigen Hohlraumzement der Kammer übergehen und nur noch durch eine feine Linie von diesem getrennt sind. In der Kammer ganz links (Fig. 3) ist der buschige Thallus einer Alge (Pfeil) angeschnitten.
Schliff 720, Seewarte Westwand, jüngeres Unterems.
Fig. 2: Vergrößerung: $\times 23$.
Fig. 3: Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 4: **Tektonisch stark beanspruchter Seewarte-Kalk aus der Nordwand der Hohe Warte.**
Das Gestein ist in eine tektonische Breccie zerlegt worden und zeigt nur noch sehr wenige ursprüngliche Strukturen. Zu dem vermutlichen Querschnitt eines Algethalls (?) ist aufgrund der Umkristallisation keine nähere Aussage möglich (links im Bild).
Schliff 601, Hohe Warte-Nordwand, jüngeres Unterems, Vergrößerung: $\times 23$.

Seewarte Limestone II (younger Lower Emsian)

- Fig. 1: **Longitudinal section of a large high-spired gastropod conch.**
The chambers are partly filled with sediment, partly with blocky late diagenetic cement. The gastropod conch is totally recrystallized, only the lower side of the outer right hand chamber shows an original two-layer structure of the shell. The gastropod conch and the stratum parallel bivalve-shell (left margin) screened the sediment, and so the open space was filled with cement later on. In the centre a little net-like algae (Pl. 29/Fig. 3).
Thin-section 1071a, Seekopf-Ostwand, younger Lower Emsian, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 2/3: **Shell from a high-spired gastropod conch.**
The outer layer of the shell is micritized by boring organisms. Nevertheless left-hand this layer shows its foliated microstructure parallel to the shell surface. The second thicker layer of the shell is recrystallized completely and its original substance is substituted by neomorphic sparite. The crystal structure of the second layer sparite shows nearly seamless change to the blocky open-space cement of the chamber and is only differentiated by a fine line. In the most left chamber a bushy algal thallus (arrow) is recognizable.
Thin-section 720, Seewarte Westwand, younger Lower Emsian.
Fig. 2: enlargement: $\times 23$.
Fig. 3: enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 4: **Tectonically deformed Seewarte Limestone from the north-wall of Hohe Warte.**
The rock was decomposed into a tectonic breccia and shows only few original structures. Due to recrystallisation the cross-section of an algal thallus (?) is not identifiable (below left).
Thin-section 601, Hohe Warte-Nordwand, younger Lower Emsian, enlargement: $\times 23$.



Fig. 1: **Laminite als typischer Faziesanzeiger für den Gezeitenbereich.**

Dominierend ist die zerbrochene Algenkruste, die das Bild horizontal in zwei Bereiche teilt. In der Kruste sind abwechselnd dünne mikritische Lagen – verursacht durch Algentätigkeit – und solche aus Primärdolomit (hellgrau) zu erkennen (bindstone). Hangend und liegend wurde Crinoidenschutt sedimentiert. Der obere Teil ist grobkörniger und lockerer gepackt als der untere: ein Anzeichen für höhere Wasserenergie im oberen Teil. Die einzelnen Komponenten sind meist von einem dünnen Dolomitsaum umgeben.

Schliff 1070, Seekopf-Gipfelaufbau, jüngeres Ems, Vergrößerung: $\times 8$.

Fig. 2: **Ein Echinodermenfragment, das an seinen Grenzen von einem Saum von Dolomitkristallen umwachsen ist.**

Das große Sparitareal unter dem Fragment ist neomorph.

Schliff 605, Hohe Warte-Nordwand, jüngeres Ems, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 3: **Eine umkristallisierte Laminitlage aus der tektonisch stark beanspruchten Zone der Hohen Warte ist an einer Kluft versetzt worden.**

Von der ursprünglichen Laminitstruktur sind nur noch sehr feine Mikritlagen übrig, die Zwischenräume sind neomorph umgewandelt worden. Solche tektonischen Erscheinungsbilder sind kaum als Faziesindiz zulässig, im lateralen Verband mit den Nachbararealen können sie allerdings gut als Korrelationshorizonte für fazielle Analysen in Raum und Zeit herangezogen werden.

Schliff 603, Hohe Warte-Nordwand, jüngeres Ems, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 1: **Laminite as a typical facies guide-rock for the intertidal region.**

Dominating is the broken algal crust dividing the photomicrograph into two parts. Inside the crust thin micritic layers – caused by algal activity – change with primary dolomitic layers (lighter grey) showing a bindstone fabric. Above and below crinoidal debris was deposited (grainstone). The upper part is more coarse-grained and with a lower packing density suggesting a higher water energy in the upper part. The components are mostly surrounded by a thin dolomitic parting.

Thin-section 1070, Seekopf-Gipfelaufbau, younger Emsian, enlargement: $\times 8$.

Fig. 2: **An echinoderm fragment surrounded by a seam of dolomite crystals.**

The large sparitic area below the fragment is formed neomorphically.

Thin-section 605, Hohe Warte-Nordwand, younger Emsian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 3: **A recrystallized laminite layer of the tectonically deformed zone of the Hohe Warte was dislocated by cleavage.**

From the original laminite structure only fine micrite layers are left, the interstices were transformed by neomorphism. Such tectonic characteristics can be used scarcely as facies indications except the analysis considers the neighbouring area for correlation.

Thin-section 603, Hohe Warte-Nordwand, younger Emsian, enlargement: $\times 4,5$.

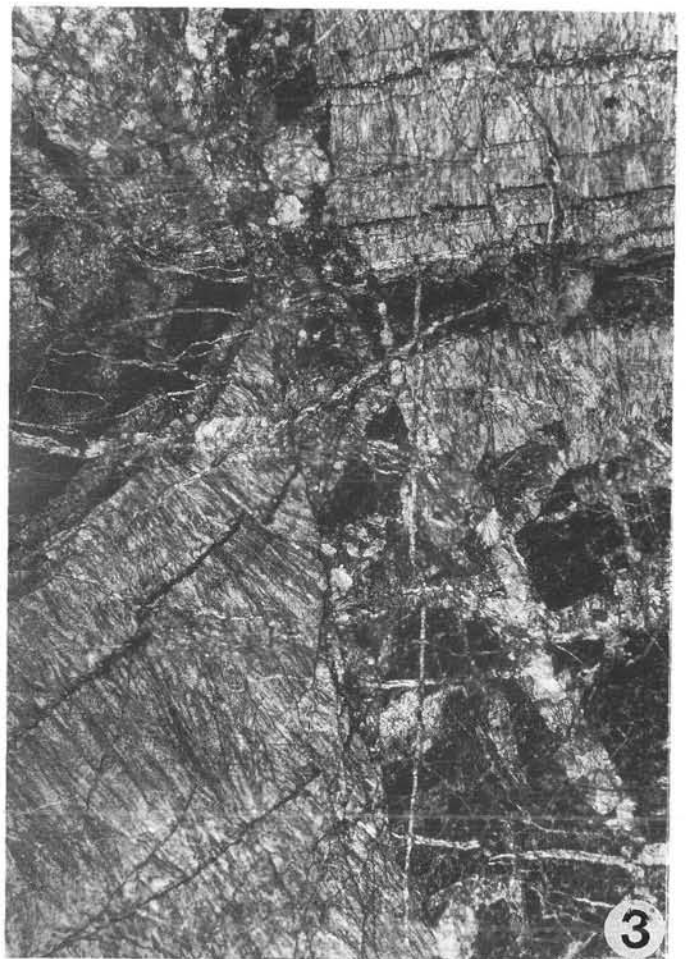
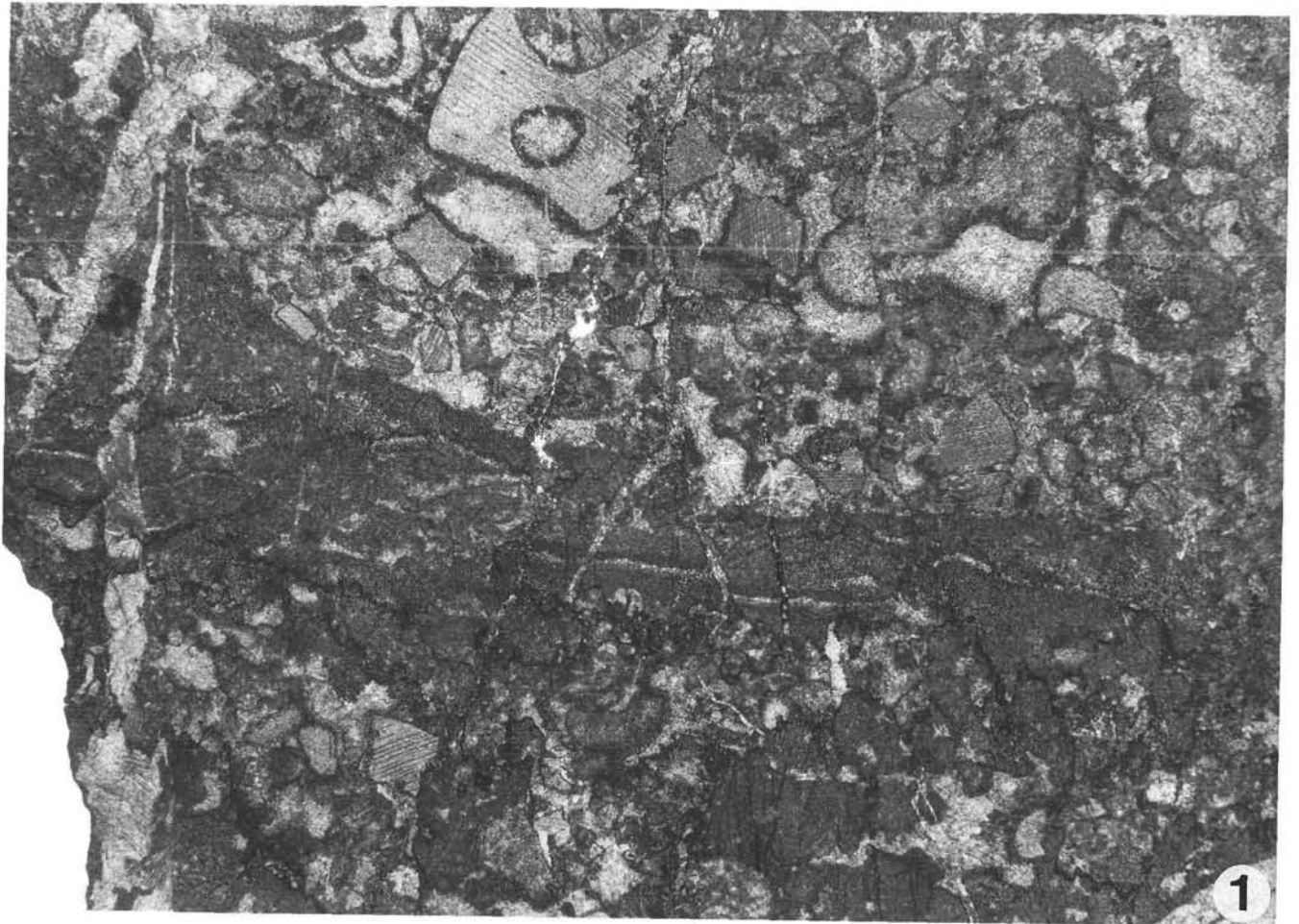


Fig. 1: ***Vermipora* sp., eine Bryozoe, im Peloid- und Rindenkorn-grainstone des Eifels.**
Schliff 213b, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 2: **Plötzliche Erhöhung der Wasserenergie wird durch eine scharf gezogene Grenze – sie trennt das Bild vertikal in zwei Areale – angezeigt, die auf Korngrößenunterschied beruht, wie hier im Loferit.**

Im unteren Bildteil besteht das von langgestreckten birdseyes durchzogene Sediment aus relativ feinkörnigen Peloiden mit wenigen Ostracoden, Algen und Echinodermenbruchstücken. Die obere Bildhälfte ist grobklastischer: Die Wasserenergie muß also höher gewesen sein. Große Onkoide (oben rechts, siehe auch Fig. 4), zerbrochene Schalen und große Rinden- und Aggregatkörner wurden sedimentiert. Schliff 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Ein Aggregatkorn sorgt für die Abschirmung des Raumes an seiner Basis und erzeugt auf diese Art einen Hohlraum, der später mit Blockzement verfüllt wurde.**

Vergrößerung aus Fig. 2 (linke untere Ecke).
Schliff 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 4: **Vergrößerung des Onkoides aus Fig. 2 (oben rechts).**

Deutlich ist oben eine Lagenwölbung zu sehen; die Lage hat nicht das gesamte Korn umwachsen. Der Onkoid ist ursprünglich aus einem Aggregatkorn hervorgegangen.
Schliff 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 23$.

Fig. 1: ***Vermipora* sp., a bryozoan, in a peloid- and coated-grain lime grainstone of the Eifelian.**

Thin-section 213b, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 2: **Suddenly raised water energy is indicated by a sharp line – dividing the photomicrograph into two parts – caused by grain size differences in the loferite.**

The lower part shows finely grained peloid sediment with birdseyes and few ostracod shells, algae and echinodermal fragments. The upper part is more coarsely clastic suggesting a higher water energy. Large oncoids (above right, Fig. 4), broken shells and large coated and aggregate grains were deposited.
Thin-section 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 3: **An aggregate grain screened a space below and formed an open-space fabric which later was filled with blocky cement.**

Magnification of Fig. 2, left corner below.
Thin-section 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

Fig. 4: **Magnification of the large oncoid of Fig. 2 (above right).**

At the top a vaulted layer is distinctly visible. The layer doesn't surround the whole grain. The oncoid emerged from an aggregate grain.
Thin-section 624, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 23$.

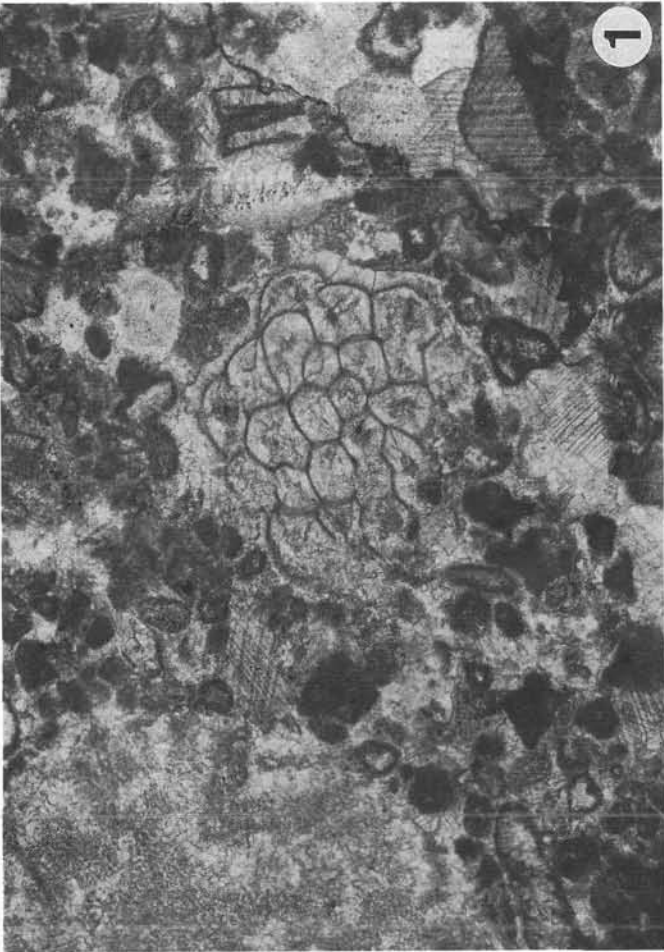
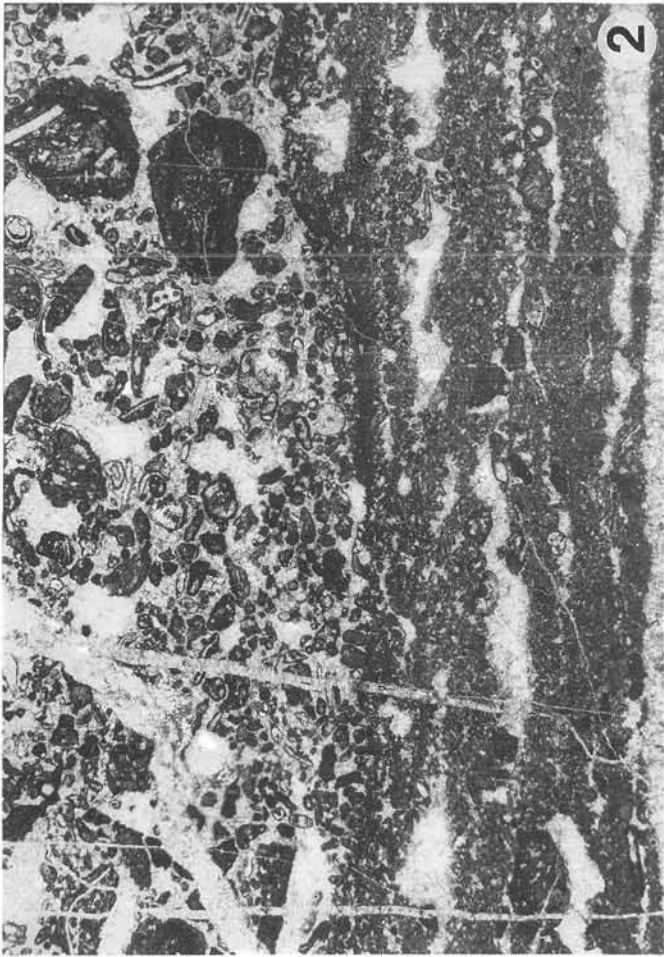


Fig. 1: ***Stringocephalus burtini* vergesellschaftet mit *Amphipora* sp. (oben links), eingebettet in Rindenkorn-grainstone (siehe Taf. 15/Fig. 1; Taf. 26/Fig. 2; Taf. 27/Fig. 3).**

Sowohl Amphiporen als auch das Brachiopodengehäuse sind von einer dünnen Mikritrinde (micrite envelope) umgeben. Der Brachiopode hat unter sich einen großen Hohlraum abgeschirmt. Die Schale des Brachiopoden zeigt keine ursprüngliche Struktur mehr und ist völlig umkristallisiert.

Schliff Kart. 32, Kellerwarte-Südflanke, Givet, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 2: **Onkoide vom Typ C (konzentrische Onkoide, s. FLÜGEL, 1982) mit Kernen aus Rindenkörnern.**

Die Onkoid-Lagen sind verhältnismäßig dünn. Um die Körner ist ein dünner Saum eines frühen Zementes zu erahnen, der auf ein ursprüngliches Magnesium-Calcit-Milieu schließen läßt. Die Zwischenräume sind mit spätdiagenetischem Blockzement verfüllt.

Schliff 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: $\times 46$.

Fig. 3: **Gradierte Schichtung im Loferit.**

Von der Bildbasis an werden die Körngrößen graduell immer geringer. Aus einem Rindenkornkalk wird über einen Pelmikrit ein Mikrit. Darüber folgt eine scharfe Schichtgrenze, und das hangende Material besteht aus einem grober gekörnten Rindenkornkalk, ein Zeichen für plötzliche Wasserenergiezunahme. Zum Hangenden hin wird die Körnung wieder feiner (im Schliff nicht mehr sichtbar). Die Grädierung erfolgt demnach zyklisch.

Schliff 224, Hohe Warte-Nordwand, Givet, Vergrößerung: $\times 10$.

Fig. 1: ***Stringocephalus burtini* associated with *Amphipora* sp. (above left), embedded in coated-grain lime grainstone.**

Both individuals show a micritic envelope. The brachiopod screened a large open-space below, it shows no original structure and is totally recrystallized.

Thin-section Kart.32, Kellerwarte-Südflanke, Givetian, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 2: **Oncoids, type C (concentric oncoids, see FLÜGEL, 1982), with a coated grain nucleus.**

The layers are relatively thin. Around the grains a thin seam of an early cement occurs suggesting an original Mg-calcite milieu. The interstices are filled with late diagenetic blocky cement.

Thin-section 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: $\times 46$.

Fig. 3: **Graded bedding in the loferite.**

Note gradual decrease of grain sizes upwards. The coated grain limestone changes to a pel-micrite and finally a micrite. It is terminated sharply and the material above is more coarsely grained coated grain limestone indicating a suddenly raised water energy. Above the grain size continuously decreases (no more perceptible in this section).

Thin-section 224, Hohe Warte-Nordwand, Givetian, enlargement: $\times 10$.

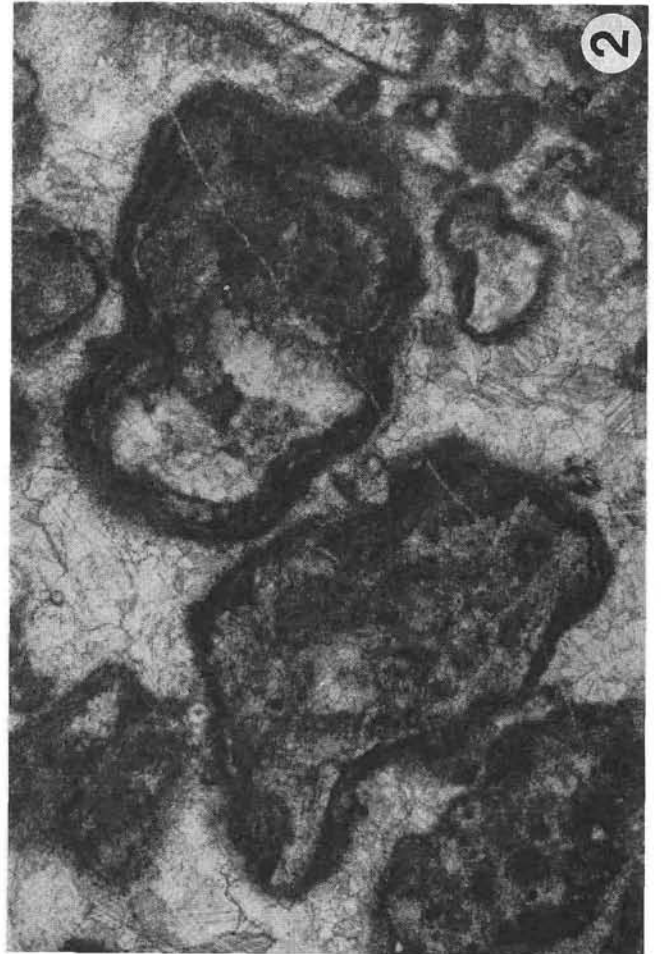
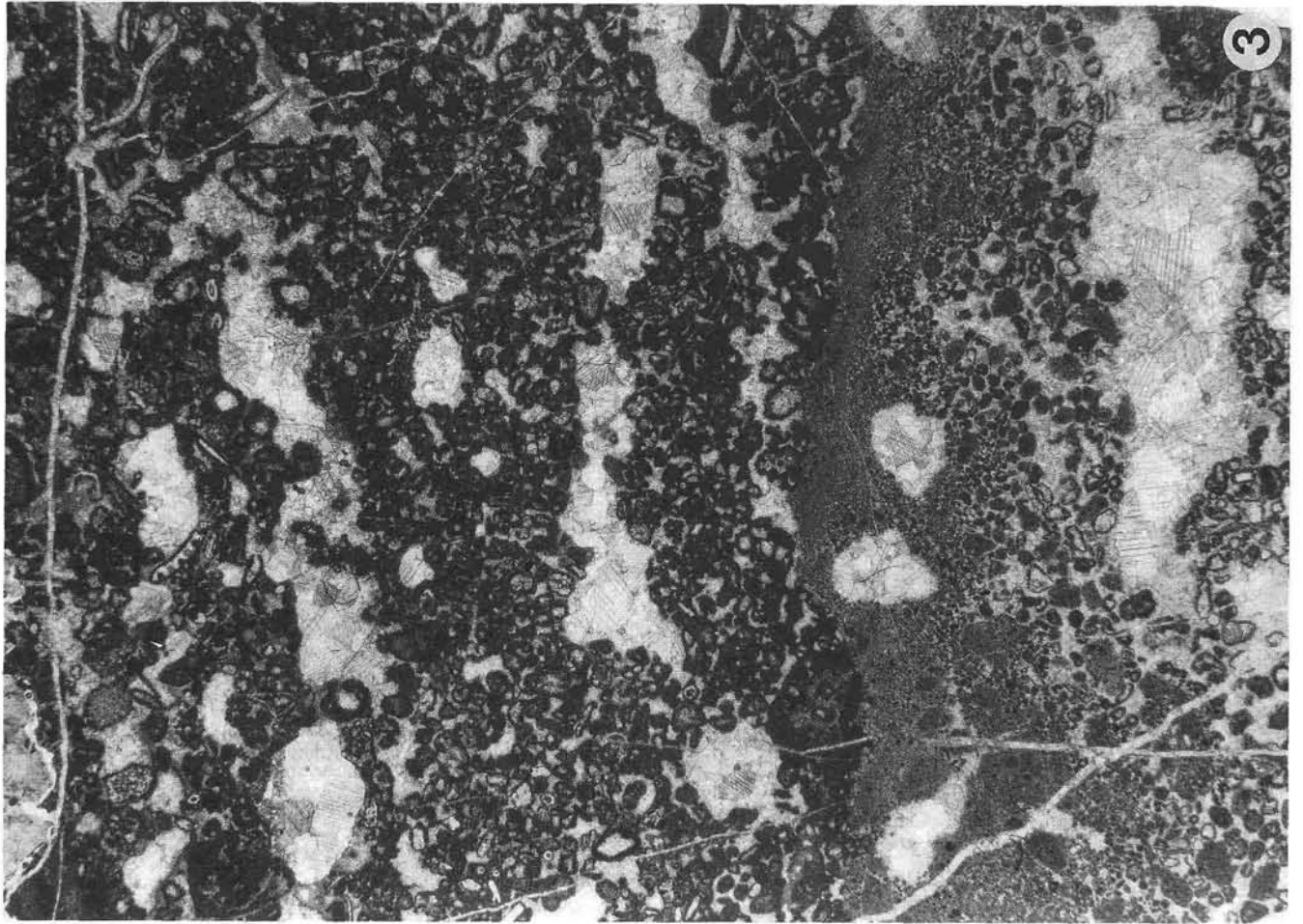


Fig. 1: **cf. *Stachiodes* sp., eine Amphipore (Stromatopore) im Rindenkorn-grainstone des Rückriffes der Kellerwände.**

Deutlich ist der Zentralkanal zu erkennen.
Schliff OeK1, Kellerspitzen, Givet, Vergrößerung: ×46.

Fig. 2: **Einfachoid im Rindenkornkalk.**

Schliff 218, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×46.

Fig. 3: **Aggregatkorn im Rindenkornkalk.**

Schliff 222, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×46.

Fig. 1: **cf. *Stachiodes* sp., an *Amphipora* (stromatoporoid) in the coated-grain lime grainstone of the back-reef of Kellerwände.**

The axis canal is distinctly visible.
Thin-section OeK1, Kellerspitzen, Givetian, enlargement: ×13.

Fig. 2: **Superficial ooid in coated-grain limestone.**

Thin-section 218, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×46.

Fig. 3: **Aggregate grain in coated-grain limestone.**

Thin-section 222, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×46.

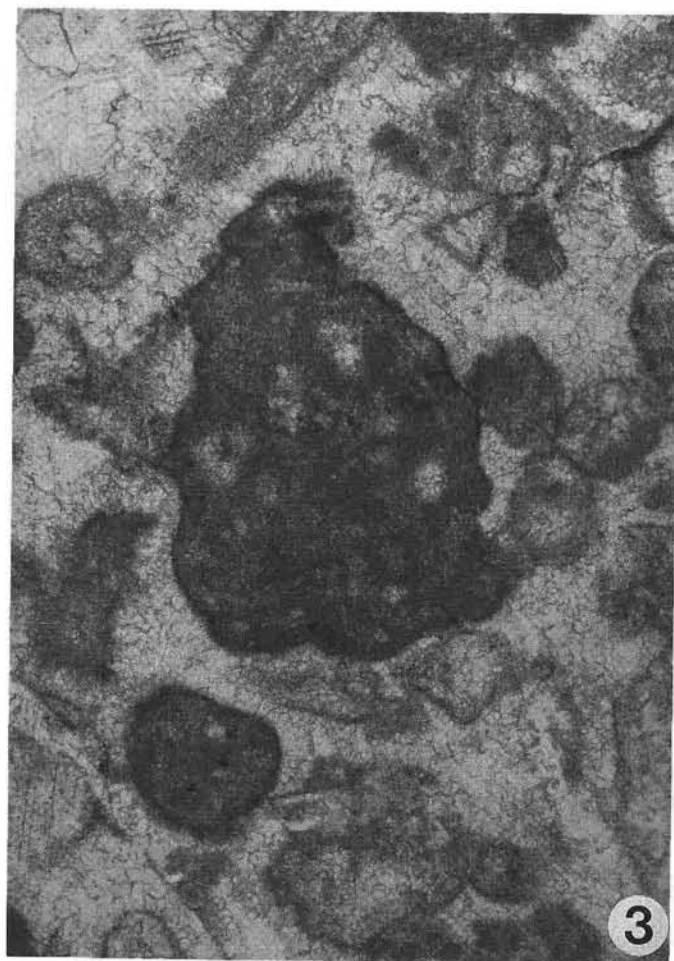
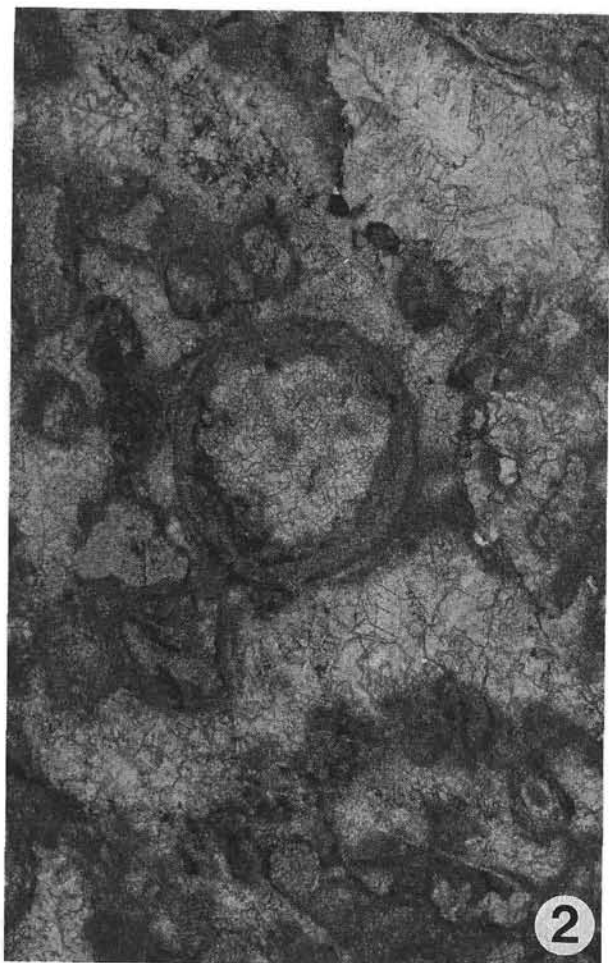
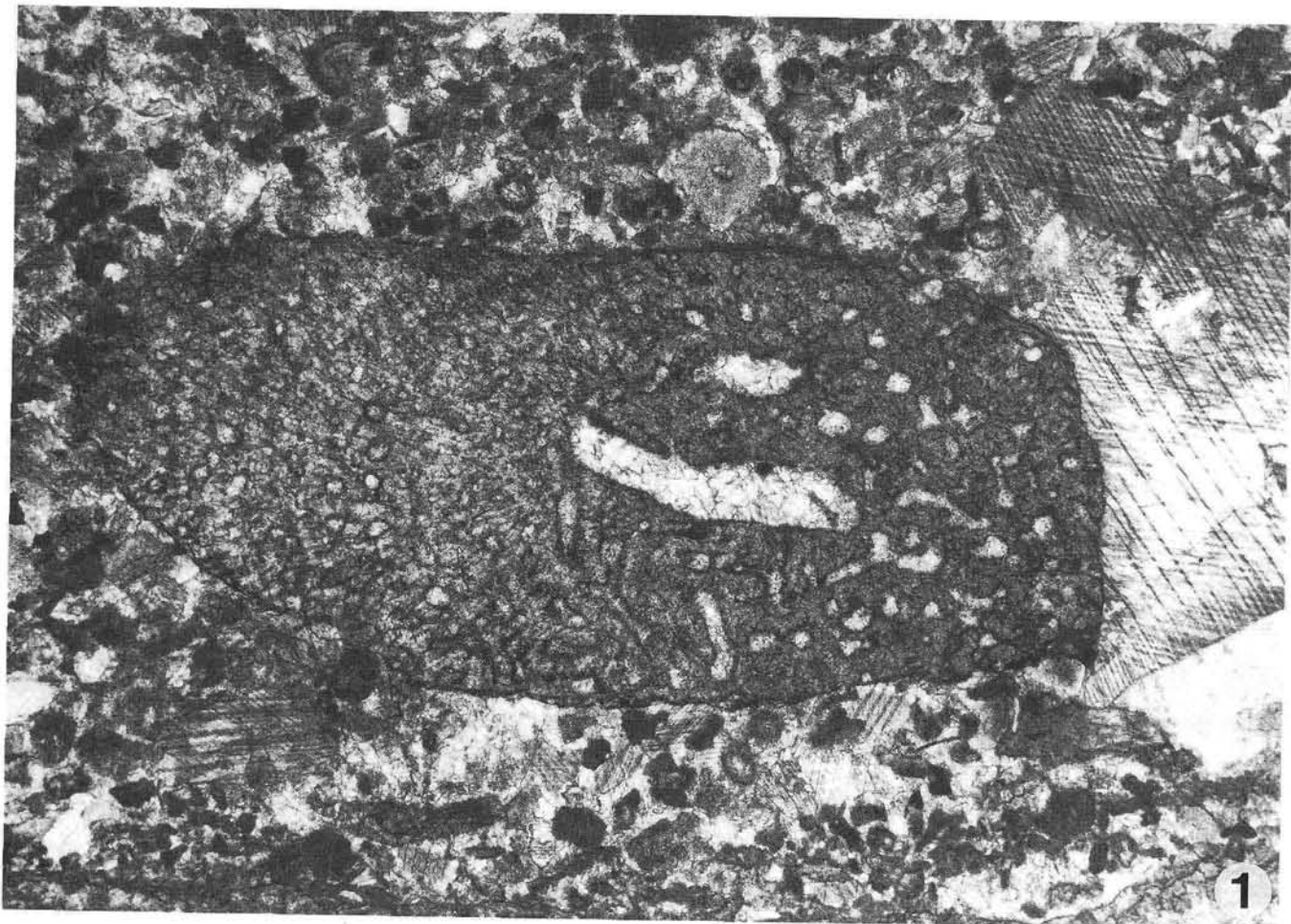


Fig. 1: **Querschnitt durch eine Dasycladacee im Rindenkornkalk.**

Die Alge ist in Wuchsstellung parallel zur Schichtung angeschnitten.
Schliff 213b, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×23.

Fig. 2: **Onkoid, der aus einem großen Rindenkorn hervorgegangen ist.**

Primär entstand das Rindenkorn aus einem abgerollten Echinodermenfragment (Kristall-Lamellen), die Bohrkanäle sind noch zu erkennen. Anschließend wurde das Korn – gut sichtbar an dessen Oberseite – von mehreren Onkoidlagen umkrustet.

Schliff 223, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×46.

Fig. 3: **Aus einem Aggregatkorn wurde ein Onkoid vom Typ C (konzentrisches Onkoid), indem das Korn von wenigen Ursprungskontur-gebundenen, aber deutlich sichtbaren Lagen umwachsen wurde (siehe Fig. 4).**

Schliff 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×46.

Fig. 4: **Die Gestalt konzentrischer Onkoide ist abhängig von der Primärgestalt des Ausgangsmaterials:**

Im oberen Bildteil liegt ein schichtparallel orientierter Onkoid, der aus dem Thallus einer Dasycladacee (Längsschnitt) hervorgegangen ist, unten ein von mehreren Lagen umgebenes Aggregatkorn.

Schliff 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifel, Vergrößerung: ×46.

Fig. 1: **Cross-section of an in situ dasycladacean algae in a coated grain limestone parallel to the bedding.**

Thin-section 213b, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×23.

Fig. 2: **Oncoid originated from a coated grain.**

Primary the coated grain was formed from a rounded echinoderm fragment (crystal lamellae) with the borings still recognizable. Finally the grain was surrounded by some oncoid layers well observable at the upper side.

Thin-section 223, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×46.

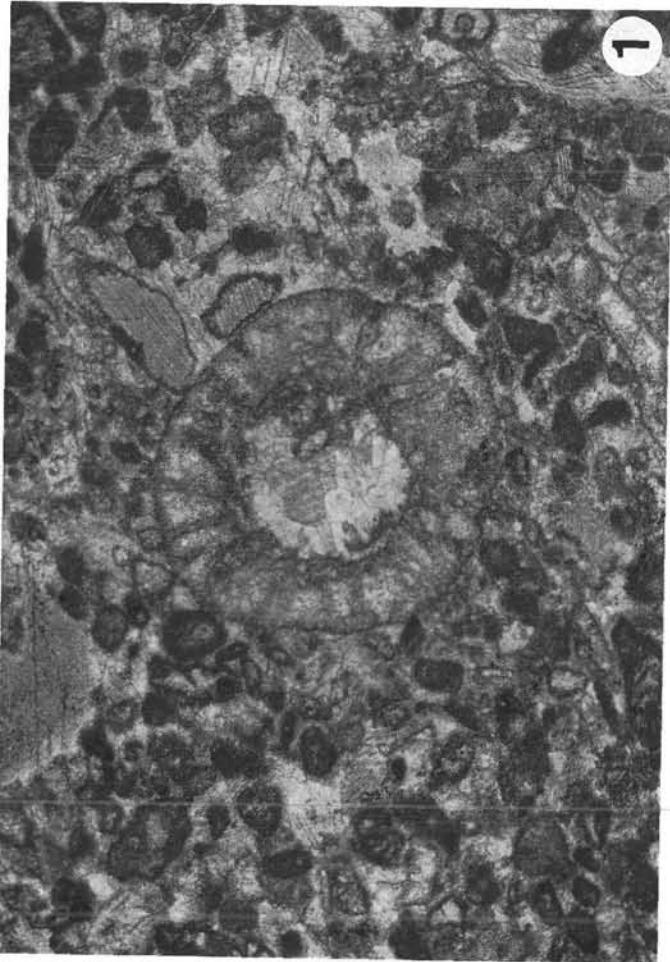
Fig. 3: **Oncoid type C (concentric oncoid) formed from an aggregate grain by shape dependant algal layers (s. Fig. 4).**

Thin-section 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×46.

Fig. 4: **The shape of concentric oncoids (type C) is dependant on the primary contour of the surrounded grain.**

In the upper part of the photomicrograph a bedding-parallel oncoid originated from a dasycladacean algal thallus (longitudinal-section), below an aggregate grain surrounded by some oncoid layers.

Thin-section 611, Hohe Warte-Nordwand, Eifelian, enlargement: ×46.



- Fig. 1: *Grypophyllum* sp., Querschnitt.
Schliff OeK14, Kellerspitzen, Givet, Vergrößerung:
×6,7.
- Fig. 2: *Grypophyllum* sp., Längsschnitt durch dasselbe Individuum wie Fig. 1.
Schliff OeK14, Kellerspitzen, Givet, Vergrößerung:
×5,2.
- Fig. 3: **Feingeschichtete Lage direkt unterhalb der Riffkalke an den Kellerspitzen.**
In einer mikritischen Matrix sind Hohlräume verteilt, die einzigen Biogene sind Ostracoden und Parathuraminaceen. Diese Kalke sind örtlich sehr begrenzt. Für ihre Entstehung sind Stillwassertümpel in der Gzeitensregion anzunehmen, deren Nähe durch die zersicherte Laminitlage im unteren Bildteil angezeigt wird. Schliff 52, Kellerspitzen, Givet, Vergrößerung: × 10.

- Fig. 1: *Grypophyllum* sp., cross-section.
Thin-section OeK14, Kellerspitzen, Givetian, enlargement: ×6,7.
- Fig. 2: *Grypophyllum* sp., longitudinal-section of the same specimen as in Fig. 1.
Thin-section OeK14, Kellerspitzen, Givetian, enlargement: ×5,2.
- Fig. 3: **Densely stratified layer immediately below the reef limestones at the Kellergrat.**
In a micritic matrix open-space-fabrics are distributed, the only skeletal grains are ostracods and parathuraminaceae. These limestones are locally very limited. They may represent dead-water pools close to the intertidal facies the proximity of which is testified by the broken algal laminitic layer at the lower part of the photomicrograph.
Thin-section 52, Kellerspitzen, Givetian, enlargement: ×10.

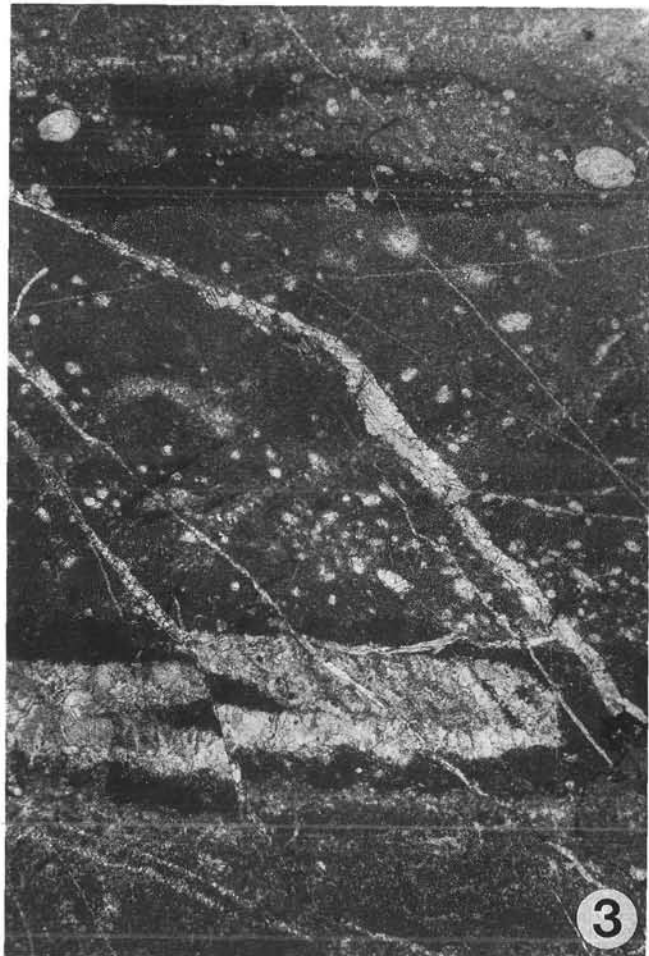
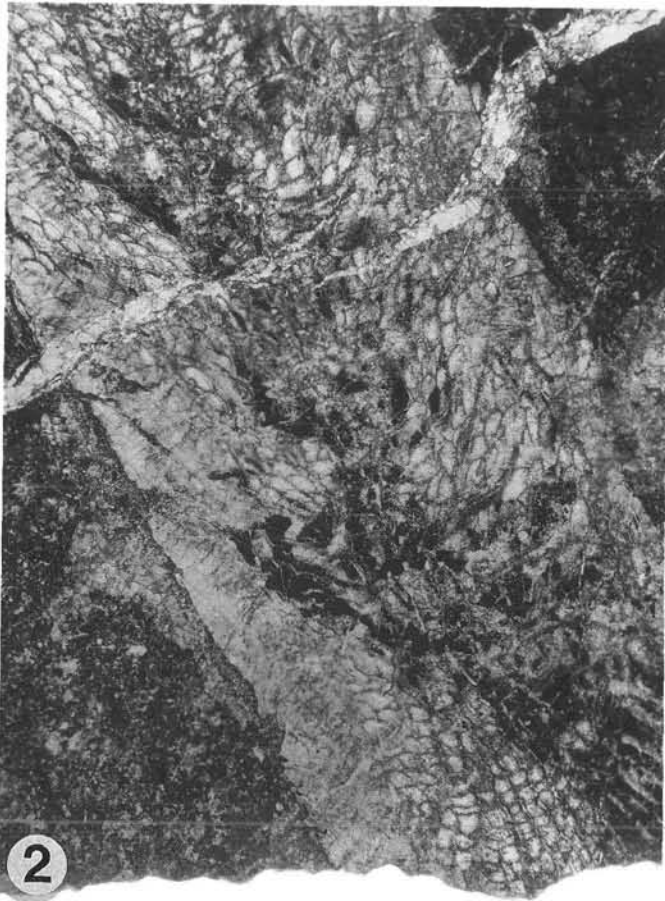
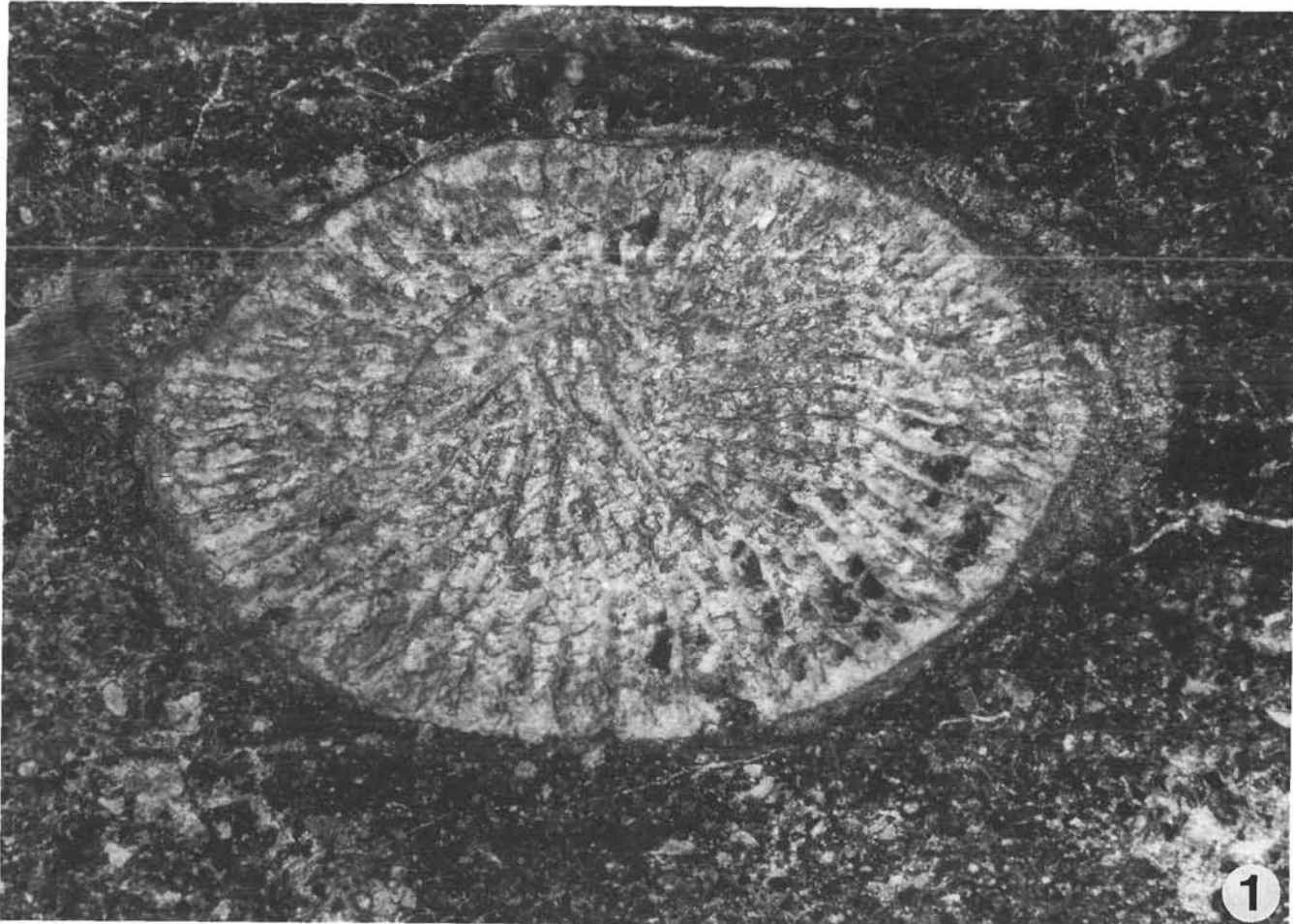


Fig. 1: *Acantophyllum* sp. (Querschnitt) wird von *Stromatopora* sp. umwachsen.

Die diagenetische Überprägung im Bereich der Givet-Riffe der Karnischen Alpen, verursacht durch den Überlagerungsdruck des ehemals auflagernden Mesozoikums, macht eine nähere Bestimmung in den meisten Fällen unmöglich.

Schliff 280, Hohe Warte-Gipfel, Givet, Vergrößerung: ×4,7.

Fig. 2: Aufarbeitungslage hinter dem Riff vom Gipfel der Hohen Warte.

Typisch für diese Zonen sind zertrümmerte Rifforganismen, die sich mit den Komponenten des Rückriffes vermischen (Rindenkörner).

Schliff HW36, Hohe Warte-Gipfel, Givet, Vergrößerung: ×3,7.

Fig. 3: *Alaiophyllum jarushevskyi*, Querschnitt.

Schliff OeKG1q, Kellergrat, Givet, Vergrößerung: ×5,2.

Fig. 4: *Alaiophyllum jarushevskyi*, Längsschnitt durch dasselbe Individuum wie Fig. 1.

Schliff OeKG1q, Kellergrat, Givet, Vergrößerung: ×5,2.

Fig. 1: *Stromatopora* sp. growing around an *Acantophyllum* sp. (cross section).

Due to recrystallisation of the Givetian reef limestones of the Carnic Alps caused by rock weight pressure of the now eroded Mesozoic, a specific determination of most specimens is not possible.

Thin-section 280, Hohe Warte-Gipfel, Givetian, enlargement: ×4,7.

Fig. 2: Reworked layer from the back-side of the reef from the top of Hohe Warte.

Typically for this facies are destroyed reef organisms which are mixed with components of the back-reef area (coated grain limestone).

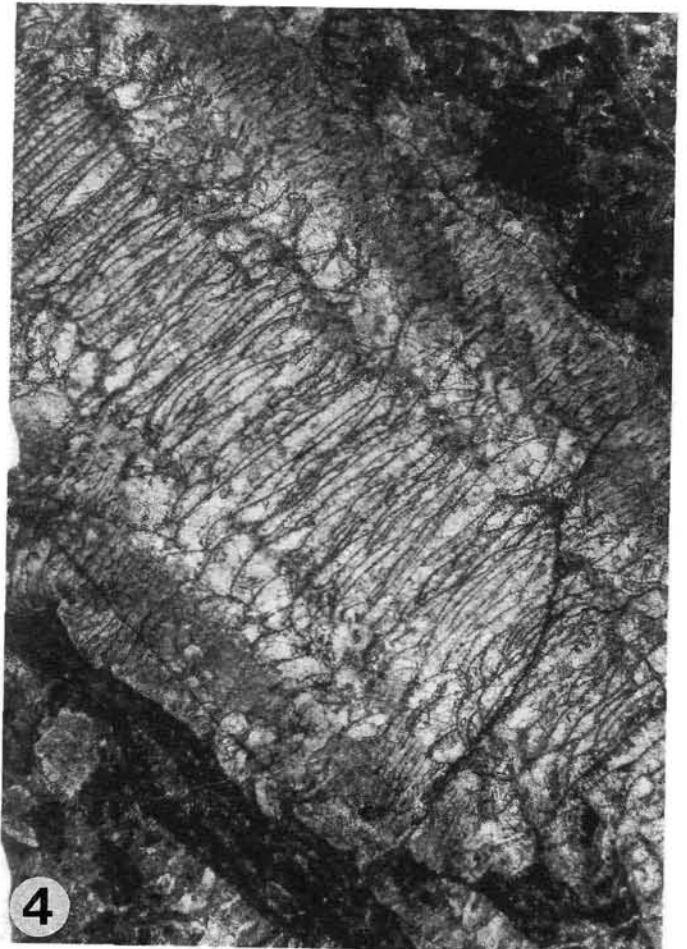
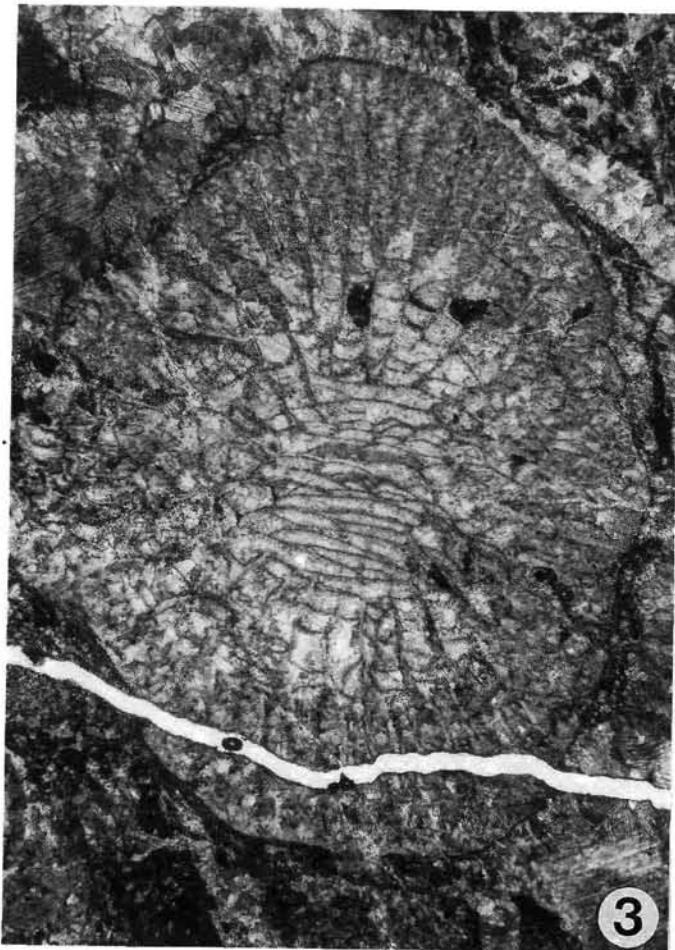
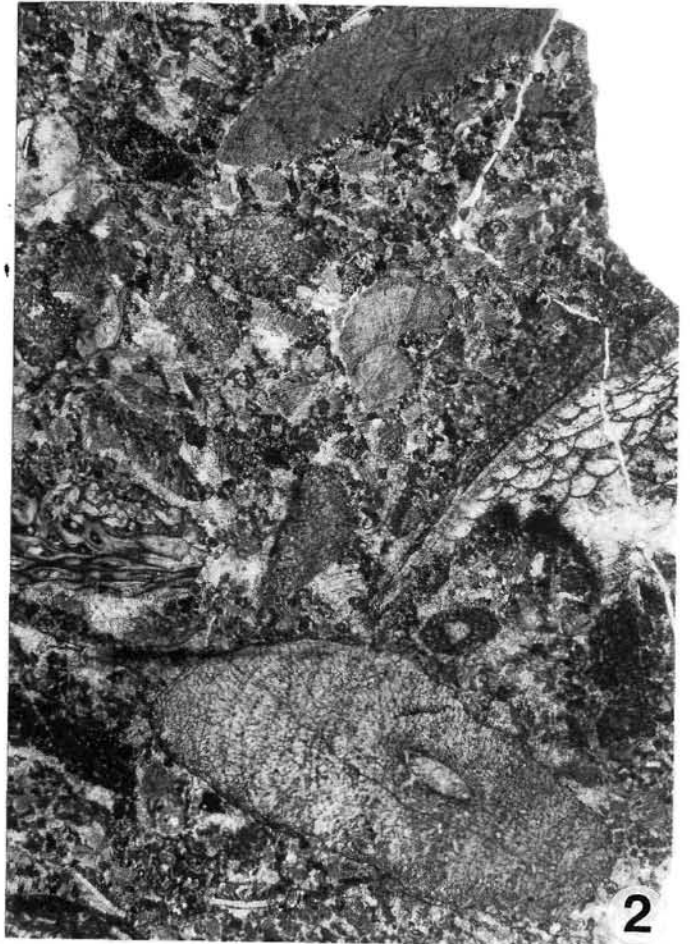
Thin-section HW36, Hohe Warte-Gipfel, Givetian, enlargement: ×3,7.

Fig. 3: *Alaiophyllum jarushevskyi*, cross-section.

Thin-section OeKG1q, Kellergrat, Givetian, enlargement: ×5,2.

Fig. 4: *Alaiophyllum jarushevskyi*, longitudinal section of the same specimen as Fig. 1.

Thin-section OeKG1q, Kellergrat, Givetian, enlargement: ×5,2.



- Fig. 1: ***Stringophyllum* sp., Längsschnitt.**
Schliff OeKS7a, Kellerspitzen, Givet, Vergrößerung: ×5,2.
- Fig. 2: ***Stringophyllum* sp., Querschnitt.**
Schliff OeHW1, Hohe Warte-Gipfel, Givet, Vergrößerung: ×7,3.

- Fig. 1: ***Stringophyllum* sp., longitudinal section.**
Thin-section OeKS7a, Kellerspitzen, Givetian, enlargement: ×5,2.
- Fig. 2: ***Stringophyllum* sp., cross-section.**
Thin-section OeHW1, Hohe Warte-Gipfel, Givetian, enlargement: ×7,3.

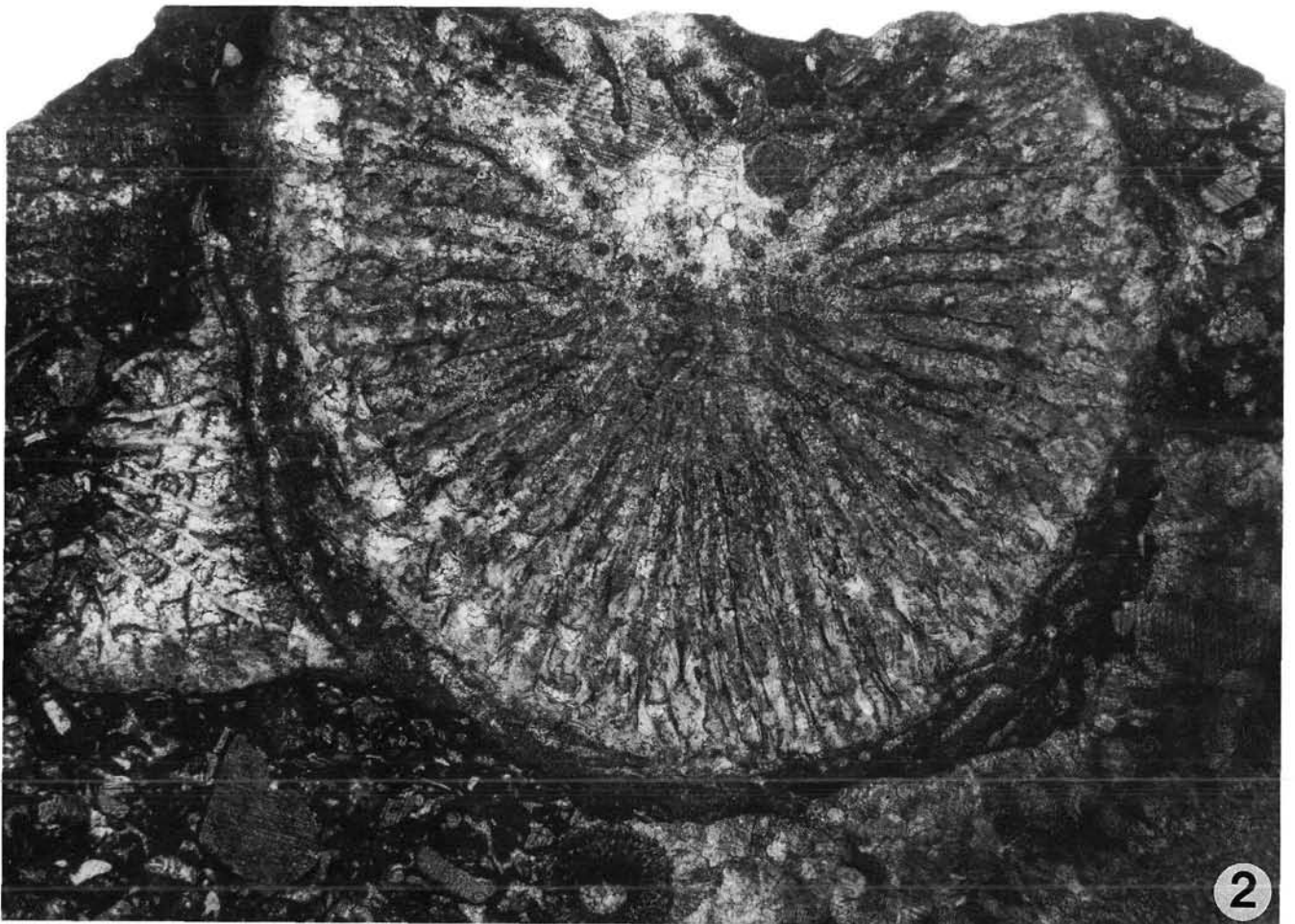
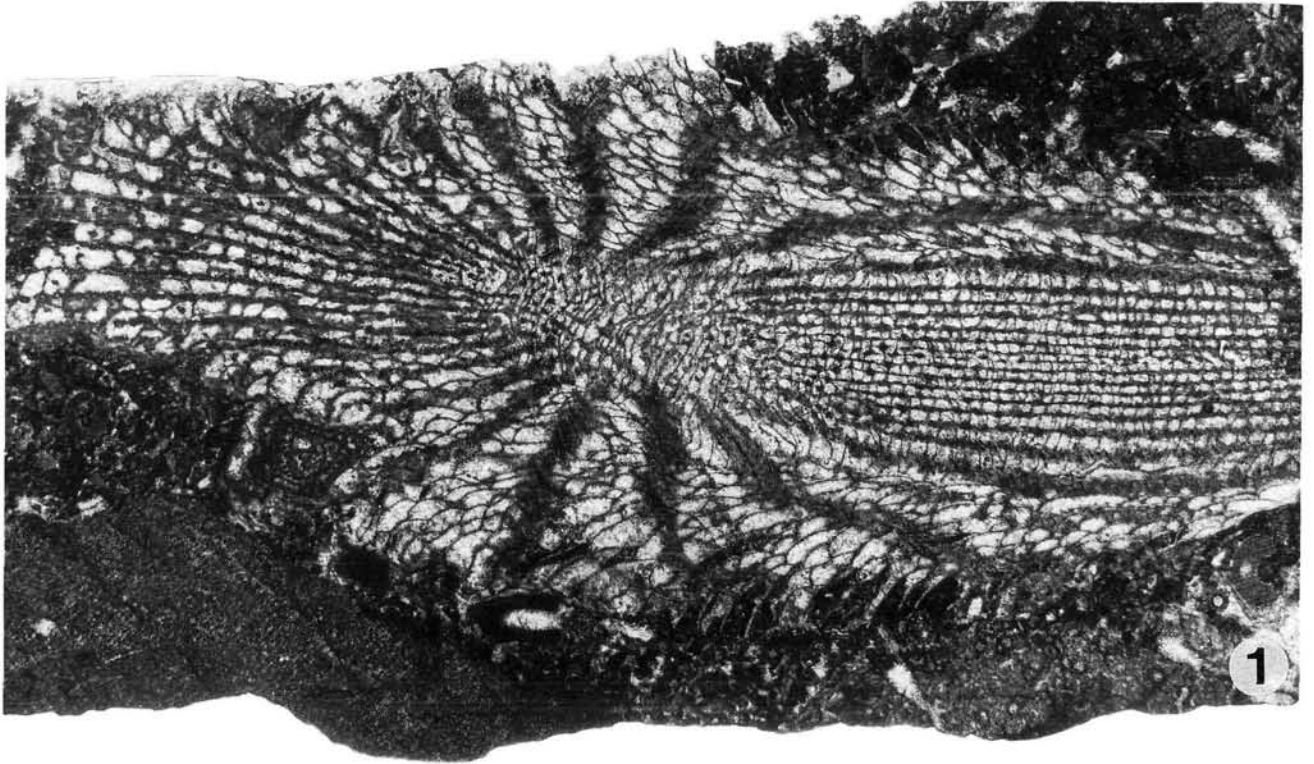


Fig. 1: **Bafflestone mit *Battersbyia* sp.**

Der Schnitt erfolgte parallel zur Schichtung und damit senkrecht zur Wuchsrichtung, wodurch mehrere Individuen des Korallenstockes angeschnitten wurden, der als Sedimentfänger diente.

Schliff OeHW5, Hohe Warte-Gipfel, Givet, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 2: ***Alveolites* sp. wird von einer Stromatopore umwachsen.**

Die Stromatoporenknollen am Kellergrat – meist in situ – können bis zu einem Meter im Durchmesser groß werden.

Schliff 233, Hohe Warte-Nordwand, Givet, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 1: **Bafflestone with *Battersbyia* sp.**

The thin-section was made parallel to the bedding, i.e. perpendicular to the growth direction. Several individuals of one coral colony are cut which acted as a sediment baffler.

Thin-section OeHW5, Hohe Warte-Gipfel, Givetian, enlargement: $\times 5,2$.

Fig. 2: **A stromatoporoid growing around an *Alveolites* coral.**

The stromatoporoids at the Kellergrat can grow up to one meter in diameter. The majority occurs in an in-situ position.

Thin-section 233, Hohe Warte-Nordwand, Givetian, enlargement: $\times 5,2$.

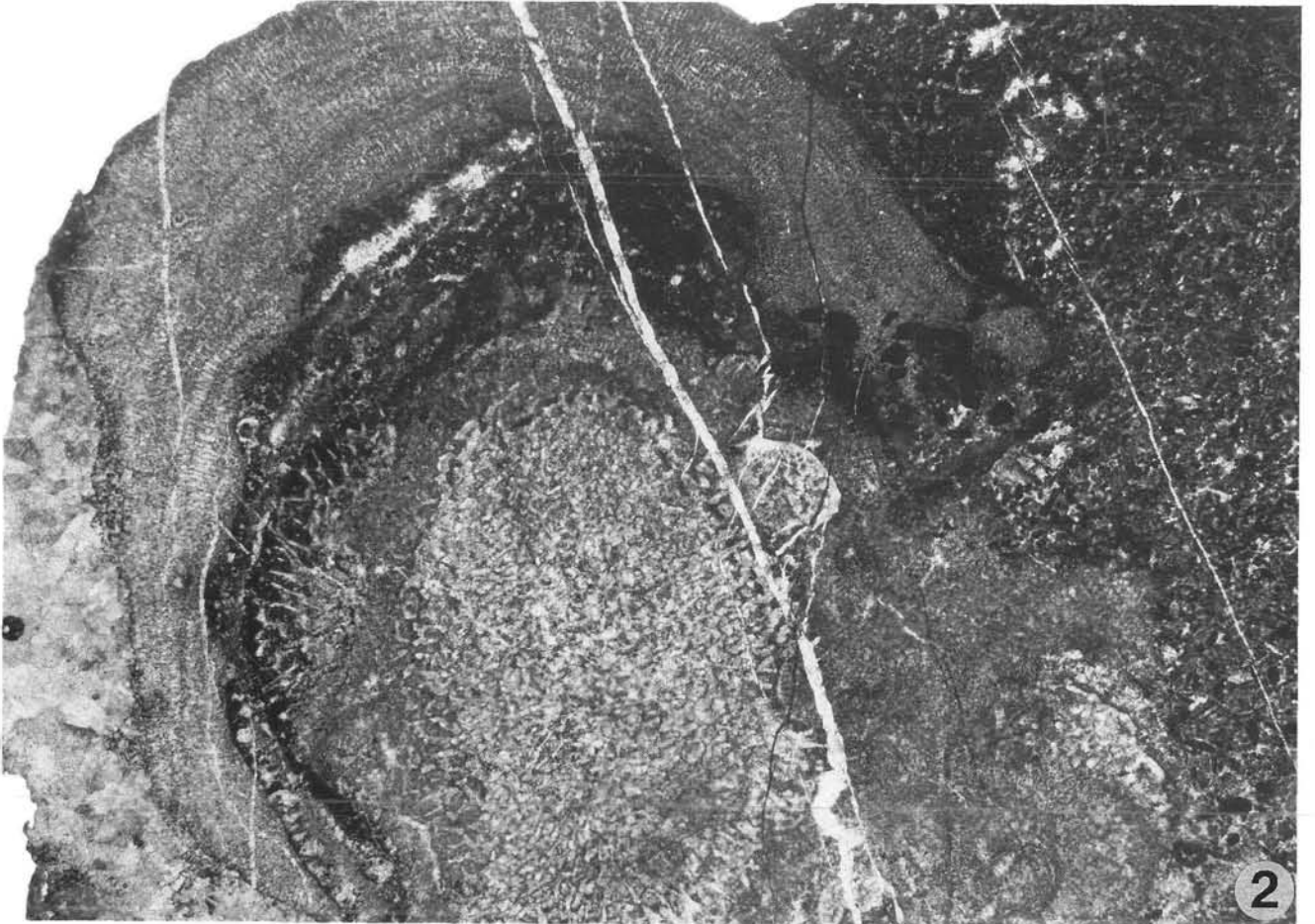
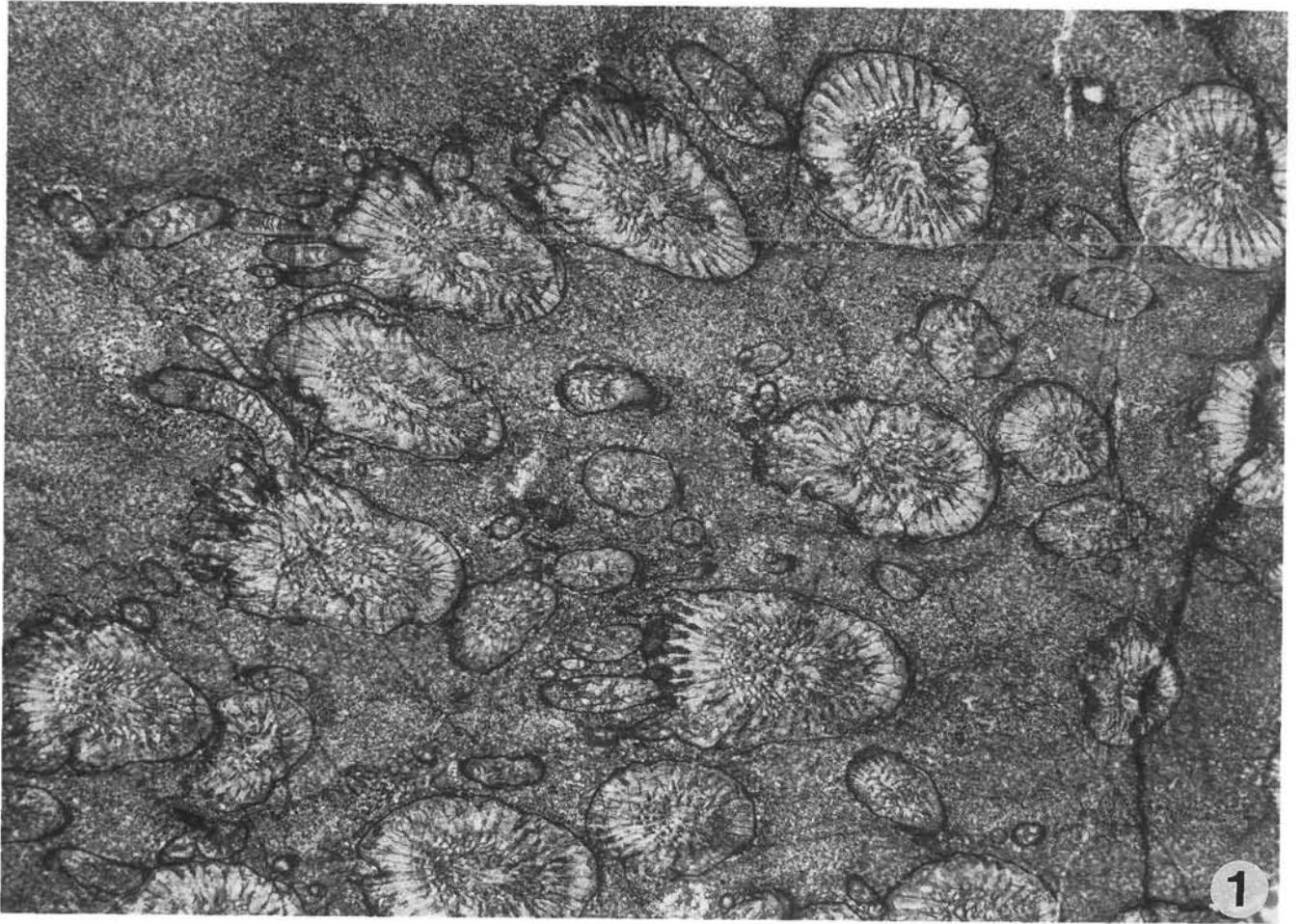


Fig. 1: **In der Unteren *gigas*-Zone wuchsen die letzten Riffe, sie sind am Gipfel des Kollinkofels aufgeschlossen.**

Die Schicht ist teilweise aufgearbeitet und kündigt die im Laufe des Oberdevons fortschreitende Transgression an. Ein großer Lithoklast besteht aus Stromatoporenkrusten (oben im Bild) und *Renalcis turbitus* WRAY (s. auch Fig. 2/Fig. 3), ein den Cyanophyceen (?) zugerechnetes Mikroproblematikum, das typisch ist für die frasnische Riffrandfazies.

Schliff 55, Kollinkofel, *gigas*-Zone, Vergrößerung: $\times 5,2$.

Fig. 2/3: ***Renalcis turbitus* WRAY aus der Unteren *gigas*-Zone.**

Schliff 55, Kollinkofel, Vergrößerung: $\times 46$.

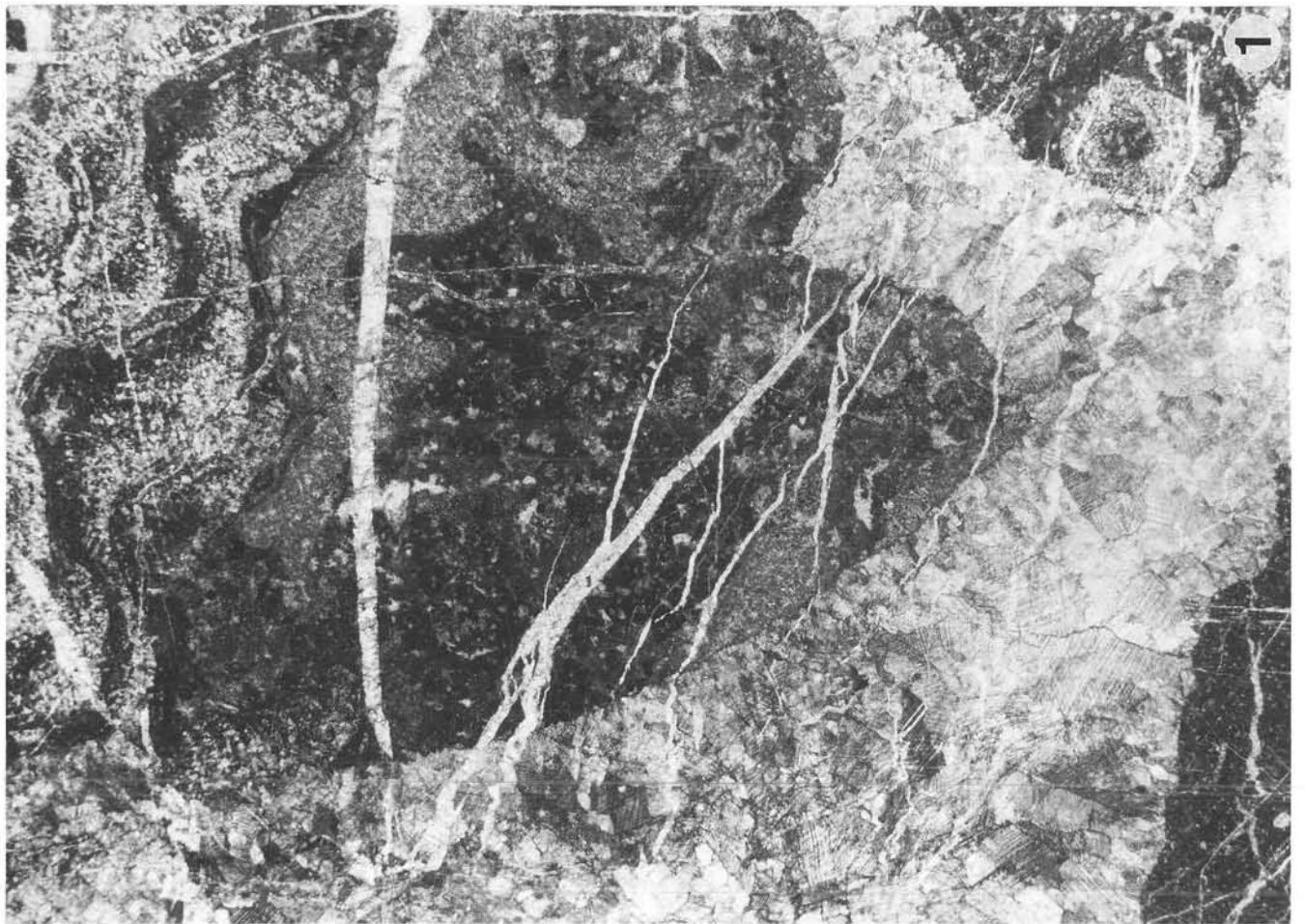
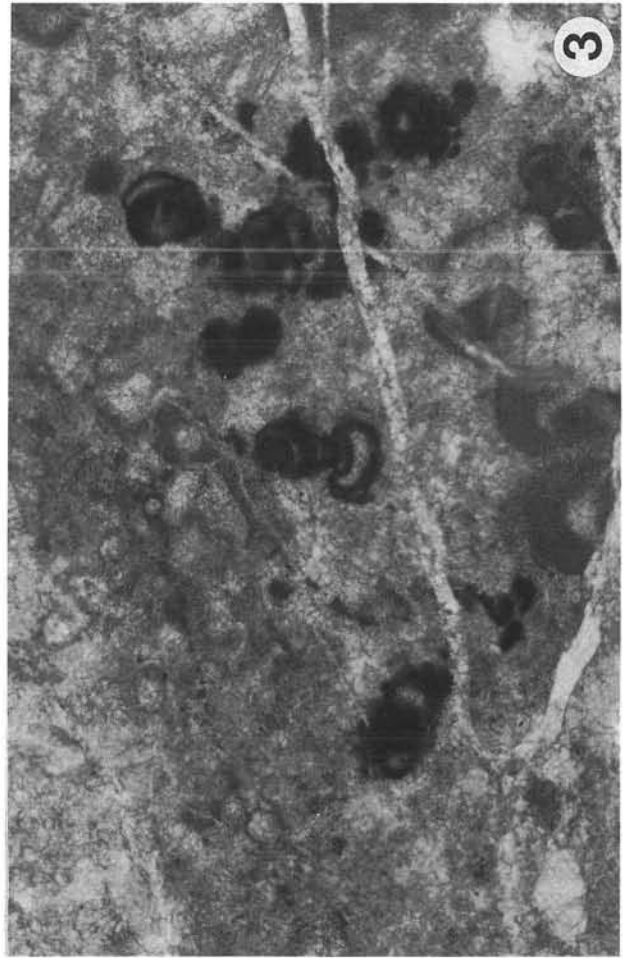
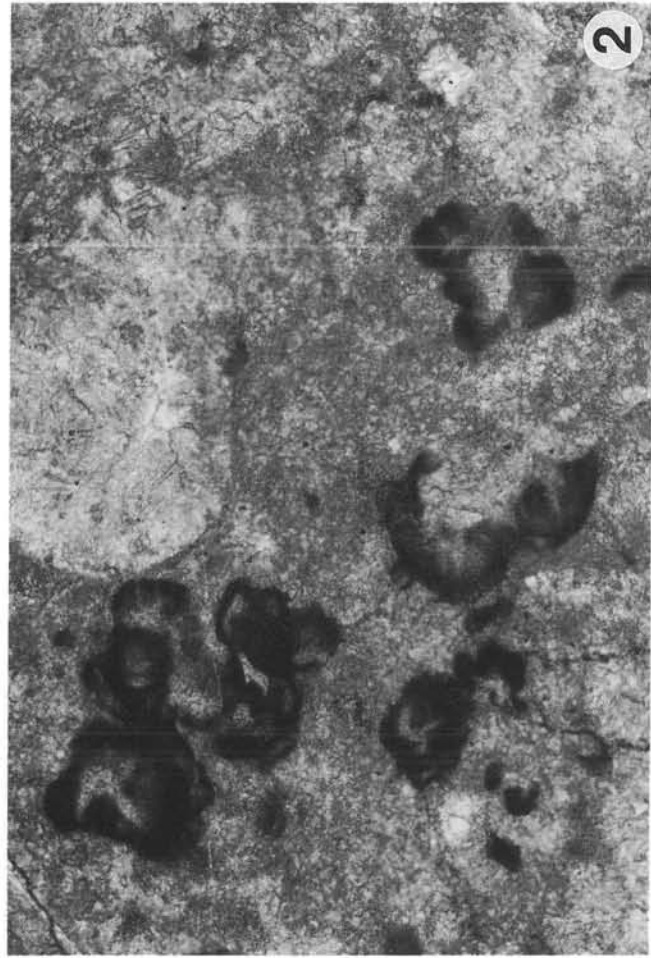
Fig. 1: **In the Lower *gigas* Zone the youngest reefs are developed, they are exposed at the top of Kollinkofel.**

The layer is partly reworked and indicates the transgression that advances during the Upper Devonian. A large lithoclast is composed by stromatoporoid fragments (upper margin) and *Renalcis turbitus* WRAY (centre, also Fig. 2/Fig. 3), a microproblematicum classed with cyanophycean algae (?). *Renalcis* is typical for reef margin facies of Frasnian age.

Thin-section 55, Kollinkofel, *gigas* Zone, enlargement: $\times 5,2$.

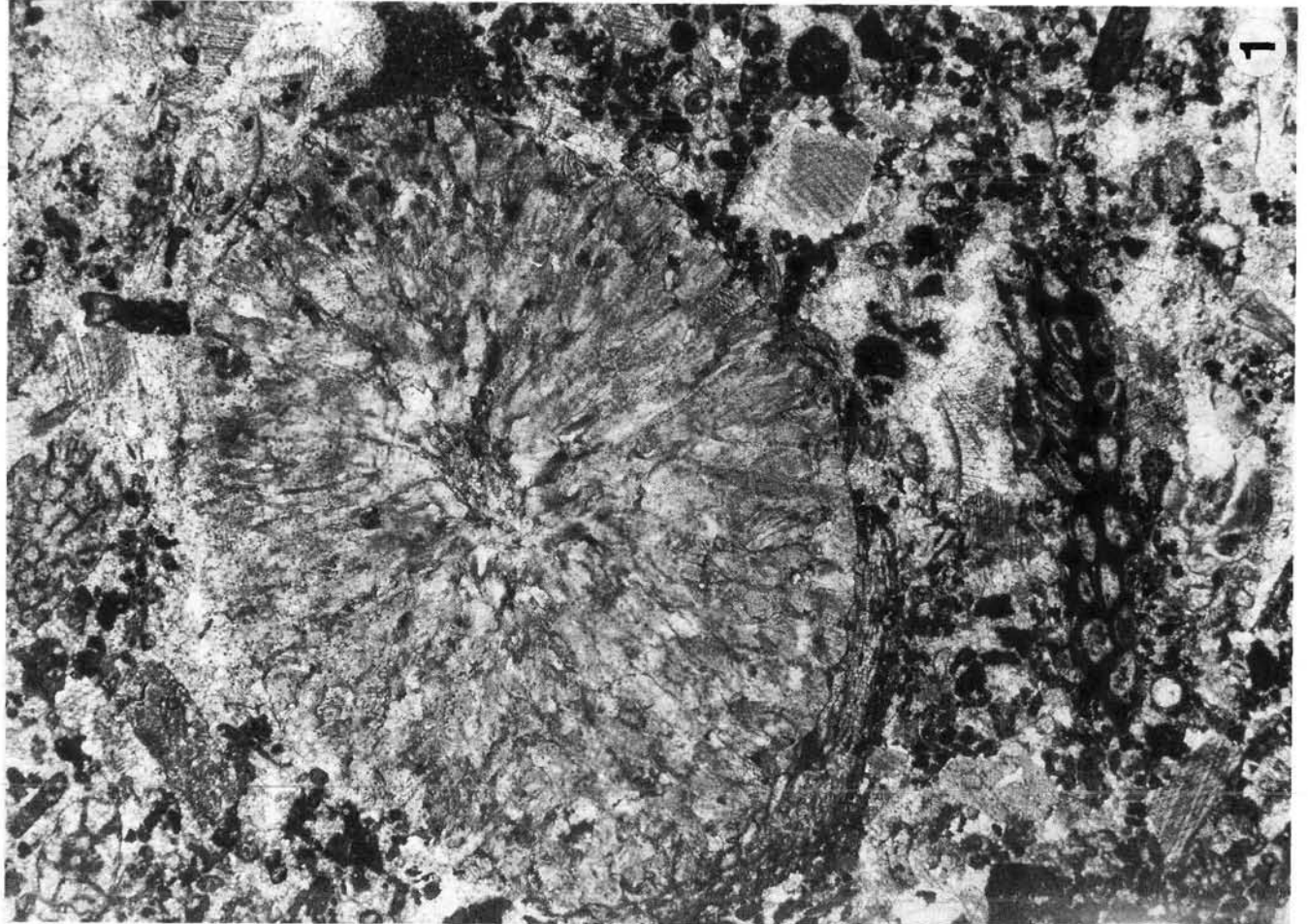
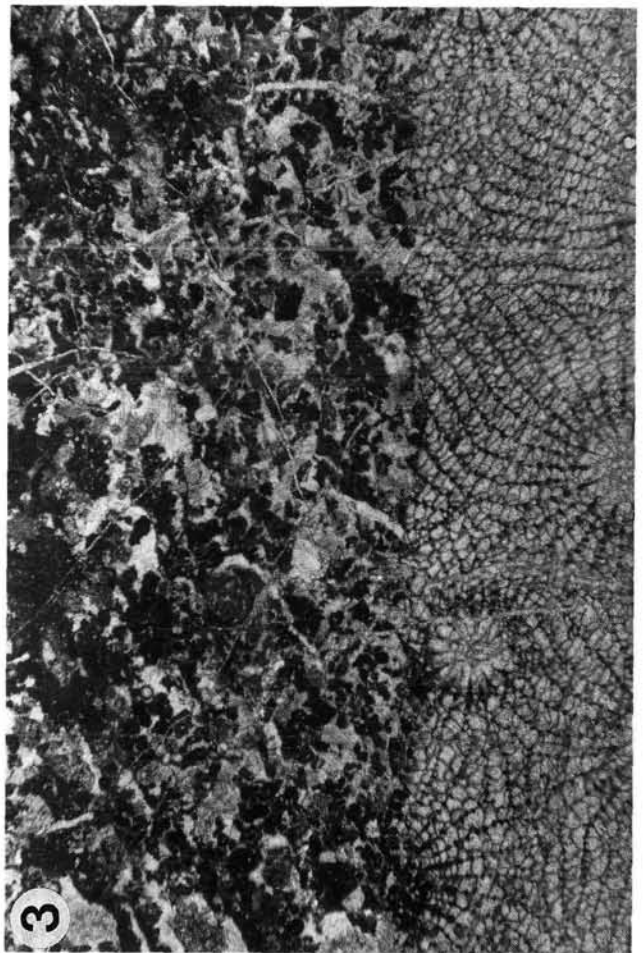
Fig. 2/3: ***Renalcis turbitus* WRAY from the Lower *gigas* Zone.**

Thin-section 55, Kollinkofel, enlargement: $\times 46$.



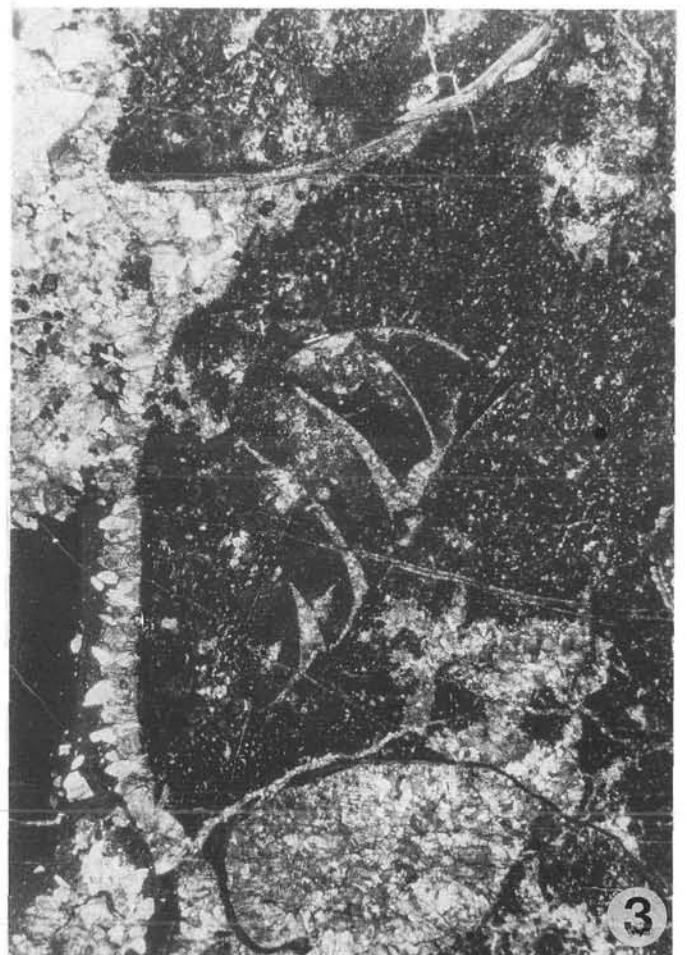
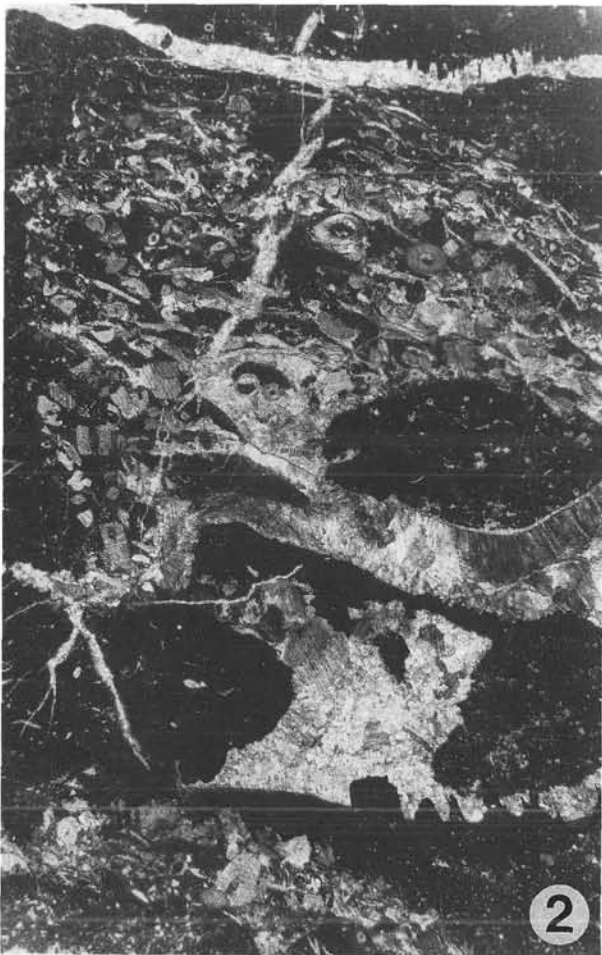
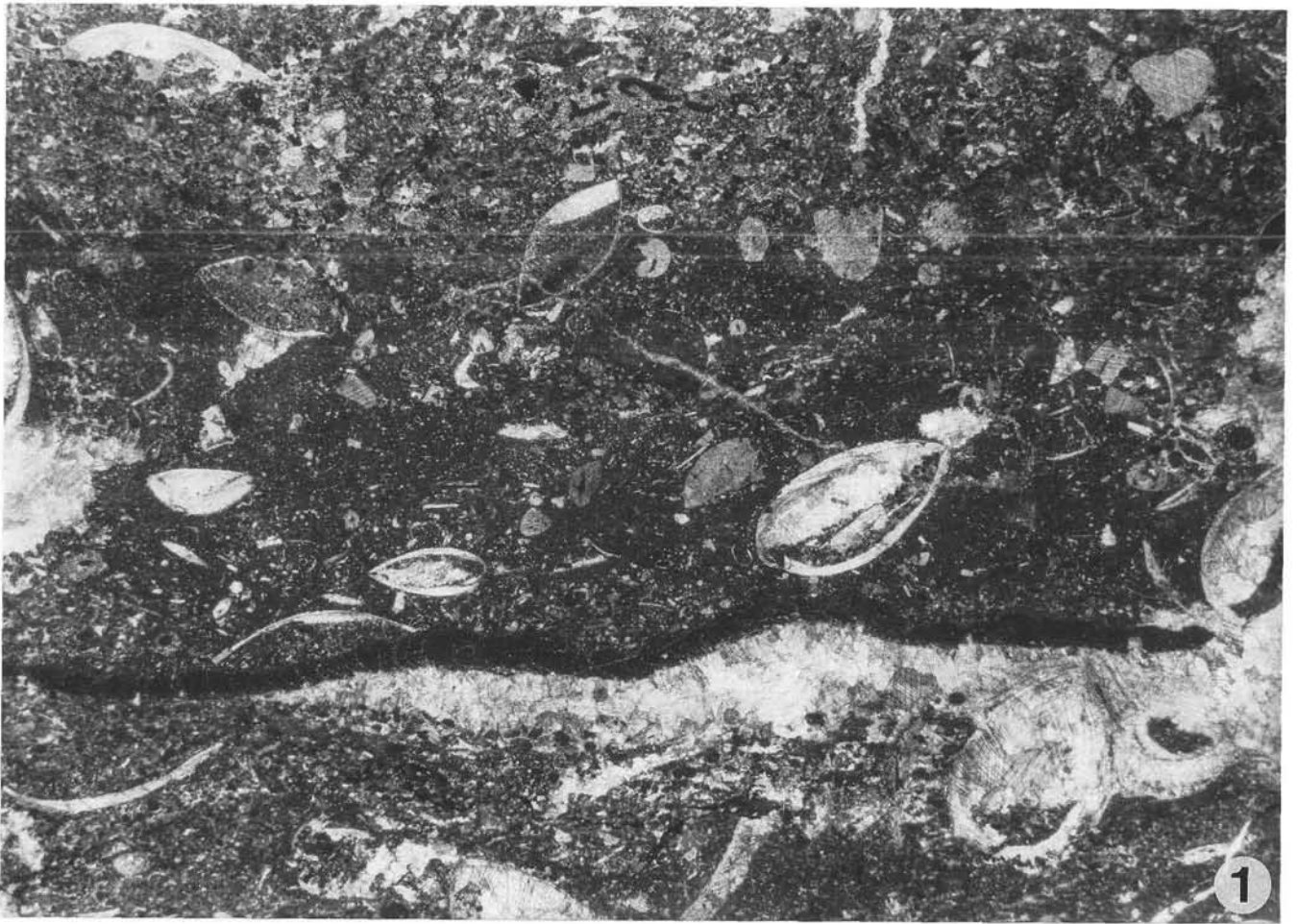
- Fig. 1: ***Stringophyllum* sp., Querschnitt, diagenetisch sehr stark überprägt, umgeben von Rindenkorn-grainstone.**
Schliff OeHW2, Hohe Warte-Nordwand, Givet, Vergrößerung: ×7,3.
- Fig. 2: **Alge (Solenoporacee) aus der *Scruttonia*-Schicht (Fig. 3) am Kollinkofel.**
Schliff 503, Kollinkofel, Frasn, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 3: **Ein Korallenstock von *Scruttonia julli*, überdeckt von Rindenkorn-grainstone.**
Diese Koralle wurde früher in den Karnischen Alpen als *Phillipsastrea* beschrieben, woher die Riffkalke des Frasn fälschlicherweise als *Phillipsastrea*-Kalke bezeichnet wurden.
Schliff OeCC66, Casera Val di Collina, Frasn, Vergrößerung: ×3,7.

- Fig. 1: ***Stringophyllum* sp., cross-section, diagenetically overprinted, surrounded by coated-grain lime grainstone.**
Thin-section OeHW2, Hohe Warte-Nordwand, Givetian, enlargement: ×7,3.
- Fig. 2: **Solenoporacean algae from the *Scruttonia* layer (s. Fig. 3) of Kollinkofel.**
Thin-section 503, Kollinkofel, Frasn, enlargement: ×23.
- Fig. 3: **A *Scruttonia julli* coral colony capped by coated-grain lime grainstone.**
In the Carnic Alps this coral was described as *Phillipsastrea*. Hence, the Frasn reef limestones were falsely named *Phillipsastrea* Limestones.
Thin-section OeCC66, Casera Val di Collina, Frasnian, enlargement: ×3,7.



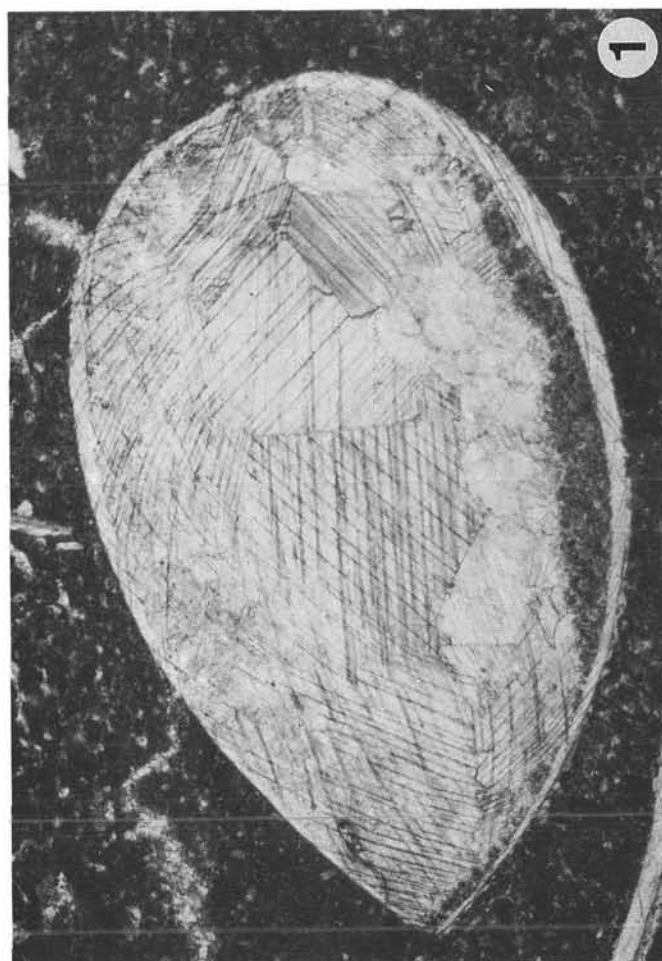
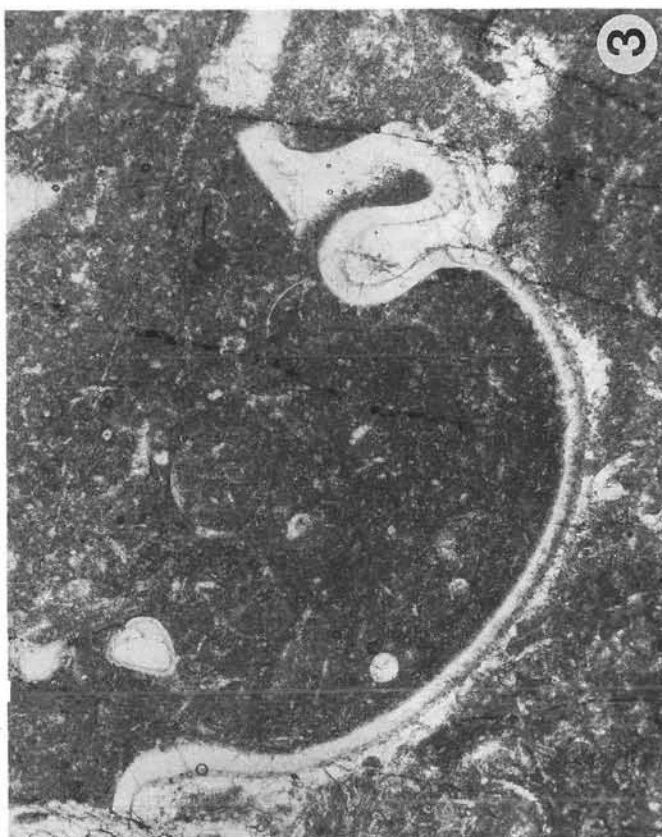
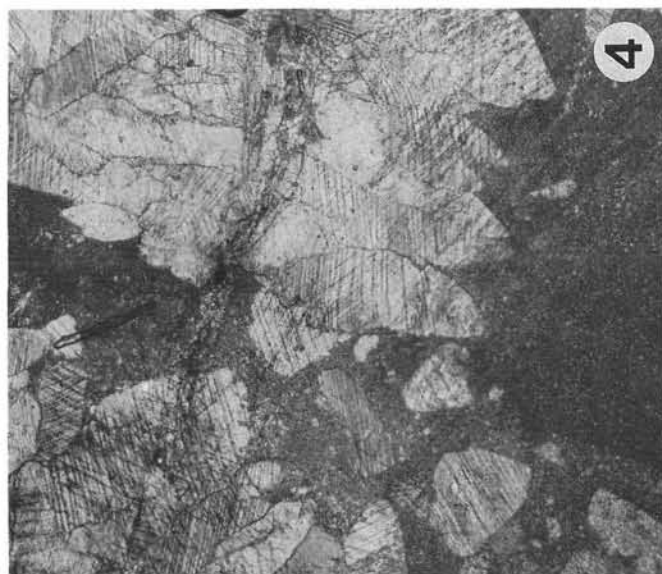
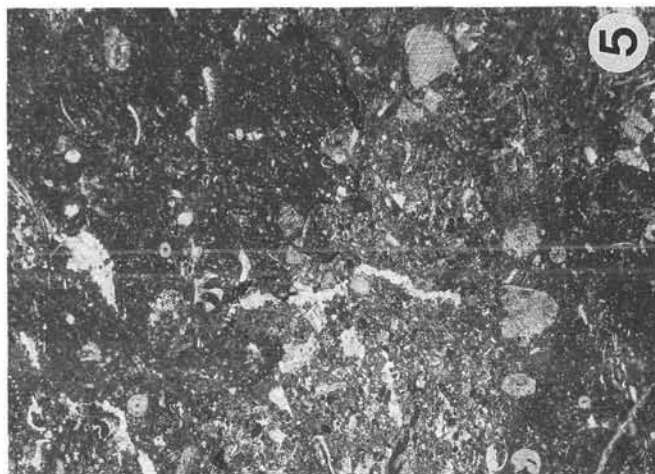
- Fig. 1: **Rhynchonellenkalk mit Geopetalgefüge.**
Nach der Ausfüllung der Hohlräume mit Sparit wurden die einzelnen Brachiopoden teilweise noch einmal umgelagert (unterschiedlich orientierte fossile Wasserwaagen), ein Beweis für die sehr frühe Zementierung. Im unteren Teil beherrscht eine vollständig mikritisierte Schale das Bild, die einen langgestreckten Hohlraum abgeschirmt hat. Das Sediment ist gradiert. Während die Matrix im Mittelteil zwischen den Rhynchonellen mikritisch ist (wacke-/packstone), folgt darüber eine gröbere Lage aus Peloid-grainstone (Taf. 42/Fig. 5). Schliff 56, Kollinkofel, Obere *gigas*-Zone, Vergrößerung: $\times 5,2$.
- Fig. 2: **Bioklastischer pack-/grainstone.**
Im pelagischen Oberdevon-Profil am Kollinkofel gibt es episodisch geschüttete Schichten, die den Einfluß von einem neritischen Flachwasser bezeugen (der hohe Gehalt an Icriodiden im Schutt spricht ebenfalls dafür). Eine grobklastische Lage wurde hier von einer Schuttlage aus Echinodermenfragmenten bedeckt. Schliff 501, Kollinkofel, *marginifera*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 3: **Bivalven- und Lithoklastenschutt (der linke Bildrand zeigt die Oberseite).**
Die Hohlräume sind mit frühdiagenetischem Hundezahnzement umwachsen, der für eine Bildung unter meteorisch-phreatischen Bedingungen spricht (siehe auch Taf. 42/Fig. 2 und 4). Das legt eine Verflachung in der mittleren *crepida*-Zone nahe. Schliff 505, Kollinkofel, mittlere *crepida*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.

- Fig. 1: **Limestone with *Rhynchonella* sp. with geopetal fabrics.**
After the filling of open spaces with sparite the specimens were partly redeposited (differently oriented fossil spirit levels) evidenced by very early cementation. The lower part of the photomicrograph is dominated by a large micritized shell that screened a long extended open space. The whole layer is graded. The matrix is micritic (wacke-/packstone) in the central part (with Rhynchonellae), the overlying stratum (Pl. 42/Fig. 5) is grain supported (peloid lime grainstone). Thin-section 56, Kollinkofel, Upper *gigas* Zone, enlargement: $\times 5,2$.
- Fig. 2: **Bioclastic pack-/grainstone.**
In the pelagic Upper Devonian profile there are episodically deposited debris layers which show influence of a neritic shallow water area (this is supported by the high content of icriodid conodonts in the debris). A coarse-grained lithoclast layer was covered by a layer with echinodermal fragment debris. Thin-section 501, Kollinkofel, *marginifera* Zone, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 3: **Bivalve- and lithoclast debris layer (upside direction is towards left side).**
The open spaces are surrounded by dogtooth cement which was formed in the meteoric-phreatic zone. This suggests an emersion during the Middle *crepida* Zone. Thin-section 505, Kollinkofel, Middle *crepida* Zone, enlargement: $\times 3,7$.



- Fig. 1: **Geopetalgefüge in *Rhynchonella* sp.**
Basal hat sich in der Schale eine dünne Lage Feinsediment abgesetzt. Das vollkommen intakte zweisechalige Gehäuse des Individuums wurde frühdiagenetisch zementiert, was an den teilweise umorientierten Brachiopodengehäusen in der Übersicht (Taf. 40/Fig. 1) erkennbar ist. Später wurden Schale und Zement neomorph überprägt: Die Schale hat keine Eigenstruktur mehr, und die Orientierung des Kalzits der Schale ist gleich mit der des blockigen Hohlraum-Zementes. Schliff K28, Kollinkofel, Obere *gigas*-Zone, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 2: **Ein Hohlraum, der ursprünglich von frühdiagenetischem Hundezahnzement begrenzt wurde, ist periodisch von sehr feingradiert geschichtetem Sediment zugespült worden.**
Dadurch kam die Lamellierung zustande (siehe auch Taf. 41/Fig. 3). Schliff 505, Kollinkofel, Mittlere *crepida*-Zone, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 3: **Querschnitt durch einen Trilobitenpanzer im pelagischen Kalk (bioklastischer wackestone).**
An seiner Unterseite hat der Panzer Hohlräume abgeschirmt. Schliff 907, Kollinkofel, Untere *postera*-Zone, Vergrößerung: ×14.
- Fig. 4: **Grobspätiger Hundezahnzement aus Calcit-Skalenoedern umrandet große Hohlräume.**
Die Hohlräume entstanden durch übereinanderliegende Lithoklasten und wurden später mit feinem Sediment verfüllt (siehe Fig. 2; Taf. 41/Fig. 3). Schliff 505, Kollinkofel, Mittlere *crepida*-Zone, Vergrößerung: ×23.
- Fig. 5: **Bereich aus Taf. 41/Fig. 1, links oben, mit Verlängerung ins Hangende.**
Nach der gröberen Schuttlage (bioklastischer pack-/grainstone) folgt wiederum feinkörnigeres Sediment (bioklastischer wackestone). Schliff 56, Kollinkofel, Obere *gigas*-Zone, Vergrößerung: ×3,7.

- Fig. 1: **Geopetal fabric inside a *Rhynchonella* brachiopod.**
Below a thin layer of finely grained sediment was deposited. The intact shell was cemented early diagenetically observable at the partly redeposited specimens in general view (Pl. 40/Fig. 1). Later the shell and the cement were overprinted: The shell exhibits no primary fabric and the calcite orientation of the shell is identical with the blocky cement. Thin-section K28, Kollinkofel, Upper *gigas* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 2: **Open space surrounded originally by early diagenetic dogtooth cement was periodically filled with finely grained graded sediment causing lamination (Pl. 41/Fig. 3).**
Thin-section 505, Kollinkofel, Middle *crepida* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 3: **Cross-section of a trilobite carapace in a pelagic limestone (bioclastic wackestone).**
At its bottom side the carapace functions as an umbrella. Thin-section 907, Kollinkofel, Lower *postera* Zone, enlargement: ×14.
- Fig. 4: **Sparry dogtooth cement consisting of calcite scalenohedrons surrounds large open spaces formed by successively deposited lithoclasts.**
During a later stage they were filled by finely grained sediment (Fig. 2; Pl. 41/Fig. 3). Thin-section 505, Kollinkofel, Middle *crepida* Zone, enlargement: ×23.
- Fig. 5: **Left part above from Pl. 41/Fig. 1, with extension into upper layer.**
Above the coarse-grained layer (bioclastic pack-/grainstone) finely grained sediment (bioclastic wackestone) occurs again. Thin-section 56, Kollinkofel, Upper *gigas* Zone, enlargement: ×3,7.



- Fig. 1: **Feinschichtung im Algenlaminit (bindstone) hervorgerufen durch den Wechsel von mikritischen Algenlagen (dunkel) und feinkörnigen Dolomitbändern (hellgrau).**
Die einzigen faunistischen Komponenten bestehen aus Ostracoden und Parathuramminaceen.
Schliff 1015, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **Authigene Quarze sind in einigen Lagen so häufig, daß sie sich gegenseitig stützen.**
Sie können als Faziesindikator für salinare Bedingungen gewertet werden.
Schliff 1021, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 3: **Authigener Quarzkristall (unten) mit Calciteinschlüssen (vermutlich umgeben von einem Rotalgen-Gebilde).**
Schliff 1026, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: $\times 92$.
- Fig. 4: **Feingeschichtetes Karbonat, dessen Lamination auf unterschiedliche Korndichte und Auswaschungsgrad zurückzuführen ist.**
Die runden weißen Flecken stammen von Parathuramminaceen, die in diesen Schichten die häufigsten Organismen darstellen (siehe Taf. 44/ Fig. 1–4).
Schliff 1017, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 5: **Ursprünglich laminiertes Karbonat, das von einer Dolomitierungsfront erfaßt wurde und jetzt an den ehemals sparitischen Stellen ein komplettes grobkörniges Dolomit-Mosaikgefüge zeigt.**
Die dunklen Bereiche sind die ehemals mikritischen Lagen und jetzt von zahlreichen "schmutzigen Einschlüssen" (dirty inclusions) durchsetzt. Das auffälligste Gebilde ist der ehemals sparitisch ausgefüllte kuppelförmige Hohlraum, in dem das Dolomitmosaik die geringste "Verschmutzung" aufweist.
Schliff 1024, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 1: **Laminated fabric (bindstone) in algal laminite caused by intense alternation between micritic algal layers (dark) and finely grained dolomite beds (light grey).**
The only faunistic components are ostracod shells and parathuramminaceae.
Thin-section 1015, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 2: **In some layers authigenic quartz crystals are very abundant and can build little frameworks.**
Plenty of authigenic quartz serves as a facies indicator for a high salinity.
Thin-section 1021, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 3: **An authigenic quartz crystal (below) with calcite inclusions (probably surrounded by a Red algae structure).**
Thin-section 1026, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: $\times 92$.
- Fig. 4: **Finely laminated limestone.**
The lamination was caused by different grain density and degree of outwashing. The circular white spots of different sizes represent parathuramminacean foraminifera which are the most frequent biogenetic group (Pl. 44/ Fig. 1–4).
Thin-section 1017, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 5: **An originally laminated limestone was affected by a dolomitization front.**
In the original sparitic areas a complete coarse-grained dolomite mosaic fabric developed. The now dark zones are the former micritic layers and contain many dirty inclusions. The most conspicuous structure is the former sparitic dome-like open-space inside which the dolomite mosaic displays only minor dirty inclusions.
Thin-section 1024, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: $\times 23$.

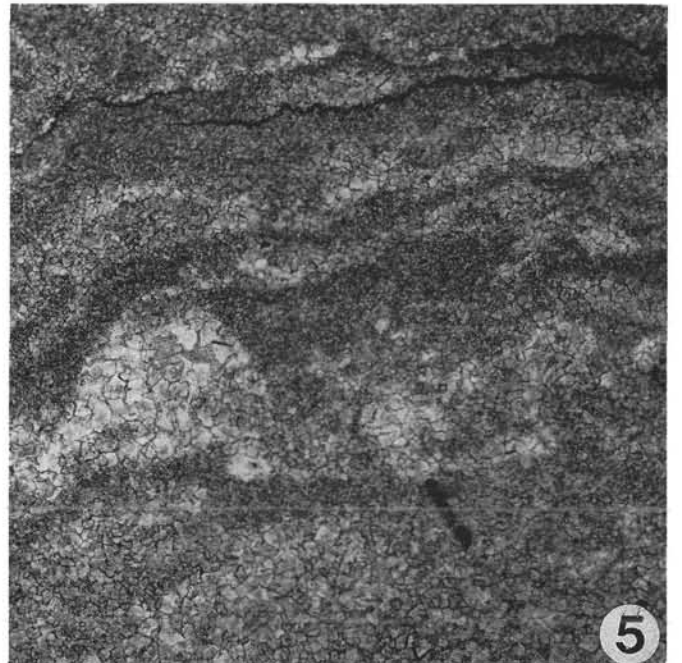
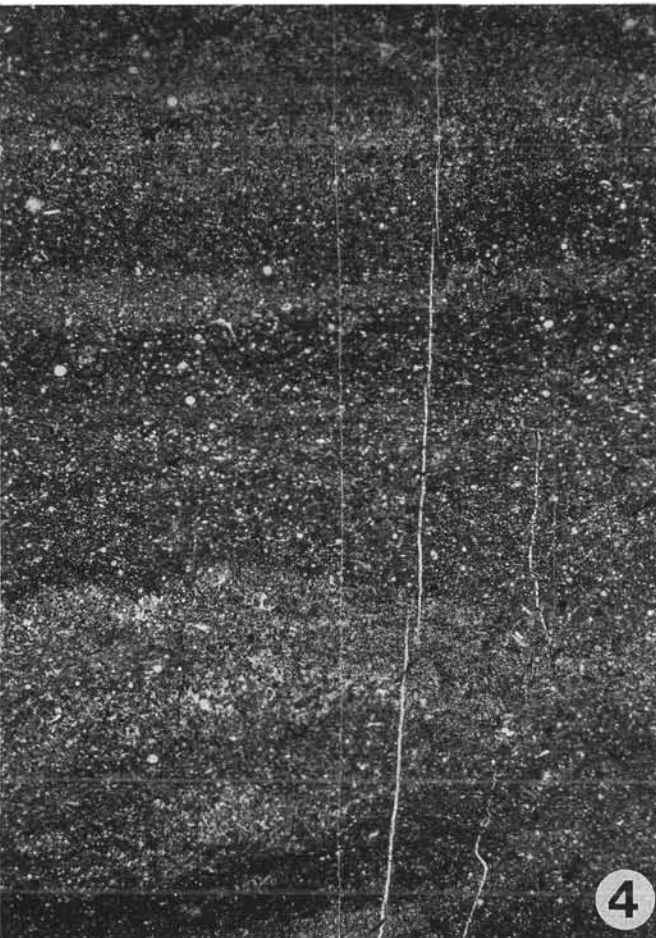
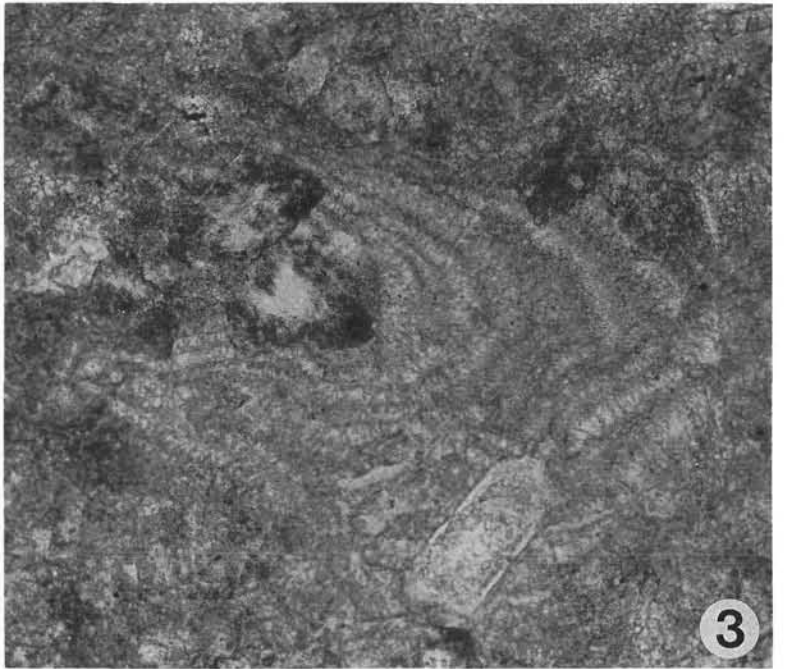
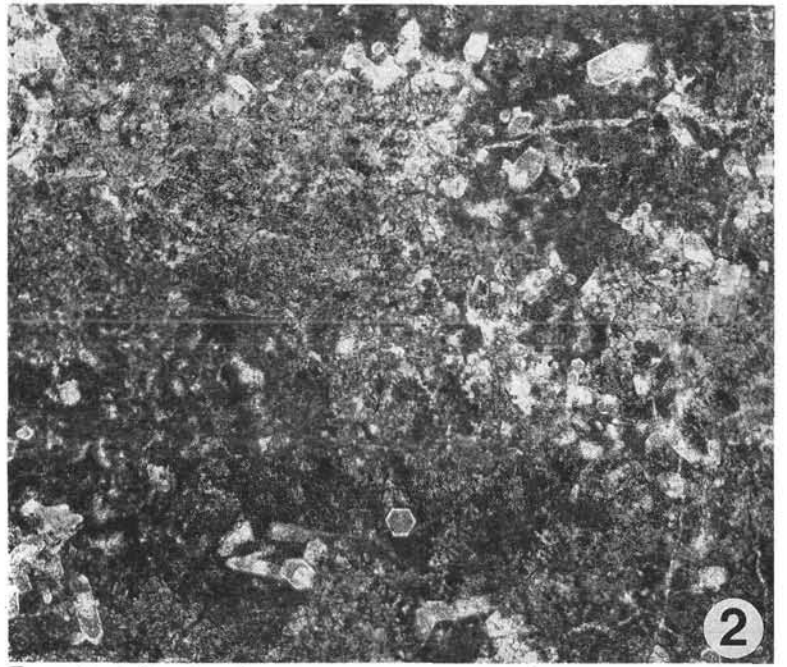


Fig. 1–4: **Peloid-pack-/grainstone mit Parathuramminacea.** Einkammerige Foraminiferen der Gattung *Parathuramina* aus dem Formenkreis *P. dagmarae* SULEIMANOV (unregelmäßig gedornete Rundformen, Fig. 2/3) und cf. *Cribrosphaeroides* sp. (Fig. 1 unten rechts). Die Organismen sind in einem Peloid-pack-/grainstone eingebettet, dessen Matrix nicht rein sparitisch ist, sondern oft Anzeichen von Dolomitisierung hat und mikritisiert sein kann.
Schliff 1017, Polinik-Gipfel, Mitteldevon.
Fig. 1: Vergrößerung: ×46.
Fig. 2: Vergrößerung: ×92.
Fig. 3: Vergrößerung: ×92.
Fig. 4: Vergrößerung: ×46.

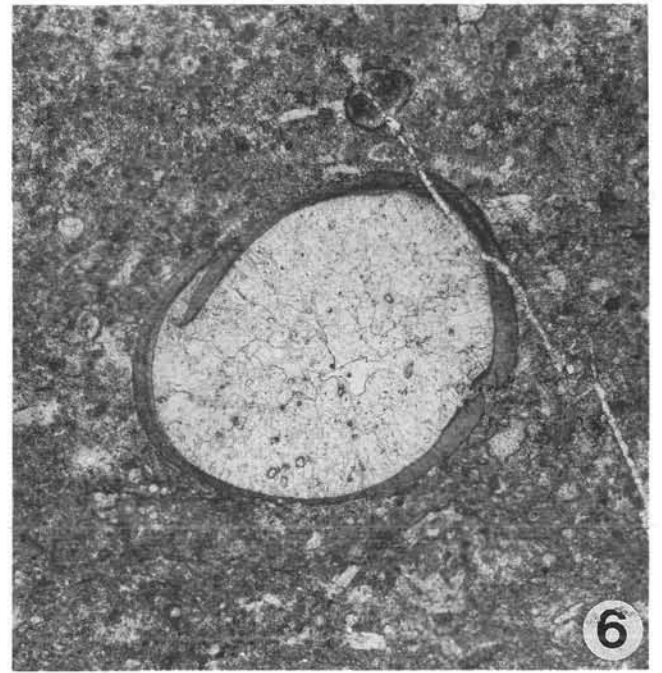
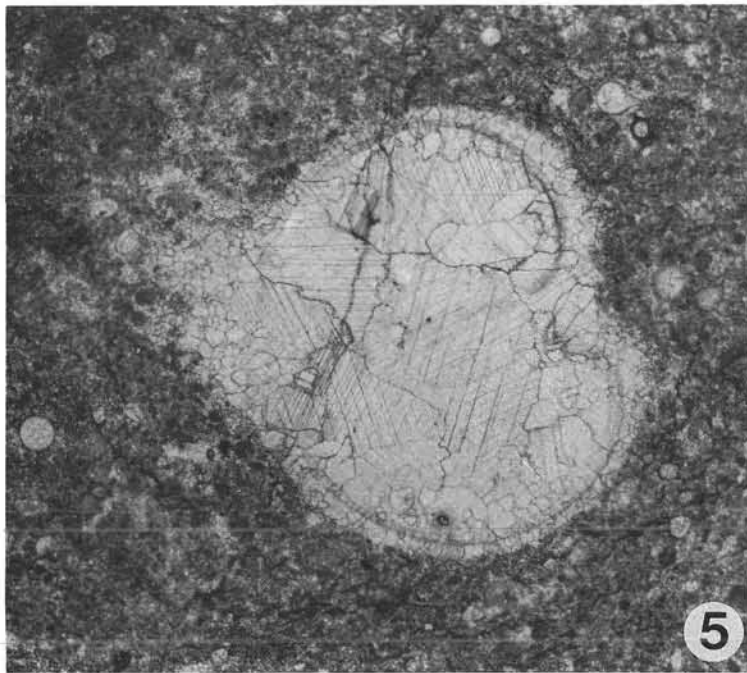
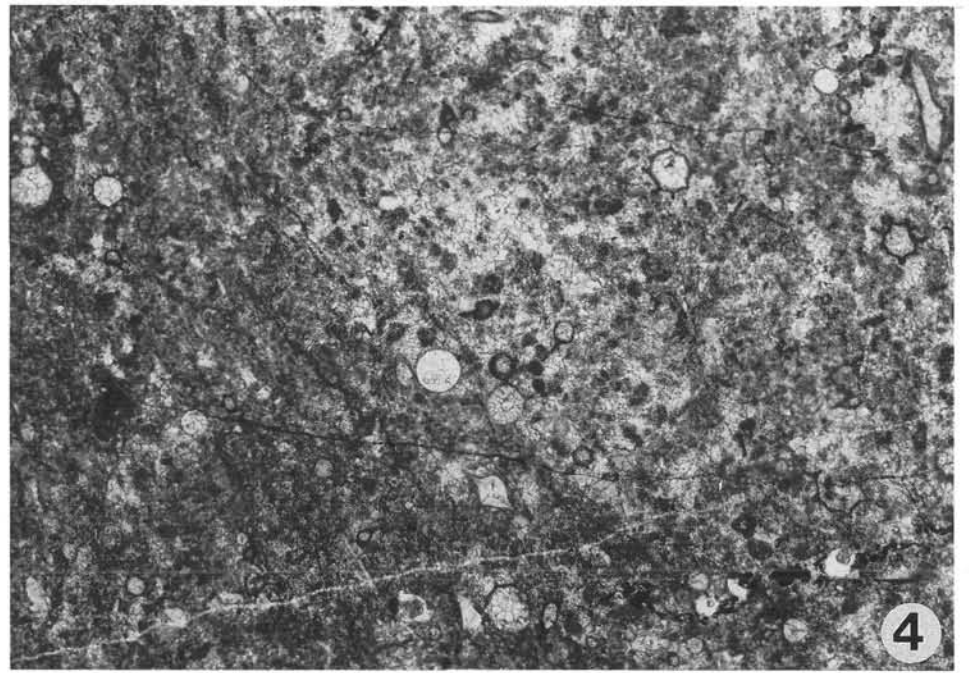
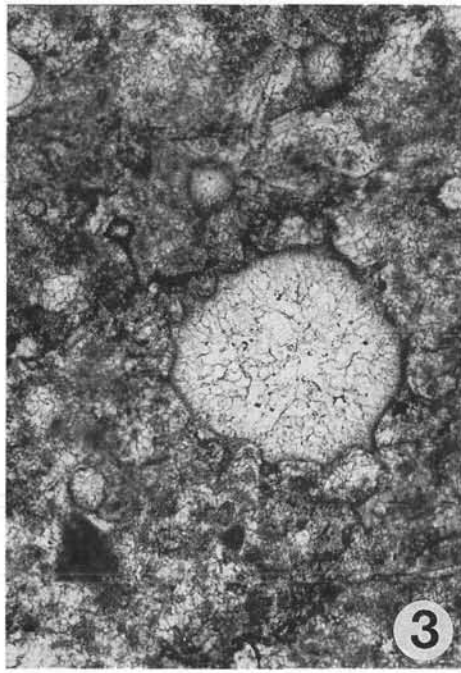
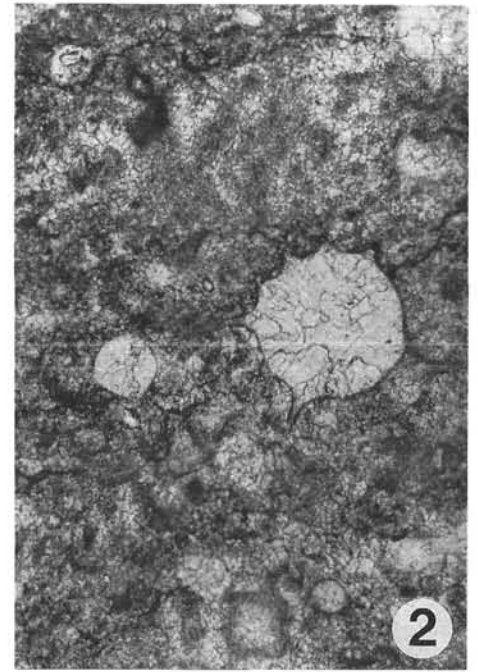
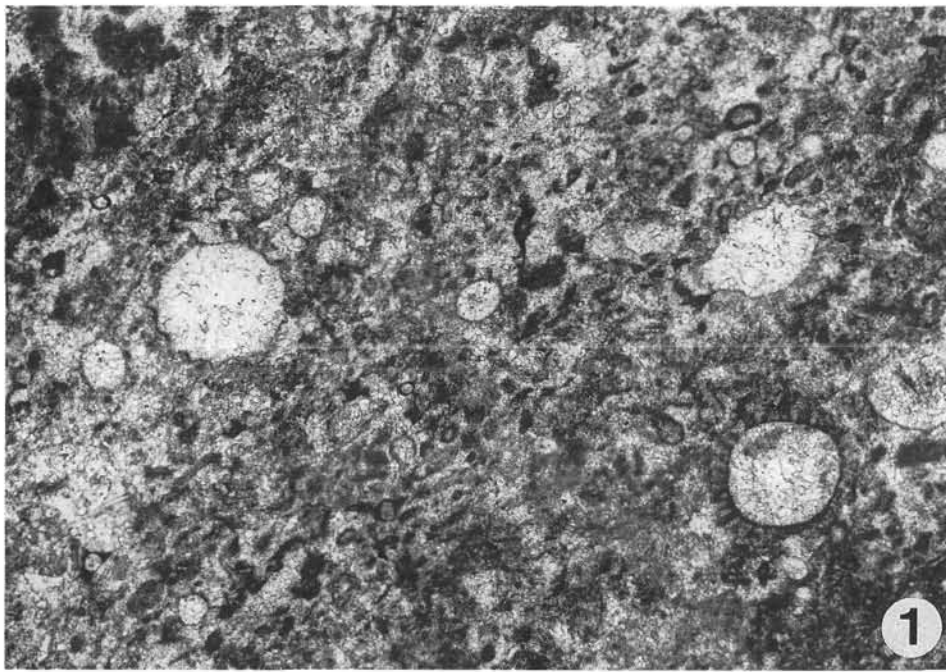
Fig. 5: **Ein Querschnitt durch einen Gastropoden aus einer Parathuramminaceen-Schicht, der noch als Reliktstruktur zu erkennen ist.** Bei genauer Betrachtung ist die keulenförmige Schnittspur der Spindel noch andeutungsweise zu sehen: Sie zieht sich vom rechten Schalenrand in die Mitte hinein. Die Schale ist bereits völlig gelöst, und die neomorphen Kalzitkristalle bilden mit dem groben Blockzement im ehemaligen Hohlraum des Gehäuses bereits eine Gefügeeinheit (vgl. Taf. 29/ Fig. 2).
Schliff 1017, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: ×46.

Fig. 6: **Querschnitt durch einen kompletten Ostracoden-Carapax.** Das Gehäuse ist glatt- und dickschalig, was eine planktonische Lebensweise sehr wahrscheinlich ausschließt. Rechts unten befindet sich das Schloß, links oben überlappen sich die beiden Klappen am Ventralrand. Das Individuum ist in einen Parathuramminaceen-pack-/grainstone eingebettet.
Schliff 1017, Polinik-Gipfel, Mitteldevon, Vergrößerung: ×46.

Fig. 1–4: **Peloid lime pack-/grainstone with Parathuramminacea.** One-chambered foraminifera of the genus *Parathuramina* belonging to the group *P. dagmarae* SULEIMANOV (irregular spined circular forms, Fig. 2/3) and cf. *Cribrosphaeroides* sp. (Fig. 1 below right margin). The organisms are embedded in a peloid-pack-/grainstone the matrix of which is not only sparitic but also can be dolomitized and micritized.
Fig. 1: enlargement: ×46.
Fig. 2: enlargement: ×92.
Fig. 3: enlargement: ×92.
Fig. 4: enlargement: ×46.

Fig. 5: **Cross-section of a gastropod conch from a parathuramminacean limestone.** The conch displays a relic structure. The mesotergum is weakly recognizable: It extends from the right conch margin to the centre. The conch is completely dissolved, and the neomorph calcite crystals form together with the blocky cement a structural unity inside the former open space of the conch.
Thin-section 1017, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: ×46.

Fig. 6: **Cross-section of a complete ostracod carapace.** The shell is smooth and thick-walled suggesting a benthonic habitat. Lower right is the hinge, in the upper left both valves overlap at the ventral margin. The specimen is embedded in a parathuramminacean pack-/grainstone.
Thin-section 1017, Polinik-Gipfel, Middle Devonian, enlargement: ×46.



- Fig. 1: **Lithoklast-grainstone in den pelagischen Pal-Kalken.**
Die Klaster bestehen größtenteils aus fossilfreiem Mikrit.
Schliff 416, Cellon, Obere *rhomboidea*- – Untere *marginifera*-Zone, Vergrößerung: $\times 5,2$.
- Fig. 2: **Ein pelagischer mudstone wird von einer klastischen Aufarbeitungsschicht überdeckt.**
Die Mikritschicht wurde aufgebrochen, wodurch sich die zackige Spalte gebildet hat (siehe Fig. 3).
Schliff 423, Cellon, *crepida*-Zone, Vergrößerung: $\times 5,2$.
- Fig. 3: **Vergrößerung aus Fig. 2: Die kreisförmigen Gebilde sind als Calcisphaeren zu identifizieren (links oben).**
Schliff 423, Cellon, *crepida*-Zone, Vergrößerung: $\times 23$.
- Fig. 4: **Längsschnitt durch einen Bohrgang im Mikrit, der geopetal verfüllt ist.**
Darüber folgt eine Lage aus Peloid-grainstone.
Schliff 418, Cellon, *crepida-rhomboidea*-Zone, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 5: **Lithoklasten aus pelagischem mudstone mit Calcisphaeren (Lithoklast-grainstone).**
Innerhalb der Zwickel sind zwei Zementgenerationen zu unterscheiden. Frühdiagenetischer Faserzement A ist senkrecht auf die Porenwände angewachsen. Dieser Zementtyp ist typisch für das flache Wasser, kann aber auch in pelagischen Regionen mit herabgesetzter Sedimentation auftreten; gerade in devonischen Vorriff-Arealen – wie auch in diesem Beispiel – wurden solche Beobachtungen häufig gemacht. Die dann noch verbliebenen Hohlräume (z. B. unter dem langgestreckten Lithoklast im zentralen Bildteil) wurden schließlich mit Blockzement B ausgefüllt.
Schliff 420, Cellon, *crepida-rhomboidea*-Zone, Vergrößerung: $\times 4,5$.
- Fig. 6: **Zwei Hohlräume vom Typ Stromatactis im pelagischen mudstone, die an der Basis mit Kristallsilt verfüllt sind.**
Schliff Schö81/66, Nölbling-Graben, Famenne, Vergrößerung: $\times 3,7$.
- Fig. 1: **Lithoclast lime packstone in the pelagic Pal Limestone.**
The clasts are composed mainly by micrite.
Thin-section 416, Cellon, Upper *rhomboidea* to Lower *marginifera* Zone, enlargement: $\times 5,2$.
- Fig. 2: **A pelagic mudstone layer is covered by a clastic reworked layer.**
The micritic layer below was broken, so the jagged gap came into being.
Thin-section 423, Cellon, *crepida* Zone, enlargement: $\times 5,2$.
- Fig. 3: **Magnification of Fig. 2: The circular structures in Fig. 2 suggest calcispheres.**
Thin-section 423, Cellon, *crepida* Zone, enlargement: $\times 23$.
- Fig. 4: **Longitudinal section of a burrow in a micrite layer which contains geopetal fabric.**
The layer is covered by a peloid grainstone.
Thin-section 418, Cellon, *crepida-rhomboidea* Zone, enlargement: $\times 3,7$.
- Fig. 5: **Lithoclasts of pelagic mudstone with Calcispheres (lithoclast lime grainstone).**
Between the large grains two generations of cementation are recognizable: Early diagenetic fibrous cement A is grown normally to the particles. This cement type seems typical for shallow water, but also appears in more pelagic regions with restricted sedimentation, for example, it was frequently found in Devonian fore-reef areas. Finally, the open spaces were filled with blocky cement B (for example below the long extended lithoclast in the central part of the photomicrograph).
Thin-section 420, Cellon, *crepida-rhomboidea* Zone, enlargement: $\times 4,5$.
- Fig. 6: **Two open spaces resembling Stromatactis in a pelagic mudstone.**
Their bases are covered by crystal silt.
Thin-section Schö81/66, Nölbling-Graben, Famennian, enlargement: $\times 3,7$.

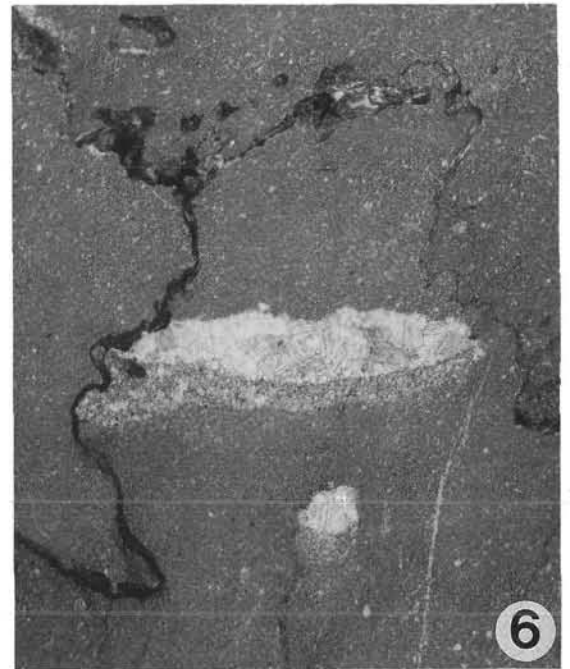
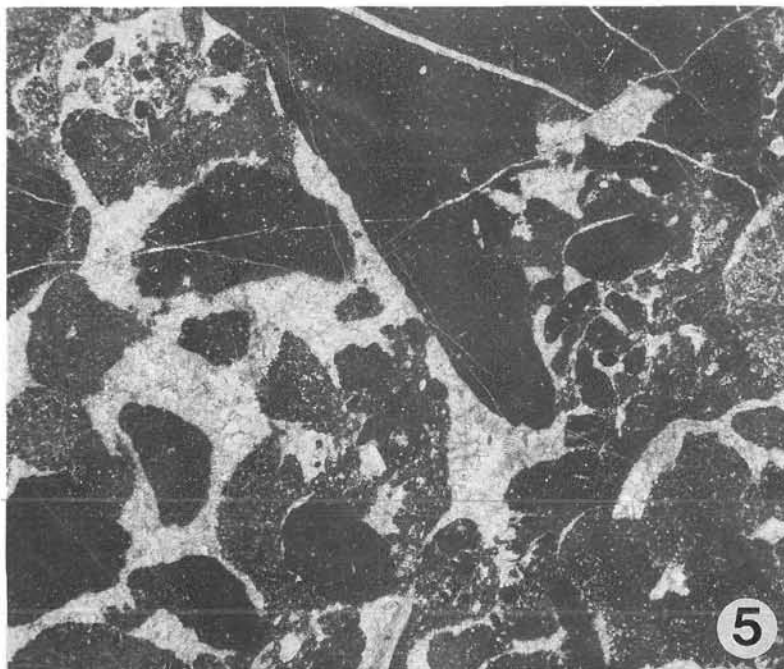
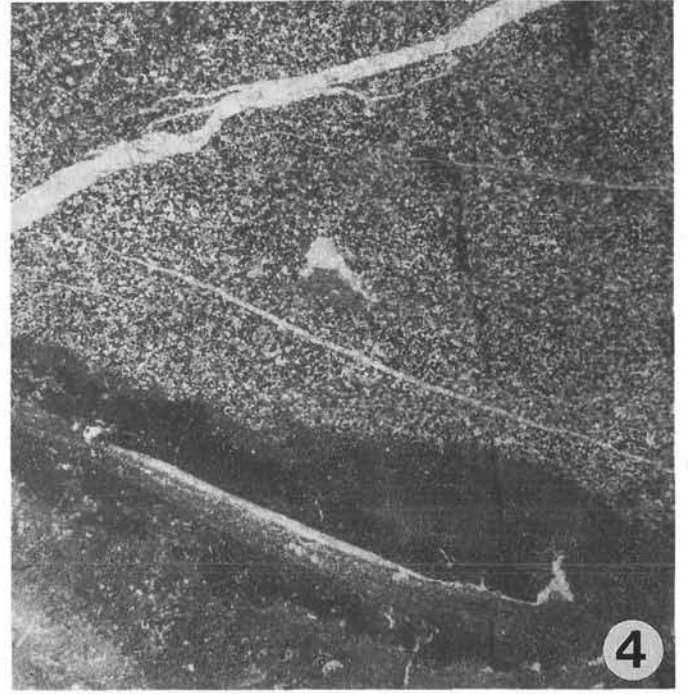
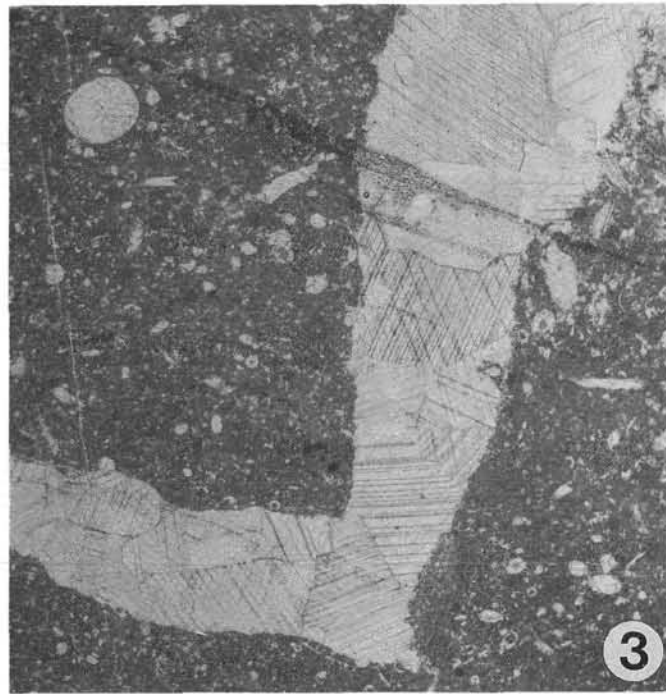
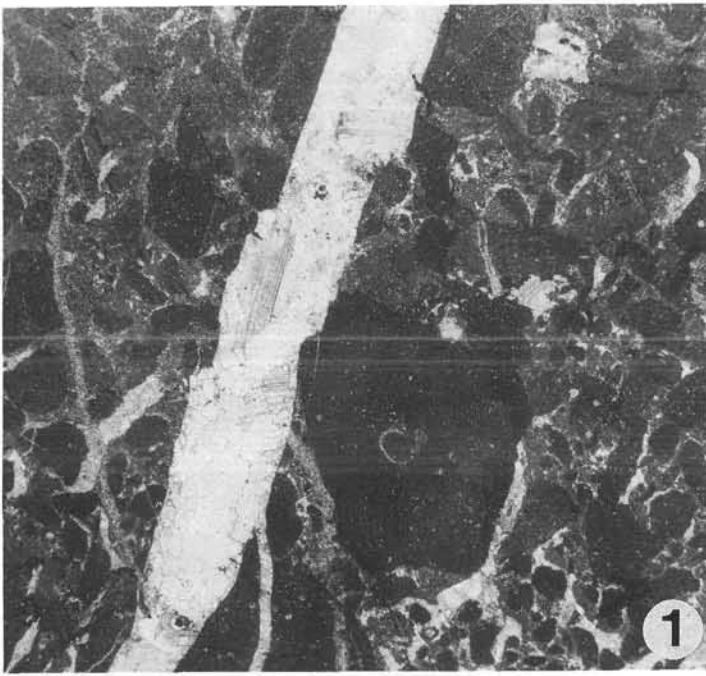


Fig. 1: **Bioklastischer wackestone mit Ostracoden, nicht weiter bestimmbar Sphaeren und einem Querschnitt durch einen Trilobitenpanzer.**

Der Panzer hat einen Hohlraum abgeschirmt. Rechts im Bild eine Stromatactis-Struktur mit basalem Internsediment.

Schliff GS3, Grüne Schneid, *sulcata*-Zone, Vergrößerung: $\times 7,5$.

Fig. 2: **Sphaerenreicher bioklastischer wackestone (unten), der von einem an unlöslichen Substanzen (Tonminerale) reichen mud-/wackestone überlagert wird.**

Im linken oberen Bildteil ist ein Cephalopodenanschnitt zu erkennen, der mit neomorphem Calcit gefüllt ist, die Ursprungsstruktur ist überprägt. Basal ist noch in einzelnen Kammern Internsediment (Pfeil) zu sehen, das von den Scheidewänden eingefangen fossile Wasserwaagen bildet.

Schliff GS6A, Grüne Schneid, Mittlere *praesulcata*-Zone, Vergrößerung: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Goniatiten-wackestone, in dem ein Nabel-Querschnitt das Bild beherrscht.**

Ferner sind kleine Ostracoden an ihren markanten herzförmigen Schnittlagen zu erkennen (links).

Schliff GS5B, *sulcata*-Zone, Vergrößerung: $\times 5$.

Fig. 4: **Bioklastischer wackestone mit Sphaeren, Ostracoden, Filamenten und einem großen Gastropoden-Querschnitt.**

Das Gestein zeigt starken Einfluß von Drucklösung; einzelne Gehäuse sind an den Lösungsbahnen bereits teilweise aufgelöst worden.

Schliff GS6D, Grüne Schneid, Obere *praesulcata*-Zone, Vergrößerung: $\times 6$.

Fig. 1: **Bioclastic wackestone with ostracods, unidentifiable spheres and a cross-section of a trilobite carapace.**

The trilobite screened an open space. At the right margin a Stromatactis-like open space structure with internal sediment at its base.

Thin-section GS3, Grüne Schneid, *sulcata* Zone, enlargement: $\times 7,5$.

Fig. 2: **Radiolarian-rich bioclastic wackestone (below) that is overlain by an insoluble residue-rich mud-/wackestone.**

Left above a cephalopod section filled with neomorph calcite, the original structure is completely recrystallized. At the base of several chambers internal sediment (arrow) is recognizable that formed "fossil spirit levels".

Thin-section GS6A, Grüne Schneid, Middle *praesulcata* Zone, enlargement: $\times 4,5$.

Fig. 3: **Goniatite lime wackestone with photomicrograph-dominating cross-section of an umbilicus of one individual.**

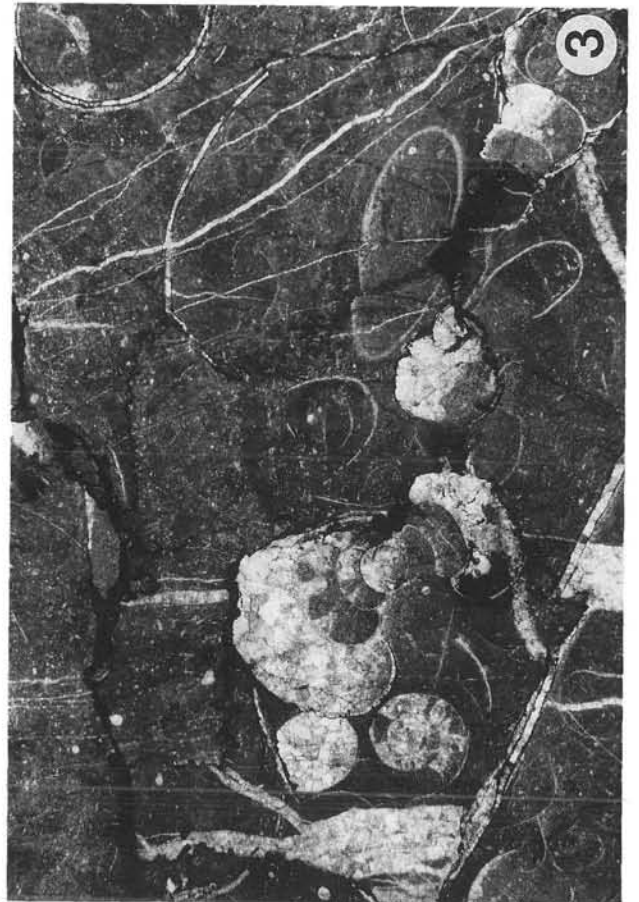
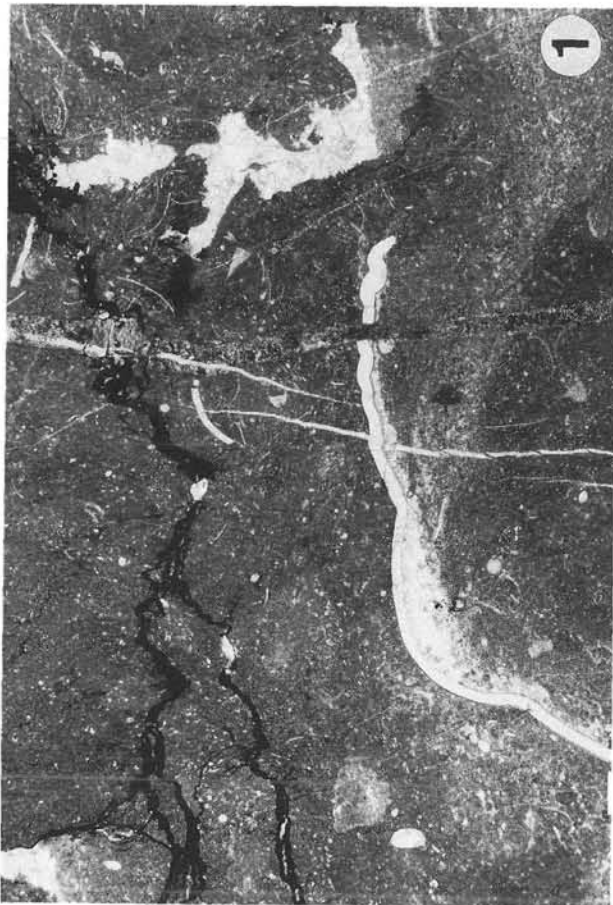
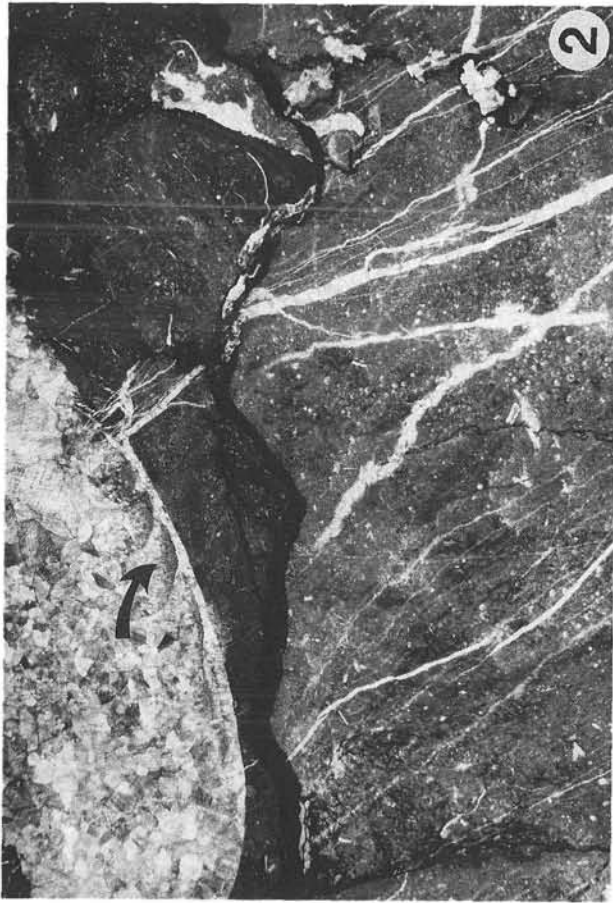
Also little ostracods are recognizable by their typical heart-shaped cross section (above left).

Thin-section GS5B, *sulcata* Zone, enlargement: $\times 5$.

Fig. 4: **Bioclastic wackestone with spheres, ostracods, filaments and a large gastropod cross-section.**

The rock shows a strong influence of pressure solution; several shells are already partly dissolved at the solution planes.

Thin-section GS6D, Grüne Schneid, Upper *praesulcata* Zone, enlargement: $\times 6$.



Literatur – References

- AHR, W.M. (1973): The carbonate ramp: An Alternative to the Shelf model. – *Trans.-Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, **23**: 221–225; Houston.
- ARGNANI, A. & CAVAZZA, W. (1984): New examples of Hercynian angular unconformity in the Southern Alps: Creta di Rio Secco (Eastern Carnic Alps). – *Giorn. di Geol., ser. 3^o, vol. 46/1*: 15–23; Bologna.
- BALL, M.M., SHINN, E.A. & STOCKMAN, K.W. (1967): The geologic effects of Hurricane Donna in South Florida. – *J. Geol.*, **75**: 583–597; Chicago.
- BANDEL, K. (1969): Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See, Zentrale Karnische Alpen). – *Jb. Geol. B.-A.*, **112**: 197–234; Wien.
- BANDEL, K. (1972): Palökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der Zentralen Karnischen Alpen. – *Palaeontographica*, **141**, Abt. A: 1–117; Stuttgart.
- BANDEL, K. (1974): Deep-water limestones from the Devonian-Carboniferous of the Carnic Alps, Austria. – *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, **1974/1**: 93–115; Oxford.
- BATHURST, R.G.C. (1967): Oolitic films on low energy carbonate sand grains, Bimini lagoon, Bahamas. – *Mar. Geol.*, **5**: 89–109; Amsterdam.
- BATHURST, R.G.C. (1975): Carbonate sediments and their diagenesis. – 658 pp, Elsevier; Amsterdam.
- BORNEMANN, I.G. (1886): Beiträge zur Geologie des Muschelkalkes, insbesondere der Schichtenfolge und Gesteine des unteren Muschelkalkes in Thüringen. – *Jb. preuß. Geol. Landesamt*, **1885**: 267–321, 8 Taf.; Berlin.
- BUCH, L. v. (1824): Über die Karnischen Alpen. – *Leonhards Miner. Taschenb.*, **18**, 2. Abt.: 396–437; Frankfurt a.M.
- CANTELLI, C., MANZONI, M. & VAI, G.B. (1965): Ricerche geologiche preliminari sui terreni paleozoici attraversati dalla galleria del Passo di Monte Croce Carnico (Plöcken). Nota I – Dalla progressiva 0 alla progressiva 1000 del tratto Italiano. – *Boll. Soc. Ital.*, **84**: 27–36; Roma.
- CANTELLI, C., MANZONI, M. & VAI, G.B. (1968): Ricerche geologiche preliminari sui terreni paleozoici attraversati dalla galleria del Passo di Monte Croce Carnico (Plöcken). Nota II – Dalla progressiva 1000 alla progressiva 2920 del tratto Italiano. – *Boll. Soc. Ital.*, **87**: 183–193; Roma.
- CHILINGARIAN, G.V. & WOLF, K.H. (eds.) (1988): Diagenesis, I. – *Developments in sedimentary*, **41**: 591 p.; Elsevier Science Publishers B.V.; Amsterdam.
- COOK, H.E. & MULLINS, H.T. (1983): Basin Margin Environment. – In: SCHOLLE, A., BEBOUT, D.G. & MOORE, C.H. (eds.): *Carbonate Depositional Environments*. – *Am. Ass. Petr. Geol.*; Tulsa.
- DAVIS, R.A. (ed.) (1978): *Coastal Sedimentary Environments*. – 420 p., Springer; New York – Heidelberg – Berlin.
- DEROO, G., GAUTHIER, J. & SCHMERBER, G. (1967): Etudes d'environnements carbonates a propos du Devonien des Alpes Carniques. – In: OSWALD, D.H. (ed.), *Internat. Symp. Devonian System*, II: 307–323, *Alberta Soc. Petrol. Geol.*; Calgary.
- DULLO, W.-C. (1992): Mikrofazies und Diagenese der Oberdevonischen Cystoideen-Kalke (Wolayerkalk) und ihrer Schuttfazies (Uggwakalk) in den Karnischen Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **135/1**, 317–333; Wien.
- DUNHAM, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – *Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol.*: **1**, 108–121, 7 pl.; Tulsa.
- EBNER, F. (1973): Foraminiferen aus dem Paläozoikum der Karnischen Alpen. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, **34**: 3–24; Graz.
- ENOS, P. (1977): Holocene sediment accumulations of the South Florida shelf margin. – In: *Quaternary Sedimentation in South Florida* (Ed. by P. ENOS & R.D. PERKINS), *Mem. geol. Soc. Am.*, **147**: 1–130; Boulder.
- ERBEN, H.K., FLÜGEL, H., WALLISER, O.H. (1962): Zum Alter: der Hercynellen führenden Gastropoden-Kalke der Zentralen Karnischen Alpen. – *Symp. Sil./Dev.-Grenze 1960*, 71–79; Stuttgart.
- FERRARI, A. (1968): Tetracoralli delle Alpi Carniche la Fauna di Monte Zermula. – *Giorn. Geol.*, **2/34**: 531–592; Bologna.
- FERRARI, A. & VAI, G.B. (1965): Ricerche stratigraphiche e paleoecologiche al Monte Zermula. – *Giorn. Geol.*, **33**: 389–406, 3 Abb., Taf. 50–54; Bologna.
- FLÜGEL, E. (1956): Revision der Hydrozoen der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, **66**: 41–60; Klagenfurt.
- FLÜGEL, E. (1972): Mikrofazielle Untersuchungen in der alpinen Trias – Methoden und Probleme. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* **21**: 9–64; Innsbruck.
- FLÜGEL, E. (ed.) (1977): *Fossil Algae. Recent results and developments*. – 375 pp., 32 pls., 119 figs.; Springer; Berlin – Heidelberg – New York.
- FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. – 33 Taf., 68 Abb., 57 Tab.; Berlin – Heidelberg – New York.
- FLÜGEL, E. (1982): *Microfacies Analysis of Limestones*. – 633 pp., 53 pls., 78 figs., Springer; Berlin – Heidelberg – New York.
- FLÜGEL, E. (1989): Typen und wirtschaftliche Bedeutung von Riffkalken. – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **10**: 25–32; Wien.
- FLÜGEL, H. (1963): Das Paläozoikum in Österreich. – *Mitt. Geol. Ges.*, **56**: 401–443, 5 Abb., 6 Tab.; Wien.
- FLÜGEL, H. (1965): Vorbericht über mikrofazielle Untersuchung des Silurs des Cellon-Lawinenrisses (Karnische Alpen). – *Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl.*, **1965**: 289–297; Wien.
- FLÜGEL, H. et al. (1977): Carnic Alps. – In: *The Silurian-Devonian Boundary*. – *IUGS Series A*, No. **5**: 126–142; Stuttgart.
- FOLK, R.L. (1959): Practical petrographic classification of limestones. – *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, **43**: 1–38; Tulsa.
- FRECH, F. (1887a): Ueber Bau und Entstehung der karnischen Alpen. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **1887**, 739; Berlin.
- FRECH, F. (1887b): Ueber das Devon der Ostalpen nebst Bemerkungen ueber das Silur und einem palaeontologischen Anhang. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **1887**, p. 659; Berlin.
- FRECH, F. (1892): Ueber das Devon der Ostalpen II. Mit 4 palaeontologischen Tafeln. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **1891**, p. 672; Berlin.
- FRECH, F. (1894a): Die Karnischen Alpen. – *Verl. Max Niemeyer*, 517 S.; Halle.
- FRECH, F. (1894b): Ueber das Devon der Ostalpen III. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **46**: 446–479, Taf. 30–37; Berlin.
- FRECH, F. (1896): Ueber devonische Korallen aus den Karnischen Alpen. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **1896**, p. 199; Berlin.
- FRIEDMAN, G.M. (1968): Geology and geochemistry of reefs, carbonate sediments and waters, Gulf of Aquaba (Elat), Red Sea. – *J. Sed. Petrol.*, **38/3**: 895–919, 32 figs.; Tulsa.
- FRIEDMAN, G.M. (1969): Depositional Environments in Carbonate Rocks. – *Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Publ.*, **14**: 208 pp; Tulsa.
- FRIEDMAN, G.M., BARZEL, A. & DERIN, B. (1971): Paleoenvironmental of Jurassic in the Coastal Belt of Northern and Central Israel and Their Significance in the Search for Petroleum Reservoirs. – *Inst. Petrol. Res. Geophys. Geol. Surv. Israel, Oil Div. Rep.*, OD/1/71, 26 pp; Jerusalem.
- GAERTNER, H.R.v. (1927): Vorläufige Mitteilung zur Geologie der Karnischen Alpen. – *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark*, **63**: 111–118; Graz.
- GAERTNER, H.R.v. (1929): Deckenbau der Karnischen Alpen. – *Geol. Rundschau*, **XX**: S. 388; Stuttgart.
- GAERTNER, H.R.v. (1931): Geologie der Zentralkarnischen Alpen. – *Denkschr. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl.*, **102**: 113–199; Wien.

- GALLI, G. (1985): Depositional Environments in the Devonian Limestone Succession of the Cima Ombladet (Carnic Alps, Italy). – *Facies*, **12**: 97–112, 2 Taf., 5 Abb.; Erlangen.
- GEVIRTZ, J.L. & FRIEDMAN, G.M. (1966): Deep-sea carbonate sediments of the Red Sea and their implications on marine lithification. – *J. Sed. Petrol.*, **36**/1: 143–151, 13 figs., 1 pl.; Tulsa.
- GEYER, G. (1894): Zur Stratigraphie der palaeozoischen Schichtserie in den Karnischen Alpen. – *Verh. Geol. R.-A.*, **1894**: 102–119; Wien.
- GEYER, G. (1895): Aus dem palaeozoischen Gebiete der Karnischen Alpen. – *Verh. Geol. R.-A.*, 1895: 60–90; Wien.
- GEYER, G. (1897): Ueber ein neues Vorkommen palaeozoischer, wahrscheinlich carbonischer Schichten bei Köttschach in den Gailthaler Alpen. – *Verh. Geol. R.-A.*, p. 341; Wien.
- GEYER, G. (1898): Ueber die Hauptkette der Karnischen Alpen. – *Zeitschr. d. Deutsch. u. Oesterr. Alpenvereins*, Bd. **XXIX**, 280–326; München.
- GINSBURG, R.N. (1956): Environmental relationships of grain size and constituent particles in some south Florida carbonate sediments. – *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **40**: 2384–2427; Tulsa.
- GÖDDERTZ, B. (1982): Zur Geologie und Conodontenstratigraphie der Raunkofelböden und des Raunkofels in den Zentralen Karnischen Alpen. – Unveröff. Dipl.-Arb., Rhein. Friedr.-Wilh.-Univ. Bonn, 88 S.; Bonn.
- GORTANI, M. (1906): Sopra alcuni fossili neocarboniferi delle Alpi Carniche. – *Boll. Soc. geol. Ital.*, **25**: 257–276; Roma.
- GORTANI, M. (1926): Le condizioni geologiche delle conca di Volaiia (Alpi carniche). – *Rend. R. Acc. Sc. Bologna*, n.s., **30**: 87–97; Bologna.
- GÜMBEL, C.W. (1873): Mikroskopische Untersuchungen alpiner Triaskalke und Dolomite. – *Verh. geol. R.-A.*, **7**(8): 141–144; Wien.
- HAM, W.E. (ed.): (1962): *Classification of Carbonate Rocks*. – *Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **1**, 279 pp; Tulsa.
- HERITSCH, F. (1936): Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit variszischem und alpidischem Bau. – *Geol. Inst. Univ. Graz*, 205 S.; Graz.
- HOROWITZ, A.S. & POTTER, P.E. (1971): *Introductory Petrography of Fossils*. – 100 pl., 28 fig., 301 pp. Springer; Berlin – Heidelberg – New York.
- HOVELACQUE, M. & KILIAN, C.C.W. (1900): *Album de microphotographies de roches sédimentaires, d'après les échantillons recueillis et choisis par W. Kilian*. – 14 pp, 69 pl., Gauthier-Villars; Paris.
- HSÜ, K.J. & SIEGENTHALER, W. (1969): Preliminary experiments on hydrodynamic movement induced by evaporation and their bearing on the dolomite problem. – *Sedimentology*, **12**: 11–25; Amsterdam.
- ILLING, L.V. (1954): Bahamian calcareous sands. – *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **38**: 1–95; Tulsa.
- IMBRIE, J. & PURDY, E.G. (1962): Classification of modern Bahamian carbonate sediments. – *Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **1**: 253–272, 13 fig; Tulsa.
- IRWIN, M.L. (1965): General theory of epeiric clear water sedimentation. – *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **49**/4: 445–459, 12 fig; Tulsa.
- JAEGER, H. & PÖLSLER, P. (1968): Bericht über die geologische Aufnahme des Findenigkofels (Monte Lodin) in den Karnischen Alpen (Kärnten). – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1968**: 149–155, 1 Abb.; Wien.
- JAEGER, H. & SCHÖNLAUB, H.P. (1970): Ein Beitrag zum Verhältnis Conodonten-Parachronologie/Graptolithen-Orthochronologie im älteren Silur. – *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1970**: 85–90; Wien.
- JAMES, N.P. (1979): Reefs. – In: WALKER, R.B. (ed.): *Facies Models*. – *Geosci. Reprint Ser.*, **1**: 121–132; Ottawa.
- JHAVERI, R.B. (1969): Unterdevonische Gastropoden aus den Karnischen Alpen. – *Palaeontographica Abt. A*, **133**, 146–176; Stuttgart.
- JOHNSON, J.G., KLAPPER, G. & SANDBERG, C.A. (1985): Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. – *Geol. Soc. Am. Bull.*, **96**: 567–587, 12 fig.; Boulder.
- KENDALL, C.G.St.C. & SKIPWITH, P.A.d'E. (1968): Recent algal mats of a Persian Gulf lagoon. – *J. Sed. Petrol.*, **38**: 1040–1058; Tulsa.
- KENDALL, C.G.St.C. & SKIPWITH, P.A.d'E. (1969): Holocene shallow-water carbonate and evaporite sediments of Khor al Bazam, Abu Dhabi, southwest Persian Gulf. – *Bull. Am. Ass. petrol. Geol.*, **53**: 841–869; Tulsa.
- KINSMAN, D.J.J. (1964): The recent carbonate sediments near Halat El Bahrani, Trucial Coast, Persian Gulf. – In: *Deltaic and Shallow Marine Deposits* (Ed. by L.M.J.U. v. STRAATEN), *Developm. in Sed.*, **1**: 185–192; Amsterdam.
- KODSI, M.G. (1971): Korallen aus dem Unterdevon der Karnischen Alpen. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1971**/3: 576–607, 4 Abb., 2 Tab., 4 Taf.; Wien.
- KOMINZ, M. A. & BOND, G. C. (1991): Unusually large subsidence and sea-level events during middle Paleozoic time: New evidence supporting mantle convection models for supercontinent assembly. – *Geology*, **19**: 56–60; Boulder.
- KREUTZER, L. (1985): Bericht 1984 über geologische Aufnahmen in den zentralen Karnischen Alpen auf Blatt 197 Köttschach. – *Jb. Geol. B.-A.*, **128**: 342–343; Wien.
- KREUTZER, L. (1986): Geologische Detailkartierung des Gebietes zwischen Kellerwarte und Cellon im Karnischen Hauptkamm, Kärnten, Österreich. – Unveröff. Dipl.-Kartierung der RWTH Aachen, 75 S., 28 Abb.; Aachen.
- KREUTZER, L. (1989a): Reef-basin distance in the Devonian of the Carnic Alps. – *Ann. Soc. Geol. Belgique*, **112**: 159–163, 3 fig.; Liège.
- KREUTZER, L. (1989b): Alpinismus und Geologie – Fünf Jahre im Fels der Karnischen Alpen. – *Jb. Deutsch. u. Österr. Alpenv.*, BERG '90, **114**: 99–110; München.
- KREUTZER, L. (1990): Mikrofazies, Stratigraphie und Paläogeographie des Zentralkarnischen Hauptkammes. – *Jb. Geol. B.-A.*, **133**/2: 275–343; Wien.
- KREUTZER, L. (1992): Palinspastische Entzerrung und Neugliederung des Devons in den Zentralkarnischen Alpen aufgrund von neuen Untersuchungen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **135**/1: 261–272; Wien.
- KREUTZER, L. & SCHÖNLAUB, H.P. (1984): Geologische Detailkarte des Gebietes zwischen Kellerwarte und Plöckenpaß. – Erläuterungen zu Blatt 197 Köttschach, Beilage 2, *Geol. B.-A.*; Wien.
- KÜSTER, P. (1987): Nachweis von Frasnium durch *Scruttonia julli* (PEDDER, 1986) in den Flachwasserkalken der zentralen Karnischen Alpen. – *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, **66**: 33–56, 1 Abb., 6 Taf.; Münster.
- LANGER, W. (1969): Foraminiferen aus dem Altpaläozoikum der Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, **159/79**: 34–60; Klagenfurt.
- LEBLANC, R.J. & BREEDING, J.G. (eds.) (1957): Regional aspects of carbonate deposition. – *Soc. Econ. Paleont. Min., Spec. Publ.* **5**, 178 pp; Tulsa.
- LEES, A. (1973): Les dépôts carbonatés de plate-forme. – *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **7**/1: 177–192, 5 figs.; Pau.
- LOGAN, B.W., REZAK, R. & GINSBURG, R.N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. – *J. Geol.* **72**/1: 68–83, 5 Abb.; Chicago.
- MACHEL, H.-G. (1986): Early Lithification, Dolomitization, and Anhydritization of upper Devonian Nisku Buildups, Subsurface of Alberta, Canada. – In: SCHROEDER & PURSER (eds.): *Reef Diagenesis*, 336–356, 14 figs., Springer; Berlin – Heidelberg.
- MAIKLEM, W.R. (1968): The Capricorn reef complex, Great Barrier Reef, Australia. – *J. Sed. Petrol.*, **38**/3: 785–798, 15 figs.; Tulsa.

- MAXWELL, W.G.H. (1968): Atlas of the Great Barrier Reef. – 258 pp, 166 figs., Elsevier; Amsterdam – London – New York.
- MAXWELL, W.G.H., DAY, R.W. & FLEMING, P.J.G. (1961): Carbonate sedimentation on the Herin Island Reef, Great Barrier Reef. – *J. Sed. Petrol.*, **31/2**: 215–230, 8 figs.; Tulsa.
- MAXWELL, W.G.H., JELL, J.S. & MCKELLAR, R.G. (1964): Differentiation of carbonate sediments in the Heron Island reef. – *J. Sed. Petrol.*, **34/2**: 294–308, 12 figs.; Tulsa.
- MAXWELL, W.G.H. & SWINCHATT, J.P. (1970): Great Barrier Reef: Regional variation in a terrigenous-carbonate province. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **81/3**: 691–724, 21 figs.; New York.
- MIDDLETON, G.V. (ed.) (1965): Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. – *Soc. Econ. Paleont. Min., Sec. Publ.*, **12**, 265 p.; Tulsa.
- MILLIMAN, J.D. (1967): Carbonate sedimentation on Hogsty reef. A Bahamian Atoll. – *J. Sed. Petrol.*, **34/2**: 658–678, 19 fig.; Tulsa.
- MILLIMAN, J.D. (1974): Marine Carbonates, Recent Sedimentary Carbonates, Part 1. – 375 p; Springer-Verlag; Berlin – Heidelberg – New York.
- MOORE, C.H. & BILLINGS, K. (1971): Preliminary model of beachrock cementation, Grand Cayman Island, B.W.I. – In: BRICKER, O.P. (ed.): Carbonate cements, John Hopkins Univ. Stud. Geol., **19**; Baltimore.
- MÜLLER-JUNGBLUTH, W.V. & TOSCHEK, P.H. (1969): Karbonat-sedimentologische Arbeitsgrundlagen (Begriffe, Erläuterungen, Hinweise). – Veröff. Univ. Innsbruck 8, Alpenkundliche Studien 4 (2. Aufl.), 32 pp; Innsbruck.
- MULTER, H.G. (1969): Field Guide to some carbonate environments: Florida Keys and Western Bahamas. – Miami Geol. Soc.; Miami.
- MULTER, H.G. (1977): Field Guide to some Carbonate Rock Environments, Florida Keys and Western Bahamas. – 415 pp, Kendall/Hunt; Dubuque.
- OBERHAUSER, R. (Red.) (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. – Hrsg.: Geol. B.-A. Wien, Springer, 699 S., 164 Abb.; Berlin – Heidelberg – New York.
- OEKENTORP-KÜSTER, P. & OEKENTORP, C. (1992): Rugose Korallenfaunen des Mittel- und Ober-Devons der zentralen Karnischen Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **135/1**: 233–262; Wien.
- PALLA, P. (1967): New Lower Devonian Codeacean Algae from Carnic Alps. – *Natura*, **58**: 94–112, 3 Taf.; Milano.
- PAPP, A. (1962): Beobachtungen am Profil des Seekopfssockels am Wolayersee in den zentralen Karnischen Alpen. – *Carinthia II*, **152/72**: 79–90, 3 Abb.; Klagenfurt.
- PAPP, A. & TURNOVSKY, K. (1970): Anleitung zur biostratigraphischen Auswertung von Gesteinsschliffen (Microfacies Austria). – *Jb. Geol. B.-A.*, Sb. **16**: 50 pp., 88 tables; Wien.
- PERKINS, R.D. (1977): Depositional framework of Pleistocene rocks in South Florida. – *Mem. Geol. Soc. Am.*, **147**: 131–198; Boulder.
- PERKINS, R.D. & ENOS, P. (1968): Hurricane Betsy in the Florida-Bahama area – geological effects and comparison with hurricane Donna. – *J. Geol.*, **76**: 710–717; Chicago.
- PERYT, T. (ed.) (1983): Coated Grains. – 655 pp., 359 figs., Springer; Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo.
- PETERS, K (1863): Über Foraminiferen im Dachsteinkalk. – *Jb. Geol. R.-A.*, **13**: 293–298; Wien.
- POHLER, S. (1982): Die Entwicklung der Flachwasserkarbonate im Mittel- und Oberdevon der Zentralen Karnischen Alpen (Seewartesockel zum Südabfall der Hohen Warte). – Unveröff. Dipl.-Arb., Rhein. Friedr.-Wilh.-Univ. Bonn, 134 S.; Bonn.
- PRAY, L.C. & MURRAY, R.C. (eds.) (1965): Dolomitization and Limestone Diagenesis. – *Soc. Econ. Paleont. Min., Spec. Publ.*, **13**: 180 pp; Tulsa.
- PRIEWALDER, H. (1987): Acritarchen aus dem Silur des Cellon-Profiles, Karnische Alpen. – *Abh. Geol. B.-A.*, **40**: 121 S., 39 Abb., 24 Taf.; Wien.
- PURDY, E.G. (1963a): Recent calcium carbonate facies on the Great Bahama Bank. 1.: Petrography and reaction groups. – *J. Geol.*, **71/3**: 334–355, 5 Abb., 2 Tab., 5 Taf.; Chicago.
- PURDY, E.G. (1963b): Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank. 2.: Sedimentary facies. – *J. Geol.*, **71/4**: 472–497, 4 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Chicago.
- PURSER, B.H. (ed.) (1973): The Persian Gulf. Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea. – 471 p., 7 pls., 250 figs., 3 maps, Springer-Verlag; Berlin – Heidelberg – New York.
- RICKEN, W. (1986): Diagenetic Bedding. – Lecture Notes in Earth Sciences, **6**: 210 p., 94 figs., Springer-Verl.; Berlin – Heidelberg – New York.
- ROSS, C.A. & ROSS, J.R.P. (1990): Paleozoic sea level curve. – In: B.P.: A Geological Time Scale 1989; Cambridge University Press; Northampton.
- SANDER, B. (1936): Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias). – *Tschermarks Min. Petrograph. Mitt.*, **48**: 27–139; Leipzig.
- SARNTHEIN, M. (1969): The Plankton-Benthos Ratio of Mollusks in the Recent Sediments of the Persian Gulf. – *Proc. 1st Int. Conf. Planctonic Mikrofoss.*, Geneva 2: 594–598, 4 fig., Brill; Leiden.
- SARNTHEIN, M. (1971): Oberflächensedimente im Persischen Golf und Golf Oman. – II. Quantitative Komponentenanalyse der Grobfraction. – *Meteor. Forsch. Ergebn. C*, **5**, 113 pp.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1969a): Das Paläozoikum zwischen Bischofalm und Hohem Trieb (Zentrale Karnische Alpen). – *Jb. Geol. B.-A.*, **112**: 265–320; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1970): Vorläufige Mitteilung über die Neuaufnahme der silurischen Karbonatfazies der zentralen Karnischen Alpen (Österreich). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1970**: 306–315; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1971a): Paleo-Environmental Studies at the Boundary Ordovician/Silurian in the Carnic Alps. – *B.R.G.M.*, **73**: 367–376; Paris.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1971b): Die fazielle Entwicklung im Altpaläozoikum und Unterkarbon der Karnischen Alpen. – *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **122**: 97–111, 3 Abb.; Hannover.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. – *Abh. Geol. B.-A.*, **33**: 3–124, 79 Abb., 4 Tab., 7 Taf.; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (ed.) (1980): Field Trip A: Carnic Alps. – In: Second European Conodont Symposium (Ecos II), Guidebook Abstracts. – *Abh. Geol. B.-A.*, **35**, 5–57, 29 Abb., 10 Taf.; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1985): Das Paläozoikum der Karnischen Alpen. – In: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1985: 34–52, 6 Abb., Geol. B.-A.; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1985b): Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 197 Kötschach, 1 : 50.000. – *Verl. Geol. B.-A.*, 3 Beil.; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1985c): Devonian conodonts from section Oberbuchach II in the Carnic Alps (Austria). – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **75**: 353–374, 3 figs., 6 pls; Frankfurt a.M..
- SCHÖNLAUB, H.P. (1988): The Ordovician-Silurian boundary in the Carnic Alps of Austria. – *Bull. Brit. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, **43**: 107–115, 2 pl.; London.
- SCHÖNLAUB, H.P., FEIST, R. & KORN, D. (1988): The Devonian-Carboniferous Boundary at the section "Grüne Schneid" (Carnic Alps, Austria): A preliminary report. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **100**: 149–167, 4 figs., 4 pls.; Frankfurt.
- SCHÖNLAUB, H.P. & FLAJS, G. (1975): Die Schichtfolge der Nordwand der Hohen Warte (Mt. Coglians) in den Karnischen Alpen (Österreich). – *Carinthia II*, **165/85**: 83–96, 7 Abb.; Klagenfurt.
- SCHÖNLAUB, H.P., KLEIN, P., MAGARITZ, M., RANTITSCH, G. & SCHARBERT, S. (1991): Lower Carboniferous Paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). – *Fazies*, **25**: 91–118; 8 pl.; Erlangen.
- SCHÖNLAUB, H.P. & DAURER, A. (Red.) (1992): Neuergebnisse aus dem Paläozoikum der Ost- und Südalpen. – Themenheft *Jb. Geol. B.-A.*, **135/1**: 418 p.; Wien.

- SCHRAMM, J.-M.: The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-Cöre (Carnic Alps, Austria): Illite Crystallinity in Shaly Sediments and its Comparison with Pre-Variscan Sequences. – *Abh. Geol. B.-A.*, **45**, 69–77; Wien.
- SCHROEDER, J.H. & PURSER, B.H. (eds.) (1986): Reef Diagenesis. – 455 p., 187 figs., Springer; Berlin – Heidelberg.
- SCHROEDER, J. & ZANKL, H. (1974): Dynamic reef formation: a sedimentological concept based on studies of recent Bermuda and Bahama reefs. – *Proc. 2nd Int. Coral reef Symp.*: 413–428; Brisbane.
- SCHROEDER, J., ZANKL, H. & GINSBURG, R.N. (1973): The dynamics of reef formation: Bahama reefs. – 2nd Intern. Coral Reef Symp., Great Barrier Reef; Brisbane.
- SCHWINNER, R. (1925): Profile durch die Schuppenzone des Wolaier Gebietes. – In: *Geologie der Karnischen Alpen* (von F. HERITSCH & R. SCHWINNER). – *Jb. Geol. B.-A.*, **75**: 249–270; Wien.
- SCOFFIN, T.P. (1970): The trapping and binding of subtidal carbonate sediments by marine vegetation in Bimini Lagoon, Bahamas. – *J. sed. Petrol.*, **40**: 249–273; Tulsa.
- SCUPIN, H. (1905): Das Devon der Ostalpen IV. – *Z. deutsch. Geol. Ges.*, **57**: 91–111; Berlin.
- SEIBOLD, E. (1962): Untersuchungen zur Kalkfällung und Kalklösung am Westrand der Great Bahama Bank. – *Sedimentology* **1/1**: 50–74, 3 Tab., 8 Abb., Amsterdam – New York.
- SHINN, E.A., LLOYD, R.M. & GINSBURG, R.N. (1969): Anatomy of a modern carbonate tidal flat, Andros Island, Bahamas. – *J. Sed. Petrol.*, **39**: 1202–1228, 37 figs.; Tulsa.
- SKALA, W. (1969): Ein Beitrag zur Geologie und Stratigraphie der Gipfelregion des Poludnik (Karnische Alpen, Österreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **112**: 235–264; Wien.
- SORBY, H.C. (1879): Structure and Origin of Limestones. – *Address Anniversary Meeting Geol. Soc. London* 74 p., 18 pls.; London.
- SORBY, H.C. (1879): The structure and origin of limestones. – *Geol. Soc. London Proc.*, **35**: 56–95, 11 figs., 2 tabs.; London.
- SPALLETTA, C. & VAI, G.B. (1984): Upper Devonian intraclast parabreccias interpreted as seismites. – *Marine Geology*, **55**: 133–144; Amsterdam.
- SPALLETTA, C., VAI, G.B. & VENTURINI, C. (1982): La Catena Paleocarnica. – In: A. CASTELLARIN & G.B. VAI (eds.): *Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale*. – *Guide geol. reg. S.G.I.*: 281–292; Bologna.
- SPALLETTA, C., PERRI, M.C. & VAI, G.B. (1983): Pattern of conodont reworking in the Upper Devonian of the Alps: palaeoenvironmental and palaeotectonic implications. – *Lethaia*, **16**: 51–66; Oslo.
- SPITZ, A. (1909): Geologische Studien in den zentralkarnischen Alpen. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **2**: 278–334; Wien.
- STACHE, G. (1874): Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. – *Jb. Geol. R.-A.*, **24**: 135–272; Wien.
- STACHE, G. (1883): Aus dem Westabschnitt der karnischen Hauptkette – Silurformation des Wolayer Gebirges und des Paralba-Silvella-Rückens. – *Verh. k.k. Geol. R.-A.*, p. 210; Wien.
- STACHE, G. (1884): Über die Silurbildungen der Ostalpen, nebst Bemerkungen über die Devon-Karbon- und Perm-schichten dieses Gebietes. – *Z. Dt. Geol. Ges.*, **36**: 227–378; Berlin.
- STOCKMAN, K.W., GINSBURG, R.N. & SHINN, E.A. (1967): The production of lime mud by algae in South Florida. – *J. Sed. Petrol.*, **37**: 633–648; Tulsa.
- STORR, J.F. (1964): Ecology and oceanography of the coral-reef tract, Abaco Island, Bahamas. – *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, **79**: 98 pp; New York.
- TUCKER, M.E. (1973): Sedimentology and diagenesis of Devonian pelagic limestones (Cephalopodenkalk) and associated sediments of the Rhenohercynian Geosyncline, West Germany. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **142**: 320–350; Stuttgart.
- TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (1990): Carbonate Sedimentology. – 482 pp; Blackwell Scientific Publications; Oxford – London – Edinburgh – Boston – Melbourne.
- UDDEN J.A. & WAITE, V.V. (1927): Some microscopic characteristics of the Bend and Ellenburger limestones. – *Texas Univ. Bull.*, **2703**, 8 p., 9 pls.; Austin.
- VAI, G.B. (1963): Ricerche geologiche nel gruppo del M. Coglians e nella zona di Volaia (Alpi Carniche). – *Giorn. Geol.* (2), **30**: 137–198; Bologna.
- VAI, G.B. (1967): Le Dévonien inférieur biohermal des Alpes Carniques Centrales. – *Colloque sur le Dévonien inférieur* (Rennes 1964), paru 1967. – *Mem. B.R.G.M.*, **33**: 285–300; Paris.
- VAI, G.B. (1973): Distribution of *Karpinskia* in the Lower Devonian of Mount Coglians (Carnic Alps). – *Trudy III Me. Simp. Silura/Devona*, **2**: 75–79, russisch; Leningrad.
- VAI, G.B. (1975): Hercynian Basin Evolution of the Southern Alps. – *Earth sciences Soc. Libyan Arab Rep.*, **1975**: 293–298; Tripoli.
- VAI, G.B. (1979a): Sedimentary environment of Devonian pelagic limestones in the Southern Alps. – *Lethaia*, **13**: 79–91, 7 figs., 1 tab.; Oslo.
- VAI, G.B. (1980): Sedimentary environment of Devonian pelagic limestones in the Southern Alps. – *Lethaia*, **13**: 79–91; Oslo.
- VINASSA DE REGNY, P. (1908): Il Devoniano medio delle giogaie del Coglians. – *Riv. It. Palaeont.*, **14**; Roma.
- WALKER & ALBERSTADT (1975): Ecological successions: an aspect of structure in fossil communities. – *Paleobiology*, **1**, 238–257; Chicago.
- WALLISER, O.H. (1957): Conodonten aus dem oberen Gotlandium Deutschlands und der Karnischen Alpen. – *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **85**: 28–52; Wiesbaden.
- WALLISER, O.H. (1962): Conodontenchronologie des Silurs (=Gotlandium) und des tieferen Devons unter besonderer Berücksichtigung der Formationsgrenze. – *Symp. Silur/Devon-Grenze*, 1960: 281–287; Stuttgart.
- WALLISER, O.H. (1964): Conodonten des Silurs. – *Abh. Hess. L. – Amt Bodenforsch.*, **41**: 106 S.; Wiesbaden.
- WANLESS, H.R. (1979): Limestone Response to Stress: Pressure Solution and Dolomitization. – *J. Sed. Petr.*, **49/2**: 437–462, 15 figs.; Tulsa.
- WENDT, J. (1985): Disintegration of the continental margin of northwestern Gondwana: Late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Marocco). – *Geology*, **13**: 815–818; Boulder.
- WENDT, J. (1988): Condensed carbonate sedimentation in the late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Marocco). – *Ecol. geol. Helv.*, **81/1**: 155–173; Basel.
- WILSON, J.L. (1975): Carbonate Facies in Geologic History. – 471 p., 30 pls., 183 figs., Springer; New York – Berlin – Heidelberg.