



Ablagerungsraum, Mikrofazies und Paläoökologie der Barrandeikalk-Formation (Eifelium) des Grazer Paläozoikums

Von BERNHARD HUBMANN*)

Mit 37 Abbildungen, 5 Tabellen und 2 Tafeln

*Steiermark
Grazer Paläozoikum
Mitteldevon
Barrandeikalk
Stratigraphie
Fazies
Paläoökologie
Ablagerungsraum
Paläogeographie*

*Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 134, 163, 164*

Inhalt

Zusammenfassung	394
Abstract	394
1. Formationsbegriff „Barrandeikalk“	395
2. Erforschungsgeschichte	395
3. Fauneninhalt und Stratigraphie	398
4. Profilbeschreibungen	399
4.1. Forstweg Attems	399
4.2. Kollerkogel-Süd	400
4.3. St. Pankrazen	400
4.4. Tyrnaueralm-Forststraße	401
4.5. Pierer/Teichalpe	401
4.6. Methodik	401
5. Nichtkarbonatische Phase	403
6. Dolomitisierung	406
7. Rückstandsreiche Bänke	410
7.1. Mergel/Schieferlagen	410
7.2. „Chonetenschiefer“	411
7.3. Phyllosilikate	412
7.3.1. Bemerkungen	412
8. Ökologie der Organismen	413
8.1. Algen	413
8.2. Calcisphaeren	420
8.3. Stromatoporen	421
8.4. Korallen	422
8.5. Gastropoden	424
8.6. Brachiopoden	424
8.7. Echinodermaten	424
8.8. Ostracoden, Eridostracen	425
9. Verteilung der Organismen	425
10. Mikrofazies	425
10.1. Mikrofaziestypen	426
10.1.1. Niederenergetische Schlammfazies	426
10.1.2. Höherenergetische Schlammfazies	427
10.1.3. Hochenergetische Schuttfazies	427
10.1.4. „Riff“fazies	427

*) Anschrift des Verfassers: Dr. BERNHARD HUBMANN, Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

10.2. Beschreibung der Mikrosubfaziestypen	427
10.2. 1. Mudstone-Subfazies	427
10.2. 2. Calcisphaeren-wackestone-Subfazies	427
10.2. 3. Gastropoden-Pellet-wacke/grainstone-Subfazies	427
10.2. 4. Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Subfazies	427
10.2. 5. „Amphiporen“/„Thamnoporen“-floatstone-Subfazies	427
10.2. 6. Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies	428
10.2. 7. Brachiopoden-Korallen-floatstone-Subfazies	428
10.2. 8. Crinoidenschutt-Subfazies	428
10.2. 9. Grobsilt-Pellet-Subfazies	428
10.2.10. Eventstone(Tempestit)-Subfazies	428
10.2.11. Coverstone-Subfazies	428
10.2.12. Algen-wacke/float bis bound(baffle)stone-Subfazies	429
10.2.13. Korallen-baffle(frame)stone-Subfazies	431
10.3. Fazieszonen	432
11. Charakterisierung des Ablagerungsraumes	436
11.1. Organismen	436
11.2. Wassertiefe	436
11.3. Salinität	437
11.4. Durchlichtung	438
12. Paläogeographie und Biogeographie	438
13. Fazielle Position der Barrandeikalke im Grazer Paläozoikum	442
Dank	443
Appendix	444
Tafeln	452
Literatur	456

Zusammenfassung

Die Barrandeikalk-Formation des Grazer Paläozoikums stellt eine fossilreiche Abfolge dar, deren stratigraphische Grenzen derzeit noch nicht exakt faßbar sind. Örtlich dürften sie im höheren Ems beginnen und noch tiefere givetische Anteile beinhalten.

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Erfassung der Ablagerungsbedingungen dieser Formation auseinander. Es werden fünf repräsentative Profile herausgegriffen, die teilweise unterschiedliche Bildungsbedingungen in Raum und Zeit aufweisen.

Mikrofazielle und paläontologische Daten lassen einen in sich gegliederten Plattformbereich mit unterschiedlichen energetischen Bedingungen als Sedimentationsraum erkennen, dessen subtidale Bildungen von solchen des extremen Seichtwassers bis hin zu Absätzen des etwas tieferen Ruhigwassers reichen. Mit deutlicher Dominanz treten „höherenergetische“ Sedimente auf, welche über der normalen Sturmwellenbasis zur Ablagerung kamen.

Kleindimensionale, biohermale und biostromale Entwicklungen („patch-reefs“) kommen nur untergeordnet vor.

Charakteristisch für die gesamte Abfolge sind Sequenzen mit deutlichem „muddying-upward-Trend“, die auf Tempestitmechanismen hinweisen.

Die teilweise starke Zufuhr von feinklastischem Material zeigt sich sowohl in Form von Mergeln und Schiefern, die in Wechsellagerung mit den Kalken auftreten, als auch in den säureunlöslichen Rückstandsgehalten der Kalke selbst, welche erheblichen quantitativen Schwankungen innerhalb der Profile unterliegen.

Faunistisch herrschen typische Back-reef-Biozönosen vor.

Sedimentary Environment, Microfacies and Palaeoecology of the Barrandei Limestone Formation (Eifelian) of the Paleozoic of Graz (Austria)

Abstract

The „Barrandei Limestone“ Formation of the Palaeozoic of the Graz area (Austria) represents a highly fossiliferous sequence whose stratigraphic boundaries are not clearly identifiable at this stage. Locally the sequence may range from Upper Emsian to Lower Givetian.

In this paper the depositional conditions of the formation are discussed.

Four types of micro facies and thirteen types of sub microfacies have been recognized. The comparison of Wilson's types of micro facies with the Barrandei Limestone sequence suggests that this limestone was deposited in restricted, semi restricted and open platform environments and on the platform margin and foreslope.

Microfacies and palaeoecological data indicate a depositional environment of very shallow water, with some biohermal and biostromal (reefal) development as well as areas of deeper water, i.e. quiet depositional conditions.

Distribution patterns and growth habits i.e. skeletal morphology and shape of colonies, especially of stromatoporoids and tabulate corals (favosites) and special composition of the faunal content (e.g. *Thamnopora*-*Amphipora* associations) indicate typical back reef biocoenoses. Also trace element concentrations support the sedimentological and palaeoecological evidence of the depositional environment.

Deposition of higher energy mud facies is predominant. Also characteristic are sequences with a „muddying-upward trend“ which indicates sedimentation under stormy conditions („tempestites“).

The introduction into the system of large amounts of fine grained clastic material is a cyclic event that accounts for the alternating deposition of limestones, marls and shales and for the highly variable amounts of acid-insoluble residue in the limestone sequence itself.

It is suggested that the cyclicity is a function of eustatic fluctuations (transgressions and regressions) as observed from the „Rheinische Schiefergebirge“.

Some taxa indicate palaeobiogeographical connections with the Rhenohercynian basin and the Aquitaine-Cantabrian terrane.

„... Das Mögliche ist beinahe unendlich, das Wirkliche streng begrenzt, weil doch nur eine von allen Möglichkeiten zur Wirklichkeit werden kann. Das Wirkliche ist nur ein Sonderfall des Möglichen ...“

FRIEDRICH DÜRRENMATT

1. Formationsbegriff „Barrandeikalk“

Um den Vorstellungen des „International Code on Stratigraphic Classification“, bzw. der „International Subcommission on Stratigraphic Classification“ (ISSC) gerecht zu werden, wird der lithostratigraphische Begriff „Barrandeikalk“ diskutiert, bzw. neu gefaßt.

PENECKE (1889, S. 19) verwendete erstmals den Begriff „Horizont des *Heliolites Barrandei*“ für eine Abfolge von „Korallenkalken“ mit einer „ihr eigenthümlichen Fauna“ der Umgebung von Graz und des Hochlantschgebietes. Über wechselnde Auffassungen der „Barrandei-Schichten“ im Laufe der Erforschungsgeschichte des Grazer Paläozoikums berichtet H. FLÜGEL (1961, 1962, 1975).

H. FLÜGEL (1962, S. 45) gibt als Typusprofil der Abfolge den „Alten Steinbruch am Gaisberg-Sattel“ (Holostratotyp) an. Da dieses Profil heute gänzlich verfallen ist, wird im Folgenden das Profil Forstweg Attems am Frauenkogel-Südhang (Thalwinkel) nordwestlich von Graz zum Stratotypus (Hypostratotyp) der Formation gewählt (Abb. 3). Parastratotypen (Profile Kollerkogel, Bohrung Plabutsch II/3B, St. Pankrazen, Tyrnaueralm, Pierer), welche Variabilitäten der Abfolge charakterisieren, kommen ebenso zur Darstellung (Abb. 1). Der bislang gebrauchte Name Barrandeikalk wird beibehalten und nicht durch einen geographischen Namen zur Charakterisierung der Formation ersetzt, da der Begriff seit über 100 Jahren in der (auch überregionalen) Fachliteratur existiert (vergl. HEDBERG, 1976, S. 43; ISSC-Circular Nr. 81, unveröff.).

Die Formation Barrandeikalk wird als lithostratigraphische Einheit definiert, die innerhalb der hohen Deckengruppe des Grazer Paläozoikums (FRITZ & NEUBAUER, 1990) in der Rannach- und Hochlantsch-Decke (Fazies- bzw. Mehrfaziesdecken) vertreten ist.

Sowohl in der „Rannach-Fazies“ wie auch in der „Hochlantsch-Fazies“ nimmt sie eine hangende Position zur Dolomitsandsteinfolge ein.

Die Formation ist meist mit einem um 30 m mächtigen, stellenweise sogar bis 80 m (–?100 m) anschwellenden Schichtstoß in der „Rannach-Fazies“ und einer 20 bis 45 m mächtigen Abfolge in der „Hochlantsch-Fazies“ vertreten. Die Abfolge ist durch dunkelblaue bis schwarze, reichlich Fossildetritus-führende Kalke gekennzeichnet, welche oft mit rötlich gefärbten Mergel/Schieferlagen in zum Teil enger Wechsellagerung auftreten (können).

Für einige Profile (insbesondere im Nahbereich von Graz) sind im Liegendabschnitt der Formation auftretende Schieferhorizonte („Chonetenschiefer“ s.l.) charakteristisch.

Das Hangende der Barrandeikalk-Formation ist (kann) regional unterschiedlich (sein):

(A) In der Rannachdecke wird der Barrandeikalk von 8–15 m mächtigen, nicht überall ausgebildeten „Mitteldevondolomiten“, oder wenn diese fehlen, direkt von ca. 100 m mächtigen Kanzelkalken überlagert.

(B) Im Raum St. Pankrazen – Großstübing („Übergangsbereich zwischen Rannach-Fazies und Hochlantsch-Fazies“ sensu EBNER et al., 1979) schließen im Hangenden des etwa 20–30 m mächtigen Barrandeikalkes ebenfalls „Mitteldevondolomite“ an.

(C) In der Hochlantschdecke folgt im Hangenden der Barrandeikalk-Formation die etwa 140–150 m mächtige Tyrnaueralm-Formation. Diese Formation, die als Äquivalent der Kanzelkalke aufzufassen ist, schließt an ihrer Basis mehrere Meter mächtige frühdiagenetische Dolomite auf (Analogie zu den „Mitteldevondolomiten“!).

Im Nachfolgenden werden durchgehende Profile (Liegendgrenze: Dolomite der Dolomitsandsteinfolge, Hangendgrenze: Dolomite der Mitteldevondolomite, resp. Tyrnaueralm-Formation) mit entsprechenden Referenzaufschlüssen aus den drei zuvor genannten Bereichen A, B und C (Abb. 2) beschrieben.

Als typische Profile werden für die Rannach-Fazies (Bereich A) das Profil Forstweg Attems am Frauenkogel-Südhang, für den „Übergangsbereich“ (Bereich B) das Profil St. Pankrazen, an der Straße Stiwoll – St. Pankrazen und für die Hochlantsch-Fazies (Bereich C) das Profil Tyrnaueralm betrachtet. Als Referenzaufschlüsse für den Bereich A wurden die Aufschlüsse Kollerkogel-Südhang, der aufgelassene Steinbruch Grein am Gaisbergsattel und Teile der Kernbohrung Plabutsch II/3 B, sowie für den Bereich C das Profil Pierer/Teichalpe herangezogen.

An den Lokalitäten Forstweg Attems, St. Pankrazen, Tyrnaueralm, Kollerkogel und Pierer wurden die Profile bankweise in Hinblick auf Mikrofazies, Faunenverteilung, Dolomitisierung, Mineralogie des unlöslichen Rückstandes, des Karbonatgehaltes und der geochemischen Spurenelementkonzentrationen beprobt.

2. Erforschungsgeschichte

Die „Barrandeikalke“ des Grazer Paläozoikums fanden auf Grund ihres großen Fossilreichtums schon früh in der Literatur Eingang. Bereits 1843 legte UNGER eine erste Fossilliste vom Plabutsch vor und verglich die entsprechenden Ablagerungen mit dem erst vier Jahre zuvor von MURCHISON & SEDWICK aufgestellten Devon (!). 1874 (S. 62) gliederte CLAR das Grazer Paläozoikum in eine 8 Glieder umfassende „Ablagerungsreihe“, wobei der „Corallenkalk“ seiner Aufstellung die Barrandeikalke zusammen mit den Kanzelkalken und das aus hellen und dunklen Dolomiten bestehende hangende Member der Dolomitsandsteinfolge (nach der heute gebräuchlichen Vorstellung) beinhaltete. 1889 (S. 19) übernahm PENECKE den CLAR'schen „Corallenkalk“ im vollen Umfang und bezeichnete diesen Gesteinsverband nach dem „häufig auftretenden Fossil“ *Heliolites barrandei* als „Horizont des *Heliolites Barrandei*“.

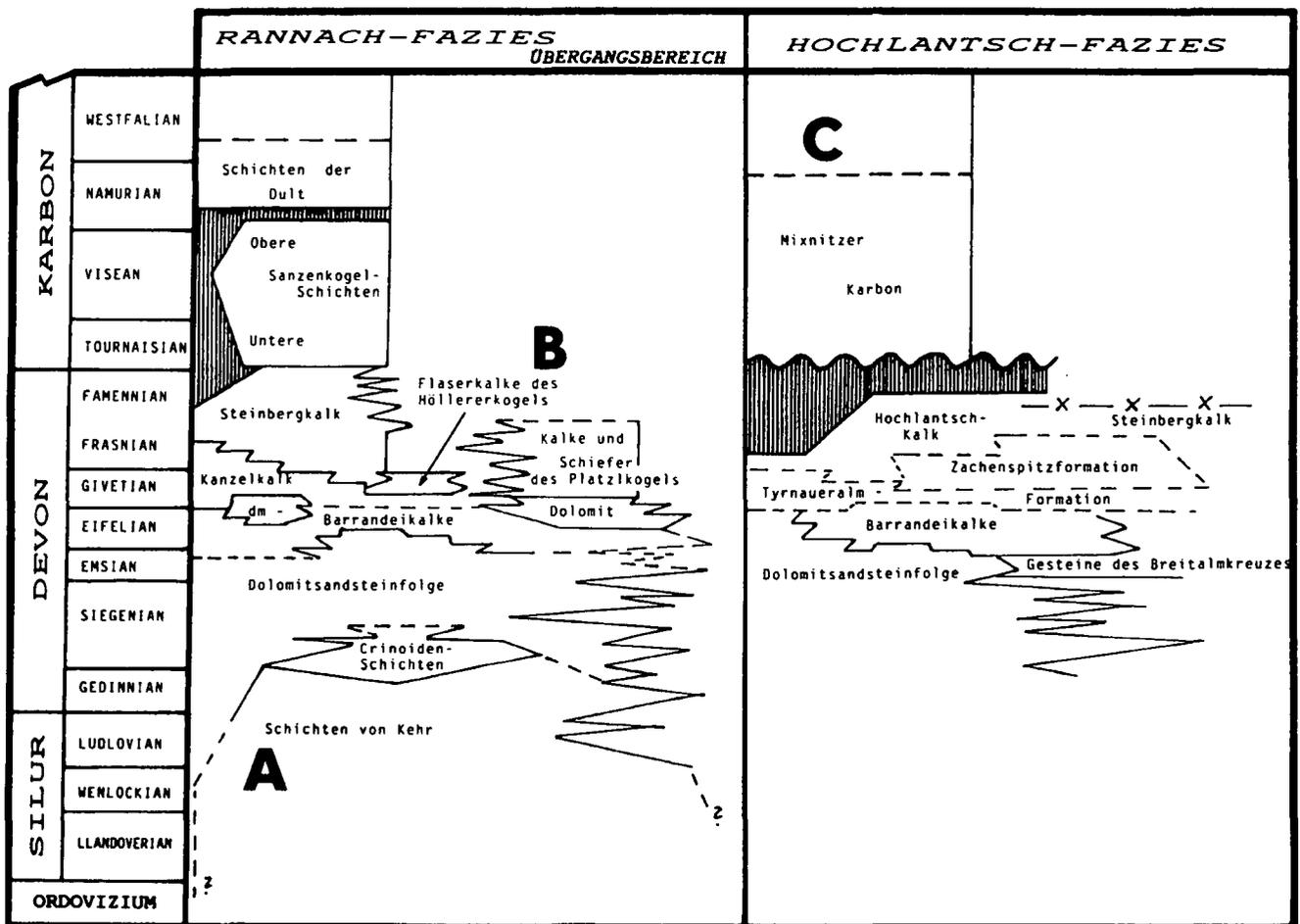


Abb. 2.
Stratigraphische Übersicht eines Teilbereiches des Grazer Paläozoikums.
Umgezeichnet nach EBNER et al. (1979, 1980) und GOLLNER & ZIER (1982, 1985).

1893 (S. 576) trennte PENECKE über dem Diabashorizont der Dolomitsandsteinfolge liegende Anteile vom Horizont der *Heliolites barrandei* ab.

Umfassende Untersuchungen der Barrandeikalke finden sich in den großen (monographischen) Arbeiten von HERITSCH (1915, 1917 a,b und 1918). Seine Arbeiten zielten vor allem auf einen Versuch der internen Liegend/Hangend-Untergliederung dieser Abfolge mittels Faunenverteilungen ab.

1927 (S. 224) trennte HERITSCH von den Barrandeikalcken sensu PENECKE (1893) die hangenden Anteile ab, die er zu den „Goniatitenkalcken“ vereinigte.

Da in den Hangendanteilen der verbliebenen Barrandeikalke schon lange Schichten bekannt waren, die als häufig vorkommendes Fossil große „Pentameren“ führen, erwuchs der Wunsch, die biostratigraphische Stellung dieser „Pentameruskalke“ genau festzulegen.

SOLLE (1934, S. 124) bestimmte die zuvor genannten Brachiopoden als *Conchidium hercynicum* HALFAR (= *Zdimir* cf. *hercynicus* HALFAR nach BOUCOT & SIEHL [1962]) und postulierte mittels Vergleichen mit dem Rheinland und des Harzes die Grenze Unterdevon/Mitteldevon direkt im unmittelbaren Liegenden der Pentamerusbänke (also innerhalb der Hangendpartien des Barrandeikalcken).

Dieser Gliederung schloß sich HERITSCH (1935) an und kam in Weiterverfolgung seiner schon früher (1917) geäußerten Vorstellung zur Aufspaltung der Barrandeikalke in liegende „Korallenkalke“ und hangende „Pentameruskalke“. Der Meinung von HERITSCH zufolge wären dem-

nach die „Korallenkalke“ dem obersten Unterdevon, die „Pentameruskalke“ dem untersten Oberdevon zuzuordnen. Diese Gliederung, wie sie u.a. bereits HÖRNES (1877) aussprach, wurde in mehreren nachfolgenden Arbeiten weiterverfolgt (z.B. KUNTSCHNIG, 1937; MEYER, 1937; SCHÄFER, 1937; HERITSCH, 1943). H. FLÜGEL (1958, S. 224) warf die Frage der Grenzziehung Unter/Mitteldevon neu auf, tritt doch *Amphipora ramosa*, eine wichtige Leitform für das Mitteldevon (E. FLÜGEL, 1958), in den Hangendbereichen der unterlagernden Dolomitsandsteinfolge auf. Außerdem gelang durch H. FLÜGEL das Auffinden einer „*Conchidium*“-führenden Bank an der Basis des Korallenkalcken am Plabutsch (H. FLÜGEL in MAURIN & FLÜGEL, 1958), womit die als Leithorizont bei Kartierungen verwendete „Pentamerusbank“ zur Trennung Korallenkalk – Pentameruskalk in der Funktion als faziell und stratigraphisch trennendes Element in Frage gestellt wurde. H. FLÜGEL führte daher wieder den Begriff Barrandeikalk pro Korallenkalk und Pentameruskalk ein (H. FLÜGEL, 1958).

H. FLÜGEL (1961) konnte eine Fossilliste des Barrandeikalcken vorlegen, die bereits teilweise eine Revision der Fauna beinhaltetete. Diese Faunenliste ist in der 2. überarbeiteten Auflage von 1975 ergänzt und erweitert. Weitere Arbeiten, die sich z.T. mit der Abfolge des Barrandeikalcken, respektive den Profilen dieser Formation beschäftigen, finden sich in den Dissertationen von HOSSEIN-NIK-BACHT (1973, S. 12–25), PARSI (1973, S. 15–21), ZIER (1982, S. 151–185), GOLLNER (1983, S. 51–58), HAFNER, (1983, S. 11–18), POLTNIG (1984, S. 39) und FRITZ (1986, S. 71).

Zusammenfassende Darstellungen des bisherigen Kenntnisstandes über diese Abfolge geben EBNER et al. (1979, 1980) und H.W. FLÜGEL & NEUBAUER (1984, S. 50f). Keine dieser Arbeiten setzt sich aber mit der faziellen Entwicklung der gesamten Formation sowie einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes auseinander.

3. Fauneninhalt und Stratigraphie

Der Fossilreichtum der Barrandeikalke regte schon früh in der geologischen Erforschungsgeschichte des Grazer Raumes zu zahlreichen paläontologischen Bestimmungen an. Entsprechend der Fehl- oder Überbewertung einiger Fossilien kamen verschiedene Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Frage des Alters der Formation: SUESS stellte die Kalke bereits 1867 in das Mitteldevon, STUR (1868, S. 136) ebenso, HAUER (1875, S. 233) ins untere Oberdevon, HÖRNES (1877) ins Unterdevon. STACHE (1884, S. 378) gliederte tiefe Anteile dem „Übersilur“, die „Chonetenschiefer“ dem Unterdevon und den Rest der Abfolge dem Mitteldevon zu. FRECH (1887, S. 44) trat wieder für mitteldevonisches Alter ein, während PENECKE (1893, S. 578) oberes Unterdevon und VACEK (1907) Unterdevon und Mitteldevon vermuteten.

Stratigraphische Gliederungsversuche durch SOLLE (1934) und HERITSCH (1917, 1935) wurden bereits erwähnt.

Nach Durchführung von Revisionen, Neuaufsammlungen und Neubearbeitungen der Barrandeikalk-Fauna durch SOLLE (1934), KROPFITSCH & SCHOUPE (1953), SCHOUPE (1954), H.W. FLÜGEL (1956, 1959, 1961, 1963, 1975), E. FLÜGEL (1958), BOUCOT & SIEHL (1962), konnte H.W. FLÜGEL (1975, S. 44–46) eine umfangreiche Fossilliste vorlegen. Mit jüngeren Beschreibungen durch H.W. FLÜGEL (1980 a) (Rugosa), ZIER (1982), GOLLNER (1983), HAFNER (1983) (Conodonta) und HUBMANN (1990, 1991) (Algen, Tabulata) läßt sich diese um folgende Arten erweitern:

Pseudopalaeoporella lummatonensis
(ELLIOTT, 1961)

Litanaia graecensis HUBMANN, 1990

Calceola sandalina (LINNAEUS, 1771)

Squameoalveolites robustus (PRADACOVA, 1938)

Platyaxum (Roseoporella) taenioforme gracile HUBMANN, 1991

Helicosalpinx asturiana OEKENTORP, 1969

Eridoconcha papillosa aculeata POLTNG, 1983

Icriodus beckmanni ZIEGLER, 1956

Icriodus corniger WITTEKINDT, 1966

Icriodus sigmoidalis CARLS & GANDL, 1969

Icriodus struvei WEDDIGE, 1977

Die Revision der Brachiopoden steht nach wie vor aus. Diese könnte nur anhand größerer Neuaufsammlungen durchgeführt werden, da vor allem das umfangreiche, von HERITSCH aufgesammelte Material verschollen ist.

Trotz des reichen Fauneninhaltes ist die chronostratigraphische Fixierung der Grenzen bisher nicht gelungen (H. FLÜGEL, 1961, 1975; H.W. FLÜGEL in FLÜGEL & NEUBAUER, 1984; HUBMANN 1990).

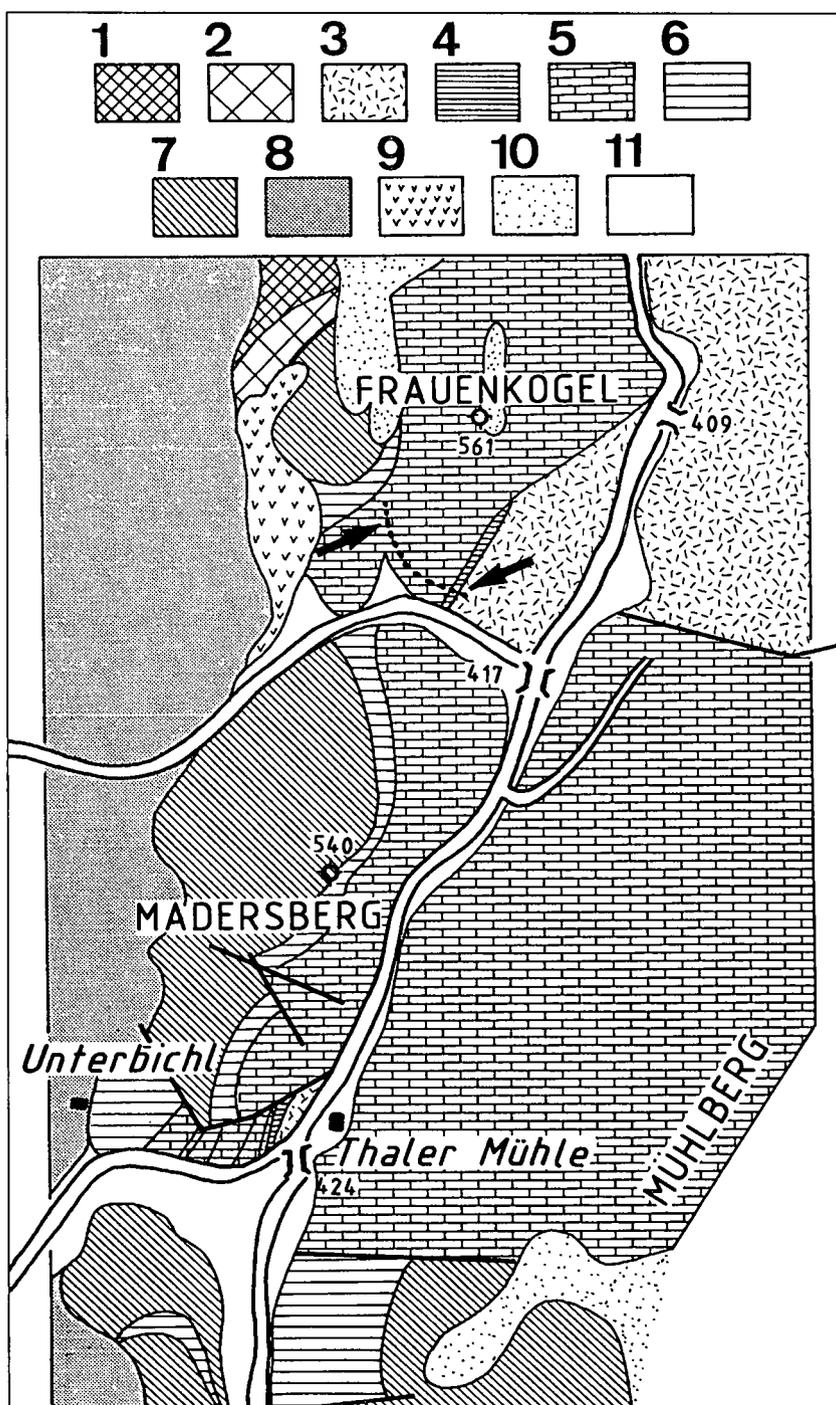


Abb. 3.
Geologischer Rahmen und Lage des Profils Forstweg Attems (Kartengrundlage ÖK 164 Graz).
Ausschnitt: 47° 04' 30" – 47° 05' 37"
15° 19' 58" – 15° 21' 01" ö.G.

1 = Schichten von Kehr (Silur), 2 = Flaserkalke (oberes Silur – Unterdevon ?), 3 = Dolomitsandsteinfolge (Unterdevon), 4 = „Chonetenschiefer“, 5 = Barrandeikalk (Mitteldevon), 6 = „Mitteldevondolomit“, 7 = Kanzelkalk (Mitteldevon), 8 = Schotter und Sande des Tertiärs, 9 = Eggenberger Brekzie (Miozän ?), 10 = Staublehne (Quartär), 11 = Alluvionen.

Mittels Korallen läßt sich Eifelstufe belegen. Ein Beginn der Barrandei-Entwicklung im Oberems ist (örtlich) mit dem Auftreten von *Laticriodus* sp., *Icriodus corniger*, *I. beckmanni* und *I. sigmoidalis*, sowie *Eridoconcha papillosa* anzunehmen.

Nach H.W. FLÜGEL (1961, 1975) sprechen einige auftretende Korallengenera bzw. -arten für höheres Mitteldevon (*Neospongophyllum*, *Neardophyllum*, *Metriophyllum gracile*, *Grypophyllum* cf. *denckmanni*, *Leptoinophyllum smyckai*, *Sparganophyllum* sp.). Auffallend ist auch der große Anteil an Formen der Stromatoporenfauna, die für das Givet charakteristisch sind. Von neun für stratigraphische Aussagen verwertbare Formen treten sieben im Givet, nur zwei im Eifel (Couvin) auf. Ebenso ist *Pseudopalaeoporella lummatonensis* aus dem Givet bekannt, der älteste Fund stammt aus Wellin/Belgien (MAMET & PREAT, 1985) aus dem Couvinien Co2d (*crispiforme*-Zone), also aus dem Grenzbereich zum Givet (ZIEGLER, 1979, S. 34). Tiefe givetische Anteile der Abfolge sind daher durchaus zu vermuten (HUBMANN, 1991).

den Tonschiefern („Chonetenschiefern“) mit gelblich-rötlichen, wellig im Liegenden und Hangenden begrenzten Eridostracen-Ostracoden-Schillkalken. Die Fossilien sind teilweise silifiziert, wobei die Verkieselung nur Eridostracen und Ostracoden, nicht aber die Korallenklasten und Brachiopoden betrifft.

Über dieser Wechselfolge schließen nach Zwischenschaltung einer biostromalen Lage von 50 x 25 x 20 cm großen autochthonen Favositenstöcken gut gebankte, dunkelblaue Echinodermatenschuttkalke an, die von Ko-

4. Profilbeschreibungen

4.1. Forstweg Attems

Am Frauenkogelsüdhang schließt der Forstweg Attems (Abb. 3) hangende Bereiche der Dolomitsandsteinfolge, die gesamte Barrandekalkfolge und die tiefsten Anteile der „Mitteldevondolomite“ auf (diese werden von quartären Staublehmen überlagert).

Der direkte Kontakt Dolomitsandsteinfolge – Barrandekalk ist tektonisch nachgezeichnet. Mit BROSCHE et al. (1984, S. 57) gilt dies für den gesamten Bereich Plabutsch – Buchkogel W.

Über den oberen Dolomitareniten der Dolomitsandsteinfolge folgt – derzeit nicht mehr aufgeschlossen – eine Wechsellagerung massiger, blaugrauer Kalke, Tonschiefer und Dolomitbänke, die durch FENNINGER in H.W. FLÜGEL (1972) als Übergang der Dolomitsandsteinfolge in den Barrandekalk interpretiert wurde.

Das Profil beginnt mit einer Wechsellagerung von gelb-braunen fossilführen-

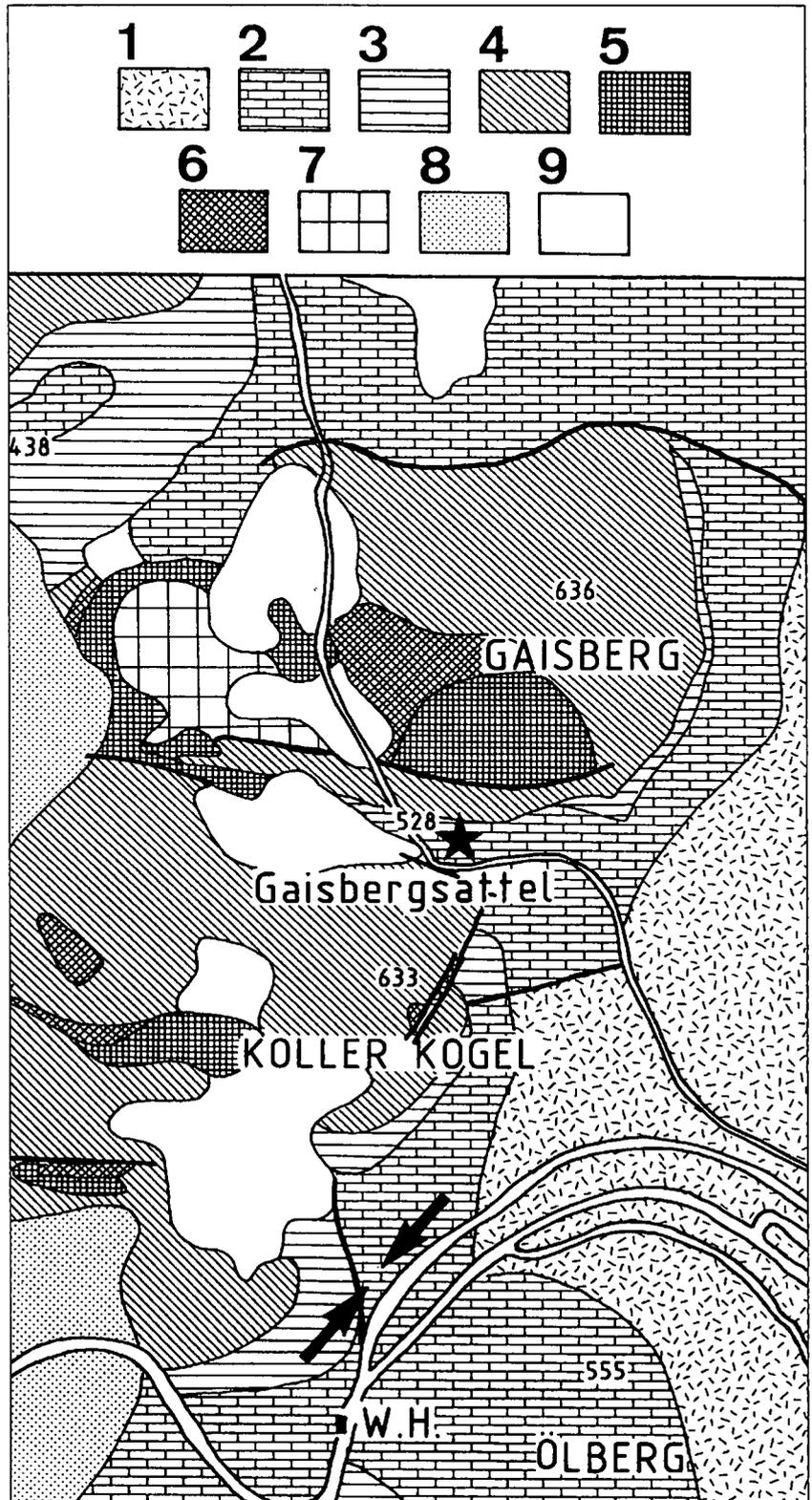


Abb. 4. Geologischer Rahmen und Lage des Profiles Kollerkogel.

Nach einer Karte von FLÜGEL (1983). Kartengrundlage ÖK 164 Graz.

Ausschnitt: 47° 04' 43" – 47° 08' 49"

15° 22' 04" – 15° 23' 22" ö.G.

1 = Dolomitsandsteinfolge (Unterdevon), 2 = Barrandekalk (Mitteldevon), 3 = „Mitteldevondolomit“, 4 = Kanzelkalk (Mitteldevon), 5 = Steinbergkalk (Oberdevon), 6 = Sanzenkogelschichten (Unterkarbon), 7 = Dulthkalke (Mittleres Karbon), 8 = tertiäre Sande und Schotter, 9 = Staublehmen (und Schotter).

rallen-Stromatoporen-Brachiopoden-Schuttkalken abgelöst werden. Ab dem mittleren Hangendbereich (ab Banknummer 82), in dem autochthone Algenkalke (Udoteaceen, HUBMANN, 1990) auftreten können, sind enge Wechsellagerungen mit roten Schiefer- bzw. Mergellagen charakteristisch.

4.2. Kollerkogel-Süd

Das Profil am Kollerkogel (Abb. 4) liegt in einem der ehemaligen Steinbrüche am Südhang, nordöstlich der Kapelle beim Wirtshaus (vormals „Zum Felierhof“).

Aus diesem aufgelassenen Steinbruch, welchen ANDRAE (1854) bereits beschreibt, wurde neben dem Kalkstein der basal aufgeschlossene „Illitschieferferton“ abgebaut.

Die gesamte (liegende) Schieferabfolge ist heute nicht mehr sichtbar. Von jeweils 50 cm mächtigen roten Tonschiefern im Liegenden und Hangenden einer 50–70 cm mächtigen weißen Tonschieferlage (HANSELMAYER, 1957, S. 128) ist nur noch die hangende Lage aufgeschlossen.

Die Liegendgrenze der Barrandeikalk-Formation am Kollerkogel ist tektonisch überprägt; an der Stelle des ehemaligen Tonschieferabbaues sind die Schiefer angeschuppt.

Über den Schieferhorizonten, von denen lediglich die rote Hangendschicht z.Z. sichtbar ist, folgen schwarze, tonarme Echinodermatenschuttkalke.

Größere Korallenstöcke (*Favosites styriacus*, *Favosites* sp.) kommen nur untergeordnet vor.

Zwischengeschaltet können schwarze, graphitisch abfärbende, reich phyto-klastenführende „Kalkschiefer“ sein, die nicht immer mächtigkeitsbeständig innerhalb des Steinbruches sind.

Im Hangenden schaltet sich nach einem markanten roten Mergelhorizont ein Bereich enger Kalk-Mergel-Wechsellagerungen ein. Die Kalkbänke können sich innerhalb des Steinbruches lateral in mehrere Teilbänke aufsplintern. Auch die Mergelhorizonte und die schwarzen bituminösen Kalkschiefer können lateral in ihren Mächtigkeiten erheblichen Schwankungen unterliegen.

Im Folgenden wiedergegebene Mächtigkeitsangaben beziehen sich auf das Profil im Ostteil des Steinbruches.

4.3. St. Pankrazen

An der Straße von Stiwoll nach St. Pankrazen ist vor der letztgenannten Ortschaft ein durchgehendes Profil durch die Dolomitsandsteinfohle, Barrandeikalk, „Mitteldevondolomite“ und Platzkogelkalk aufgeschlossen (Abb. 5).

Der Grenzbereich Dolomitsandsteinfohle zum Barrandeikalk ist schwer zu fassen, da über der letzten Dolomitbank der Dolomitsandsteinfohle ein strukturloser, mergeliger Horizont (Störung ?) folgt.

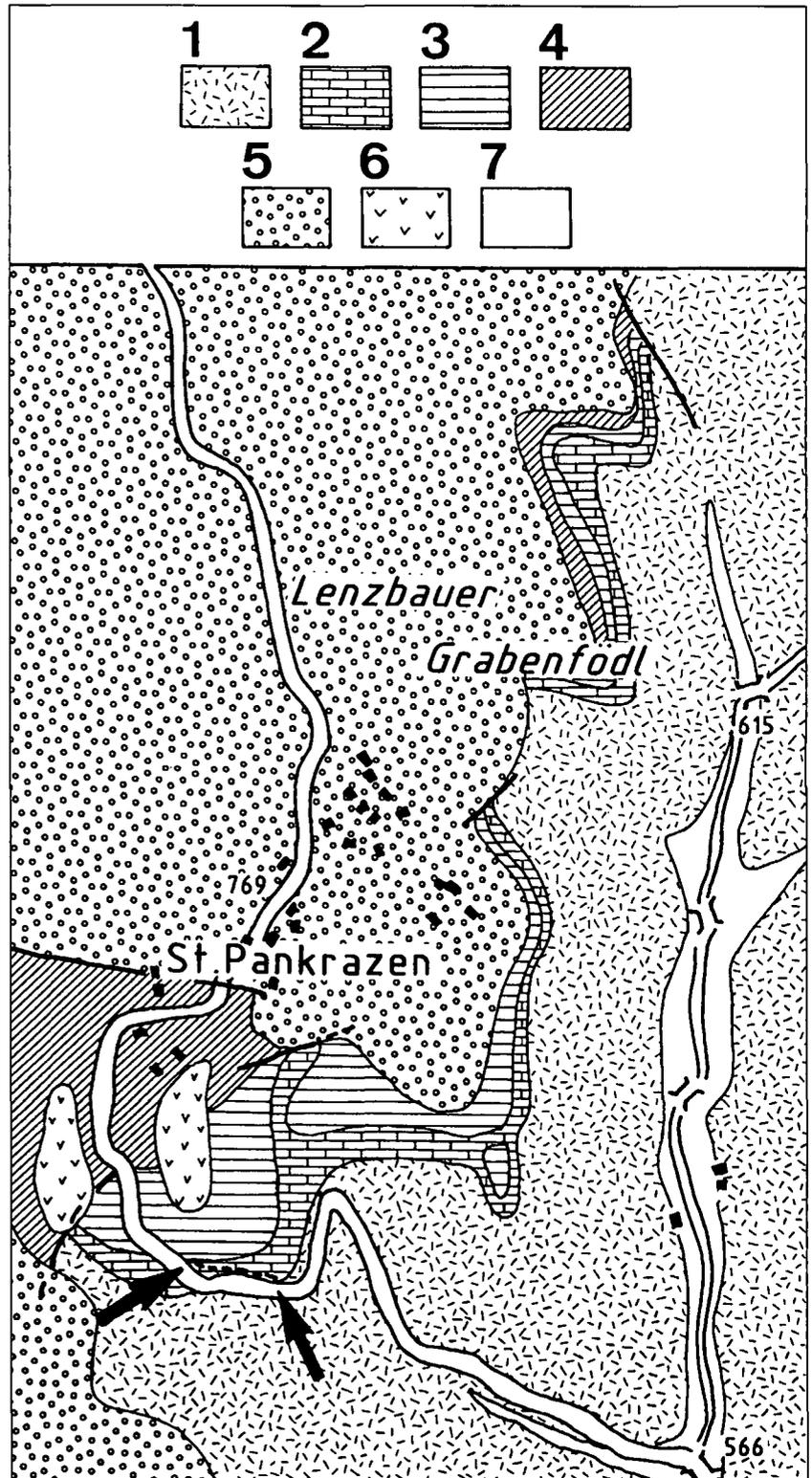


Abb. 5.
Geologischer Rahmen und Lage des Profiles St. Pankrazen.

Kartengrundlage ÖK 163 Voitsberg.

Ausschnitt: 47° 04' 43" – 47° 08' 49"

15° 10' 43" – 15° 11' 58" ö.G.

1 = Dolomitsandsteinfohle (Unterdevon), 2 = Barrandeikalk (Mitteldevon), 3 = „Mitteldevondolomit“, 4 = Platzkogelkalk (Mitteldevon), 5 = Kainacher Gosau (allgemein), 6 = Hangschutt, 7 = Alluvionen.

Nach einer stark siliziklastisch beeinflussten Liegendabfolge schließen relativ rückstandsarme, dunkle, häufig schalenbruchführende Kalke an. Etwa in der Profilmitte weisen Schiefer- und Mergellagen z.T. reiche Fossilführung auf: faustgroße Favositenstöcke (mit kugelig bis knolligen Kolonieformen, Ø um 10 cm), feingerippte Brachiopoden (*Chonetes* sp.), Rugosabruchstücke (*Thamnophyllum stachei*, *Thamnophyllum murchisoni*) und Crinoidenstieli- glieder.

Das Profil zeigt eine deutliche Zweigliederung:

Im unteren Profilabschnitt sind Schichten mit deutlichem muddying-upward-Trend charakteristisch, die auf Tempestitmechanismen hinweisen.

Dafür sprechen auch vereinzelt auftretende guttercasts (AIGNER & FUTTERER, 1978; AIGNER, 1985, 128–131) (Abb. 6).

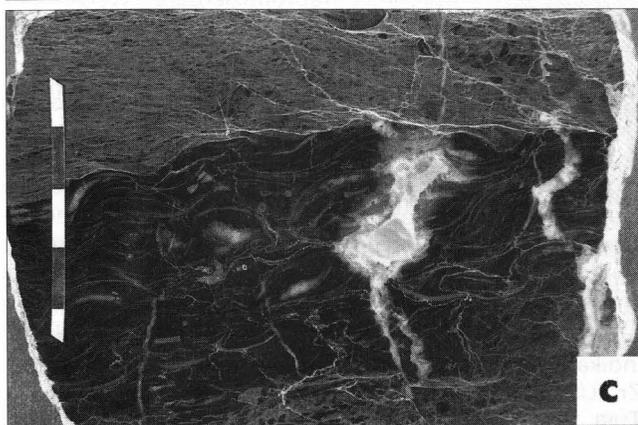


Abb. 6 a–c.
Gutter casts (Profil St. Pankrazen).
6a zeigt den polierten Anschnitt mit Schill-Lage („stabile Lagen“ der Brachiopodenschalen).

Im hangenden Abschnitt sind Zwischenschaltungen dickbankiger, spätdiagenetischer Dolomitbänke, sowie fleckige Dolomitisierung der Kalkbänke charakteristisch.

Der Übergang zu den überlagernden „Mitteldevondolomiten“ deutet sich durch eine enge Wechsellagerung von Kalken und Mergeln an.

4.4. Tyrnaueralm-Forststraße

Entlang der Tyrnaueralm-Forststraße (Abb. 7) tritt Barrandeikalk auf, der im Liegenden von der Dolomitsteinfolge, im Hangenden von frühdiagenetischen Algenlaminiten der Tyrnaueralm-Formation begrenzt wird.

Das Profil ist durch eine heterogene Abfolge wechsellagernder fossilführender Kalke, Dolomite, Sand/Siltsteine, Mergel und Tonschiefer charakterisiert. Zum Teil weisen einzelne Schichten intensive (spätdiagenetische) Dolomitisierung auf.

Signifikant für das Profil ist ein durchwegs hoher Anteil an detritischem Quarz. Kalzitisch/dolomitische Sand/Siltsteine sind laminiert, tonflasrig und im Hangenden stets bioturbat verwühlt.

Eine mergelige Basalfolge wie in den anderen Profilen fehlt. Möglicherweise ist ein ursprünglicher basaler Mergelhorizont tektonisch amputiert (Verfaltung der Liegendanteile!). Mächtige Feinsiliziklastika treten aber in der Profilmitte auf.

Der direkte Kontakt zwischen Dolomitsandsteinfolge und Barrandeikalk im Gebiet Tyrnaueralm ist an der Forststraße bei Seehöhe 1140 m aufgeschlossen; im Hangenden der letzten Dolomitbank der Dolomitsandsteinfolge ist eine Mergellage vor den ersten Grainstones der Barrandeikalk-Formation zwischengelagert.

4.5. Pierer/Teichalpe

Auf der Teichalpe ist östlich des Hotels „Pierer“ an der Straße in einem ehemaligen Steinbruch Barrandeikalk aufgeschlossen. Dieser tritt im Liegenden des Dolomitmembers der Tyrnaueralm-Formation auf.

Die Liegendgrenze des Profils ist aufgrund der Aufschlußverhältnisse nicht zu fassen. Als unterlagernde Gesteine gibt GOLLNER (1983) „Basisdolomite und Tonschiefer“ der „Gesteine des Breitalmkreuzes“ (Dolomitsandsteinfolge-Äquivalente, vergl. Abb. 2) an.

Die Maximalmächtigkeit der Barrandeikalk-Formation im Teichalmgebiet beträgt nach GOLLNER (1983) 25 m.

Faunenbeschreibungen dieses Aufschlusses wurden von H.W. FLÜGEL (1971, 1972 und 1980 a) publiziert.

Für das in gleicher Position auftretende Vorkommen am Zachenspitze-Osthang konnte GOLLNER (1983, S. 51, 57) Oberems bis Eifel conodontenstratigraphisch belegen.

Das Profil schließt eine Wechselfolge von fossilreichen Kalken, mergeligen Kalken und Tonschiefern auf.

Für einige Schichten ist eine teilweise nur fleckenhaft auftretende spätdiagenetische Dolomitisierung charakteristisch.

4.6. Methodik

Für die karbonatmikrofazielle Interpretation kamen insgesamt 558 Dünnschliffe (5 x 5 bis 10 x 12 cm), sowie Acetatfolien zur Untersuchung. Die quantitative Verteilung der Komponenten wurde nach der grain-bulk-Methode mittels point-counting ermittelt.

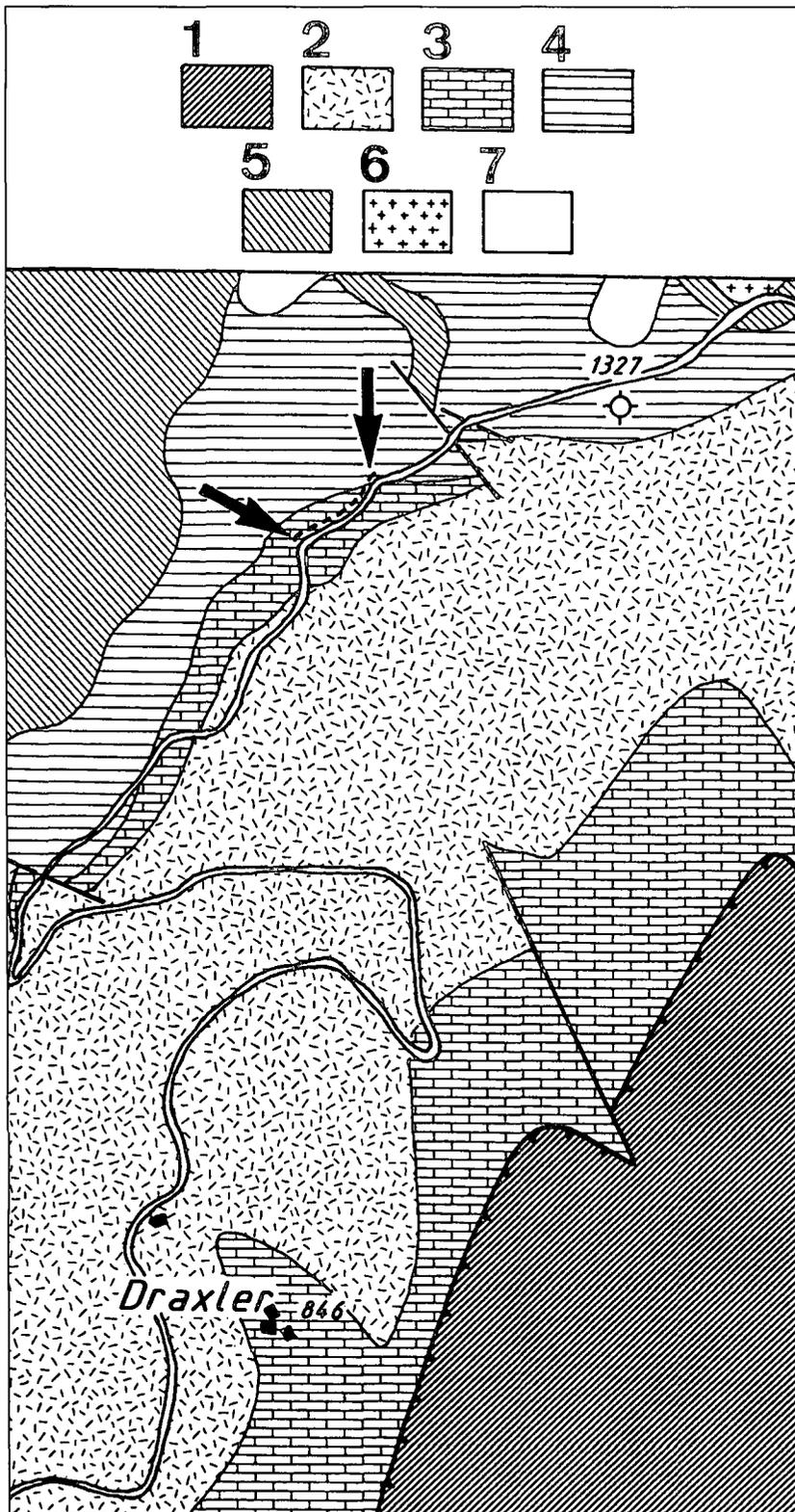


Abb. 7.
 Geologie der Hintertyrnau nach ZIER (1982) umgezeichnet.
 Kartengrundlage ÖK 134 Passail.
 Ausschnitt: 47° 20' 26" – 47° 19' 19"
 15° 24' 44" – 15° 26' 59" ö.G.
 1 = Höllgrabeneinheit (Obersilur/Unterdevon), 2 = Dolomitsandsteinfohle (Unterdevon), 3 = Barrandekalk (Mitteldevon), 4 = Dolomite der Tyrnaueralmformation, 5 = Kalke der Tyrnaueralm-Formation (Mitteldevon), 6 = Vulkanite (Tyrnaueralmformation), 7 = aufschlußlos.

tion $< 2 \mu$ mit einem Automatik-Atterbergergerät gewonnen und aus der Tonsuspension wurden durch Aufsaugen auf Keramikplättchen Texturpräparate (KIN-TER & DIAMOND, 1956) hergestellt.

Semiquantitative Bestimmungen der Verhältnisse

Quarz : „Illit“ : Chlorit
 erfolgten aus Reflexintensitäten zuvor erstellter Eichkurven.

Die Bestimmungen des Gesamtkarbonatgehaltes (ca. 850 Proben) erfolgten größtenteils nach der gasometrischen CO_2 -Bestimmung (SCHEIBLER-Apparat).

Korngrößenuntersuchungen der Mergel/Schiefer erfolgten nach mehrstündigem Dispergieren mit H_2O_2 und Schüttern der Proben mittels einer Schimadzu-Sedimentationszentrifuge (mit angeschlossener Meß- und Auswertprogramm).

Das Kalzit-Dolomitverhältnis wurde nach dem röntgenographischen Untersuchungsverfahren nach TENNANT & BERGER (1957) ermittelt.

Es zeigte sich bei Überprüfung mittels komplexometrischer Titration (vergl. SCHWARZENBACH, 1955; bzw. MÜLLER, 1964, 185–193), daß diese Methode für die hier geforderten Fragestellungen durchaus reproduzierbare Werte bei weitaus geringerem Arbeitsaufwand lieferte.

Geochemische Spurenelementuntersuchungen (134 Proben) wurden an Pulverpräparaten mittels einer Röntgenfluoreszenzanlage (Siemens Kristalloflex mit Fluoreszenzzusatz) vorgenommen.

Zur Quantifizierung des Fossilinhaltes (Faunenverteilung) wurde ebenfalls mittels point-counting die volumetrische Beteiligung einzelner Biogene am Gesteinsaufbau über Anschliffe und Dünnschliffe ermittelt.

Die Untersuchung der Mineralogie des (Säure-)unlöslichen Rückstandes (6 %ige HCl, bzw. 20 %ige HCOOH) erfolgte röntgenographisch (Phillips-Röntgendiffraktometer D500, $\text{CuK}\alpha$).

Um spezielleren Fragestellungen einzelner Tonmineralphasen („Chonetenschiefer“) nachzugehen, wurde aus der Fraktion $< 40 \mu$ des Säureaufschlusses die Frak-

Die Spurenelement-Daten wurden zur Charakterisierung der verschiedenen Profile herangezogen (HUBMANN, 1990, 152–167).

Es wurde insbesondere Augenmerk auf Environment-indikative(-interpretative) Aussagemomente gelegt (z.B.: Zr: ILINA et al., 1970; Sr: EDER et al., 1986; Mn: BENCINI & TURI, 1974; MARCHIG, 1974).

Dabei ergaben sich verallgemeinerte Rekonstruktionsbilder der Ablagerungsräume aus den verschiedenen Profilen, welche mit den Daten der Mikrofaziesanalyse koinzidieren.

Eine genauere Darstellung dieser Untersuchungen unter Einbindung anderer in vorliegender Studie präsentierter und diskutierter Daten soll Inhalt einer weiteren auf statistische Erfassung abzielende Arbeit sein.

5. Nichtkarbonatische Phase

In unlöslichen Rückständen der Kalke und Mergel/Schieferlagen dominieren im allgemeinen Phyllosilikate („Illite“, Chlorite, untergeordnet Pyrophyllit) gegenüber Quarz. Feldspäte (Albit, Mikroklin; auch ?Sanidin) treten untergeordnet, Pyrit, Hämatit, Goethit, Siderit und Limonit akzessorisch auf.

Untersuchungen der Schwerefraktion, sowohl der Mergel/Schiefer als auch der Kalke erbrachte keine weiter auswertbaren Spektren; der Opakanteil übersteigt durchschnittlich über 95 %. Dieser wird mehrheitlich durch meist sphärische Krusten, die an ihren Rändern rötlich-durchscheinend sind und teilweise auch Körner überziehen können („Coatings“), aufgebaut.

Granate und Zirkone kommen nur äußerst untergeordnet vor.

Etwa 1,2–1,5 mm lange authigene Quarze der Bohrung Plabutsch II/3B (Teufe 4–5 m) können sowohl als doppelt determinierte Einzelkristalle, wie auch als aus zu 3 bis ca. 30 Einzelindividuen vereinigte Kristallcluster (Abb. 8b) vorkommen. Allgemein sind Kristallcluster stärker korrodiert als einzeln vorkommende Kristalle, wobei bei letzteren die Pyramidenflächen stärkere Korrosion aufweisen (Abb. 8c). Fast alle Kristalle haben aus Mg-Kalzit (6 Mol-% $MgCO_3$) und Bitumen bestehende Einschlüsse.

Die qualitative Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes in den jeweiligen Profilen ist \pm dieselbe. Wie sich schon durch das Einschalten der Mergel- und Schieferhorizonte anzeigt, ist die quantitative Zusammensetzung der Bänke in Bezug auf den Anteil des Rückstandsgehaltes teilweise großen Schwankungen unterworfen, selbst wenn im allgemeinen Karbonatbänke relativ rückstandsarm sind.

Korrelationen zwischen Schichtmächtigkeiten und Gehalten an unlöslichem Rückstand sind in keinem der Profile gegeben.

Um Änderungen in der Sedimentationsrate fassen zu können (E. FLÜGEL, 1978, S. 343, 1982, S. 417), werden insbesondere für Mergel/Kalk-Wechselagerungen Bankdicken und absolute Ton- bzw. Kalkgehalte berücksichtigende Diagramme (SEIBOLD, 1952; H.W. FLÜGEL, 1968; EINSELE, 1982) erstellt.

Die Deutung absoluter Rückstandsmengen (= Rückstandsgehalt auf Schichtmächtigkeit bezogen) in Beziehung zur Bildungsdauer, bzw. Art und Weise der Wechselwirkungen zwischen Karbonatproduktion und Detrituschüttung in der Zeit (H.W. FLÜGEL, 1968) kann wohl nur befriedigend auf Tiefseesedimente angewandt werden, da im flachmarinen Bereich zu viele Faktoren zusätzlichen Einfluß nehmen (Welleneinfluß, biogene Anlagerungen, Bioturbation etc.). In den untersuchten Fällen (Abb. 9)

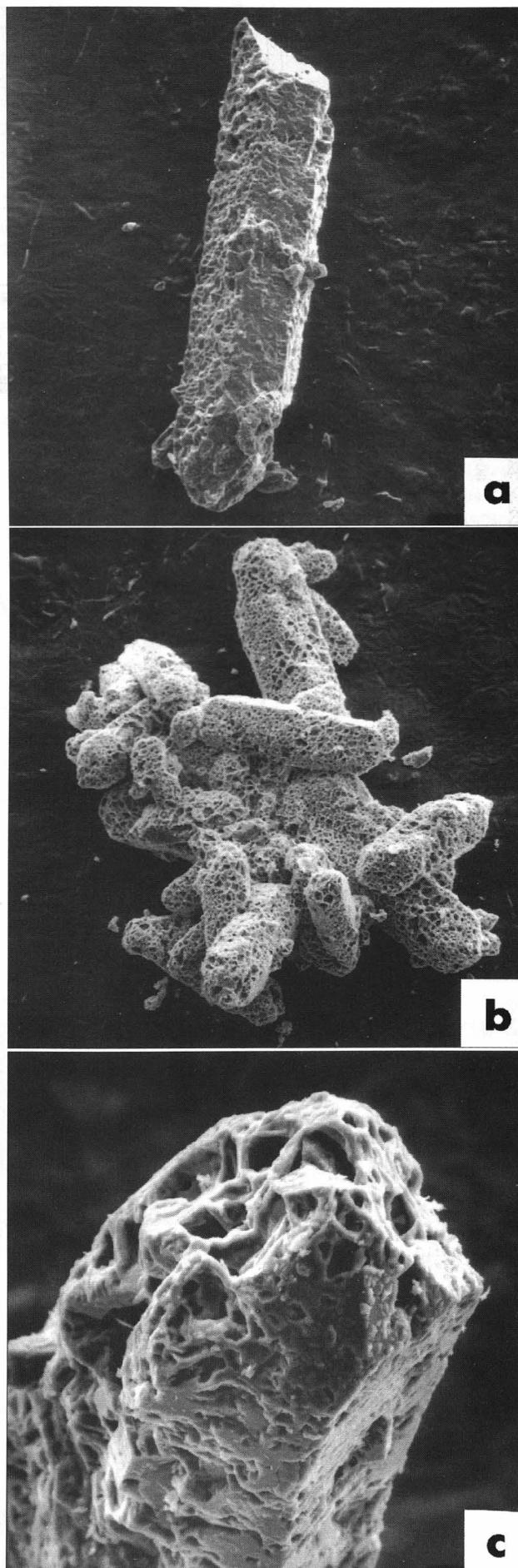


Abb. 8.
Authigene Quarzkristalle (Bohrung Plabutsch II/3B).

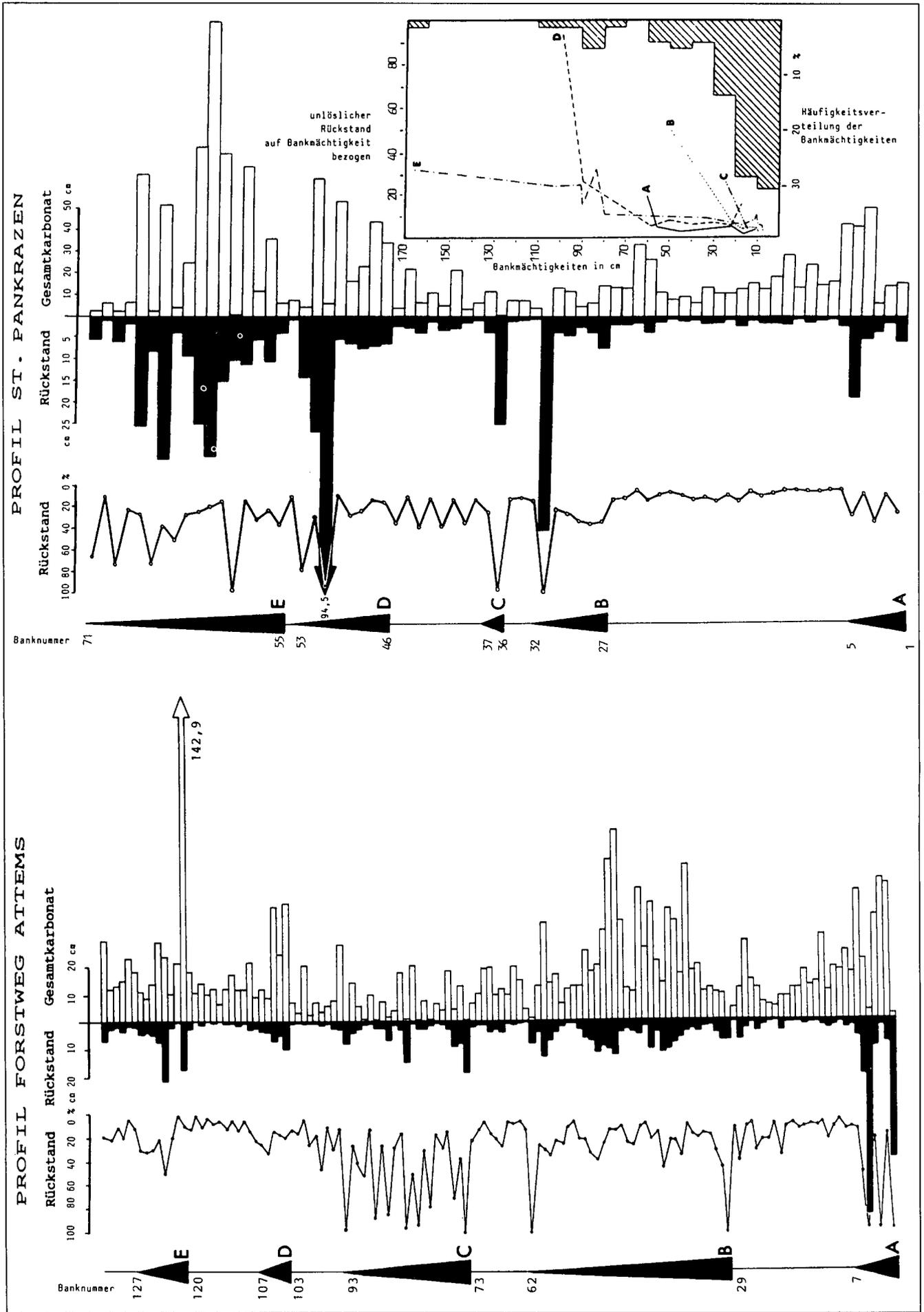


Abb. 9. Absolute Ton- und Rückstandsgehalte der Profile Forstweg Attems (links), St. Pankrazen (rechts) und Tyrnaueralm (Seite 405). Erläuterungen siehe Seite 403.

kann allerdings als sicher gelten, daß sowohl der terrigene Influx („Tonsedimentation“) als auch die marine (Kalk)-Sedimentation in der Zeit geschwankt haben. Nur so lassen sich (fast) reine Ton- und Karbonatgesteinslagen in den Profilen erklären, bedenkt man, daß der Übergang von 98 zu 99 % Kalkgehalt eine Verdopplung der Kalkzufuhr (vice versa für Tonlagen) erfordert (FÜCHTBAUER, 1988, S. 844–845).

In den Profilen ist der prozentuelle Rückstandsgehalt über die gesamte Abfolge stark fluktuierend (Rückstand in %).

Die terrigene Background-Sedimentation („normale“ terrigene Sedimentationskomponente) hat nach Darstellung der absoluten Rückstandsgehalte (Rückstand in cm auf die jeweilige Schichtmächtigkeit bezogen) für das Profil Attems als durchschnittlichen Absolutrückstandswert 1,8. Etwa 30 % dieser Werte liegen unter 1,0. Für das Profil St. Pankrazen liegt dieser Background-Durchschnittswert bei 1,7. Etwa 20 % der Werte liegen unter 1,0. Im Profil Tyrnauer Alm ergibt sich ein Durchschnittswert mit 2,9, etwa 20 % liegen unter 1,0.

In Abb. 9b wird zusätzlich gezeigt, daß innerhalb der Perioden A bis E bei zunehmenden absoluten Rückstandswerten die Bankmächtigkeiten ansteigen. Das gilt auch für die anderen Profile; es besteht innerhalb der Perioden A bis E allgemein sehr gute Korrelation zwischen absoluten Rückstandswerten und den entsprechenden Bankmächtigkeiten.

Die Darstellung läßt bei Vereinfachung entsprechender Kurven in allen drei Profilen 5 Perioden erhöhten Detritus-eintrags (A–E) erkennen (Abb. 9).

Diese lassen eine zyklische Sedimentation terrigener Komponenten erkennen. Die Zyklizität ergibt sich dabei nicht allein aus dem im Gelände beobachtbaren Vertei-

lungsmuster der Kalk-Mergel-Wechselagerungen, sondern kann quer über dieses hinweggreifen: Dabei ist zu berücksichtigen, daß „Mergel“lagen auch sehr hohe Karbonatwerte erreichen können, andererseits „Kalk“lagen hohe Rückstandswerte aufweisen. Im Profil Attems liegen beispielsweise innerhalb des algenführenden Profilintervalls bei Schichtnummer 94 bis 102 vier rote „Mergel“horizonte. Die Rückstandswerte des entsprechenden Abschnittes sind aber relativ gering gegenüber dem unterlagernden Abschnitt C und dem überlagernden Abschnitt D.

Die jeweils durch geringerprozentige Intervalle getrennten Abschnitte erhöhter absoluter Rückstandsmengen könnten also im Sinne einer nach symmetrischen Zyklen verlaufenden Einstreuung nach REED & BURCHETTE (1964) und E. FLÜGEL et al. (1971) erklärt werden. Ähnlich dem durch E. FLÜGEL et al. (1971) beschriebenen Fall laufen diese quer durch verschiedene Texturtypen.

Nach FOLK (1965) wäre eine negative Korrelation zwischen Rückstandswerten und Sparitgehalten zu erwarten. Es sollte also (FOLK, 1962) ein übereinstimmendes Verhalten von Mikrit und Tonfraktion (unlöslichem Rückstand) herzustellen sein, womit auf unterschiedliche Wasserbewegung geschlossen werden kann. Dies kann aber innerhalb der Profile nur teilweise nachvollzogen werden, da auch oft hohe Rückstandswerte in Grainstones auftreten.

Nimmt man für die häufig beobachtbaren 0,05–0,16 mm großen detritischen Quarzkörner äolisch erfolgten Transport an, so könnten diese die fehlenden Beziehungen zwischen Karbonat-Grundmasstypen und Rückstandsmengen erklären (BOLLINGER & BURRI, 1967; E. FLÜGEL et al., 1971, S. 33); dies gilt insbesondere für das Profil Tyrnaueralm. Elektronenmikroskopische Untersuchungen von Quarzkornoberflächen lieferten leider keine Ergebnisse

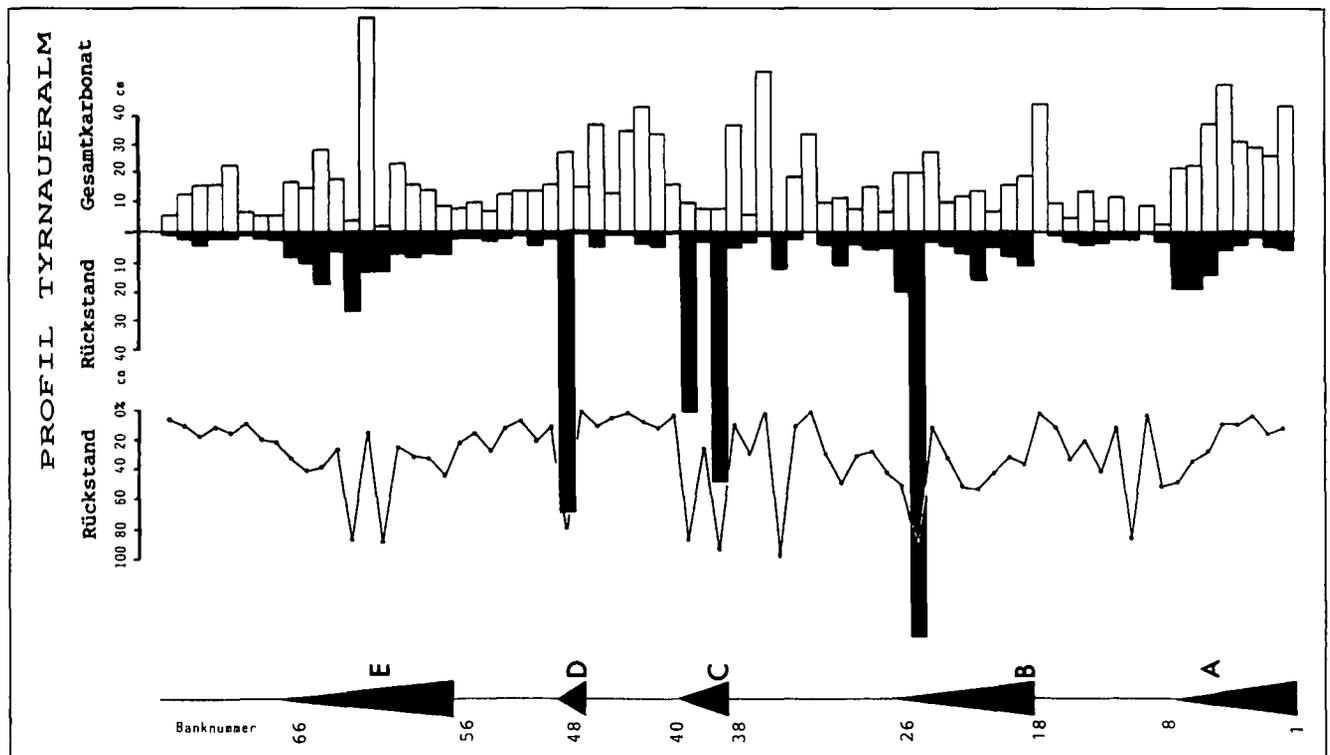


Abb. 9 (Fortsetzung).
Schwarze Histogramme: %-Anteil der Rückstandssubstanz; weiße Histogramme: %-Anteil des Karbonates bezogen auf einzelne Bankmächtigkeiten (= Abszisse).
Die jeweiligen Volumsprozentwerte der Rückstandsgehalte werden auf der linken Seite der Diagramme angegeben.
Nähere Erläuterungen siehe Text.

die den Transportmechanismus der Körner erkennen lassen würden, da die untersuchten Quarzkörner entweder (diagenetisch bedingt) angelöst oder authigen weitergewachsen waren.

Ein Rückgang der Karbonatsedimentation bei steigendem Tonangebot im Sinne NOEL (1968) kann nicht beobachtet werden. Vielmehr ist sogar bei steigenden absoluten Rückstandswerten auch ein symmetrisch dazu verlaufender Anstieg des absoluten Karbonatanteils zu beobachten (Profil Attems: Abschnitte B, D, E, St. Pankrazen: Abschnitte A, E, Tyrnaueralm: Abschnitte A, E).

6. Dolomitisierung

Prinzipiell weisen alle Profile der Barrandeikalk-Formation dolomitierte Abschnitte auf. Ein Vergleich der Profile zeigt eine stärkere Dolomitisierung der nördlichen Vorkommen (Tyrnaueralm, Teichalpe) gegenüber jenen der unmittelbaren Umgebung von Graz: während von 133 Bänken des Profils Attems nur 22 „dolomitisch“ sind, kann durchwegs in allen Bänken des Profils Tyrnaueralm Dolomit nachgewiesen werden (Abb. 10a). Dies dürfte auch ursächlich mit einer im Norden des Grazer Paläozoikums stärker wirksamen Diagenese/Anchimetamorphose in Zusammenhang stehen (vergl. HASENHÜTTL & RUSSEGER, 1992).

Eine eindeutige Beziehung zwischen Dolomitierungsgrad und ursprünglicher Textur der Karbonate im Sinne von MURRAY & LUCIA (1967) kann nicht auf die gesamte Abfolge der jeweiligen Profile übertragen werden. Demzufolge müßte die Verteilung der Dolomitgehalte unmittelbar den Mikritgehalt der Karbonate widerspiegeln. Von diesem Schema abweichende Fälle könnten möglicherweise auch auf Süßwassereinfluß-bedingte Mg^{2+} -Ionen-Abfuhr (und damit verbundener Kornvergrößerung) zurückzuführen sein (FOLK, 1974). Jedenfalls zeigen im allgemeinen Grainstones geringere Dolomitgehalte als Mudstones, was auf diagenetisch bedingte Permeabilitätsunterschiede und effektivere Wirkung dolomitisierender fluids in feinkörnigen Sedimenten mit mikritischem Bindemittel zurückzuführen ist.

Die oft in der Literatur zitierte Beziehung zwischen Dolomitgehalt und Rückstandsmenge (BLIND, 1965; KAHLE, 1965; ZENGER, 1965; RICHTER, 1974) für den Barrandeikalk ist nicht anzuwenden: Es wurden von 209 Proben der Profile das Verhältnis Dolomitanteil am Gesamtkarbonat (in %) zu unlöslichem Rückstand (in %) ermittelt, wobei sich ein (linearer) Korrelationsfaktor von nur 0,050 ergab.

Für die Profile Kollerkogel und Pierer besteht negative Korrelation beider Parameter (Abb. 10b).

Auffallend schlechte Korrelation von Dolomitgehalt mit säureunlöslichem Rückstand läßt eine spätdiagenetische Dolomitisierung (= epigenetische Dolomitisierung, LONGMAN, 1982, S. 121) durch Mg^{2+} -Ionenbereitstellung während der synchron ablaufenden Tonmineraldiagenese als einzig erklärendes Modell für die gesamte Abfolge nicht in Betracht kommen.

Die Art der Dolomitisierung durch Auspressung von marinen Formationswässern („burial dolomitization“, vergl. PURSER & SCHROEDER, 1986) unter Beteiligung von Mg^{2+} -spendenden marinen Tonen (MATTES & MOUNTJOY, 1980; GROVER & READ, 1983 u.a.) dürfte nur in wenigen untergeordneten Fällen innerhalb der Barrandeikalke platzgegriffen haben:

An der Basis des Profils Forstweg Attems sind dem „Chonetenschiefer-Horizont“ gelbliche Kalke zwischengeschaltet, die verkieselte Ostracoden- und Eridostracenschalen führen. Die Untersuchung des im Quarz eingeschlossenen Karbonates (methodisch nach RICHTER, 1971, 1972) erbrachte einen erhöhten Dolomitanteil am Gesamtkarbonat des Einschlußmaterials (!) gegenüber jenem des umgebenden Gesteins.

Die Tatsache, daß einerseits keine Dedolomitisierung des betreffenden Gesteines feststellbar ist, und andererseits, daß entgegen allen bisher aus der Literatur bekannten Fällen (LEUCHS, 1985; MOLENAAR & JONG, 1987; RICHTER, 1971, 1972, 1974, 1984) der Dolomitgehalt des Einschlußkarbonates gegenüber dem Gesamtgestein höher ist, läßt die Vermutung zu, daß synchron mit dem SiO_2 -fluid für die Fossilverkieselung auch das zur Dolomitisierung führende Mg^{2+} transportiert wurde, wobei beide Phasen der Tonmineraldiagenese entstammen.

Im liegenden Abschnitt des Profils St. Pankrazen und bei Thaler Mühle (Madersberg-Südhang/Göstingbachtal) gibt es Hinweise auf frühdiaogenetisch initiierte, bankinterne, stratiforme Dolomitisierung, die positiv mit der Menge an unlöslichem Rückstand in entsprechenden Schicht-Teilabschnitten korreliert:

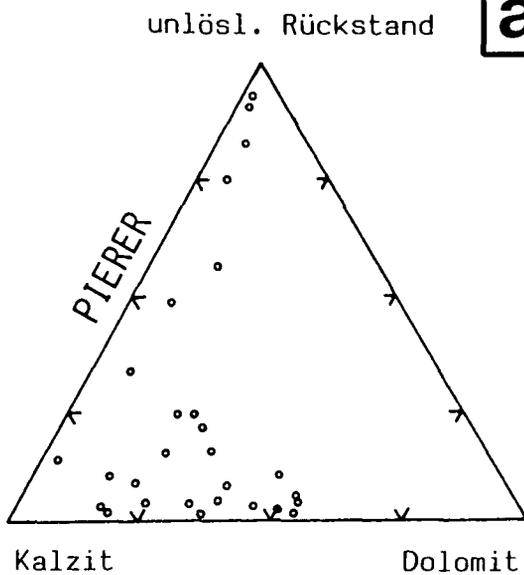
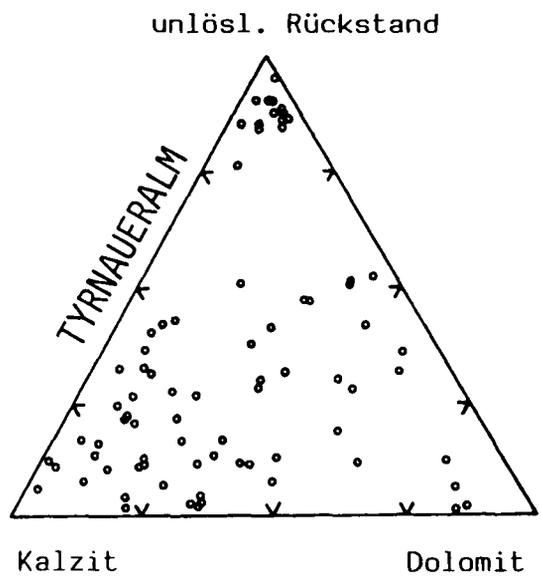
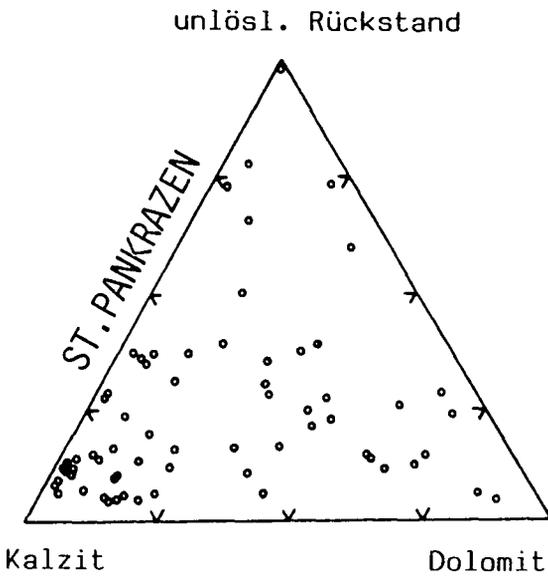
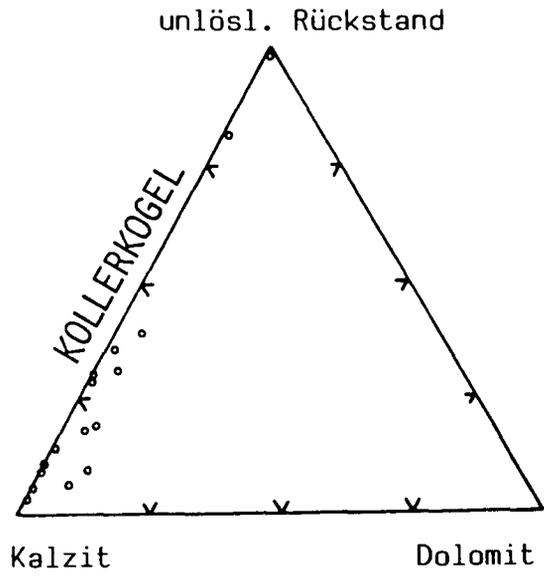
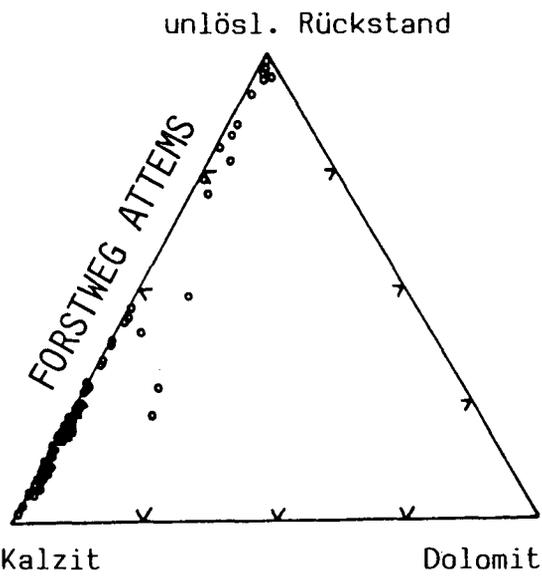
Ähnlich dem von WALTHER (1982) beschriebenen Fall, steigen innerhalb der Bänke zu deren Liegend- und Hangendbegrenzungen Dolomit- und Rückstandsgehalte an. Diese Inhomogenitäten im Gestein zeigen sich im Gelände durch unterschiedliche Färbung: Hellgraue Kalke in der Schichtmitte werden beidseitig (liegend und hangend dazu) von gelblich-braunen, stets parallel zur Schichtfuge verlaufenden, dolomitischen Bändern eingerahmt (Abb. 11).

Die Entstehung dieser Phänomene läßt sich mit ILLIES (1949), GRÜNDEL & RÖSLER (1963), EDER (1982) und WALTHER (1982) durch frühdiaogenetische, pH- und Eh-Wert gesteuerte Stoffwanderungen erklären. Die Differenzierung solcher vermutlich bakteriell induzierter Differenzierungen (CHILINGAR et al., 1967; GOLUBIC & SCHNEIDER, 1979) wird durch EDER (1982, S. 108–109), resp. WALTHER (1982, S. 116–119) ausführlich diskutiert (Abb. 12).

Hypidiomorphe bis idiomorphe, 80–100 μ große Dolomitkristalle sind oft an Biogene, vor allem an ästige Tabulata (Thamnoporen und Striatoporen) gebunden. Sie werden ebenfalls einem frühdiaogenetischen Dolomitisierungereignis, verursacht durch Mg^{2+} -Abgabe des Mg-reichen Skelettmaterials (siehe u.a. RICHTER, 1972, 1984; ZORN, 1977) zugewiesen. Solche relativ großen Dolomitrhomboeder interpretieren KOCH et al. (1989) als frühdiaogenetisch angelegt und während der Versenkung („burial diagenesis“) durch (spätdiaogenetische) Rekristallisation vergrößert.

Während der Sammelkristallisation vergrößerte Dolomitkristalle zerstören teilweise (Abb. 13) oder vollständig biogene Skelettstrukturen.

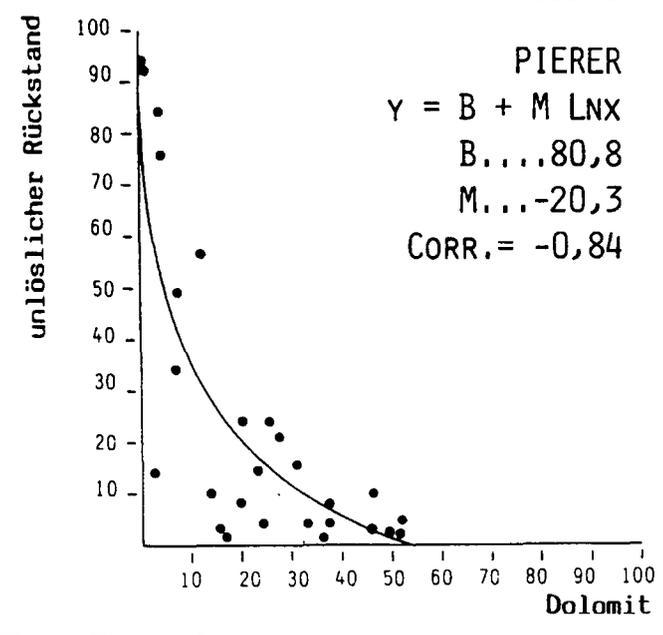
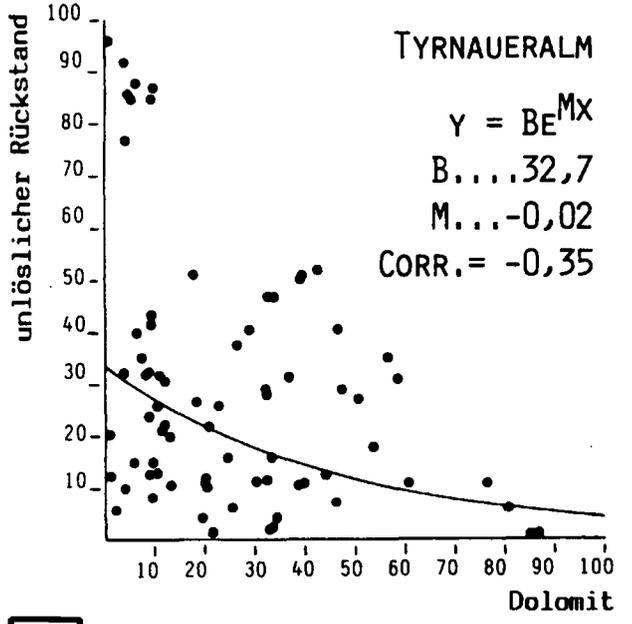
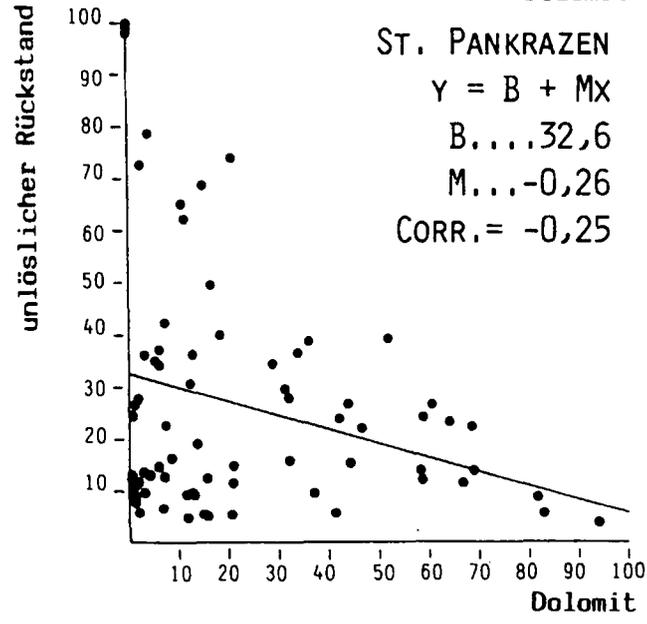
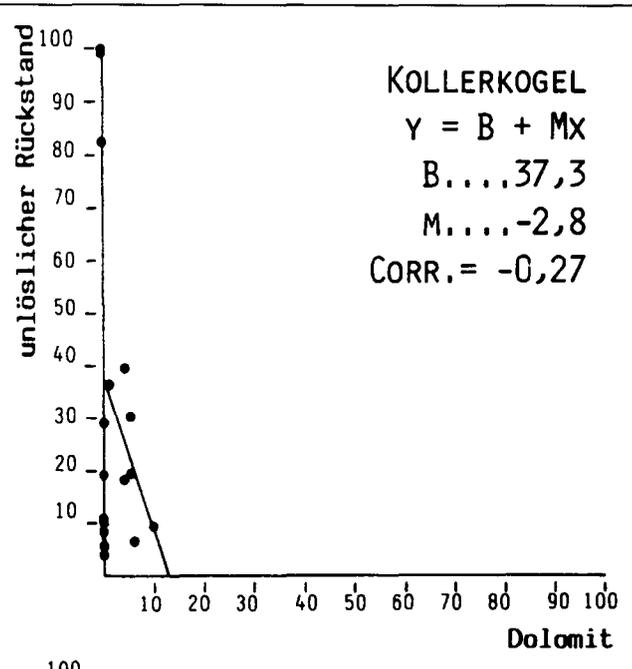
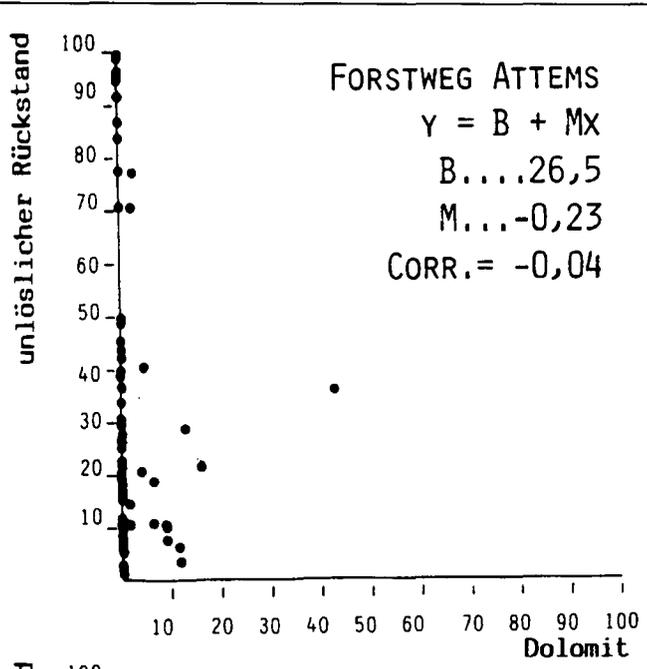
In Schlifften des Profils Tyrnaueralm kommen in mikritischer Matrix schwimmende, bis max. 40 μ groß werdende hypidiomorphe bis idiomorphe Dolomitkristalle mit meist dunklen Zentren („dirty centre“, KOCH et al., 1989) vor. Sie dürften nach MATTES & MOUNTJOY (1980) während einer frühen eogenetischen („early burial“) Phase, vermutlich durch Mischung mit meteorischen Wässern („Dorag“-Modell, LAND, 1973 a,b, 1983; LAND et al., 1975; CONIGLIO et al., 1988 u.a.) entstanden sein (FOLK & LAND, 1975).



a

Abb. 10.

- a) Dreiecksdarstellung der Komponenten Kalzit – Dolomit – nicht-karbonatische Phase (unlöslicher Rückstand) sämtlicher Schichten der jeweiligen Profile.
 b) Beziehungen von Dolomitgehalten (in %) und Gehalten an nicht-karbonatischer Phase (unlöslicher Rückstand in %) sämtlicher Schichten der jeweiligen Profile.



b

Abb. 10 (Fortsetzung).

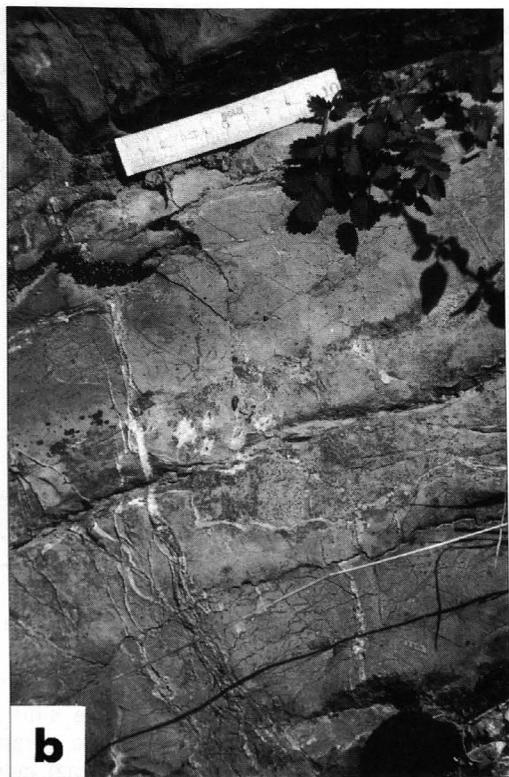


Abb. 11.
Bankinterne Dolomitisierung.
a) Thaler Mühle
b) St. Pankrazen

Abb. 12.
Text befindet sich auf S. 410.

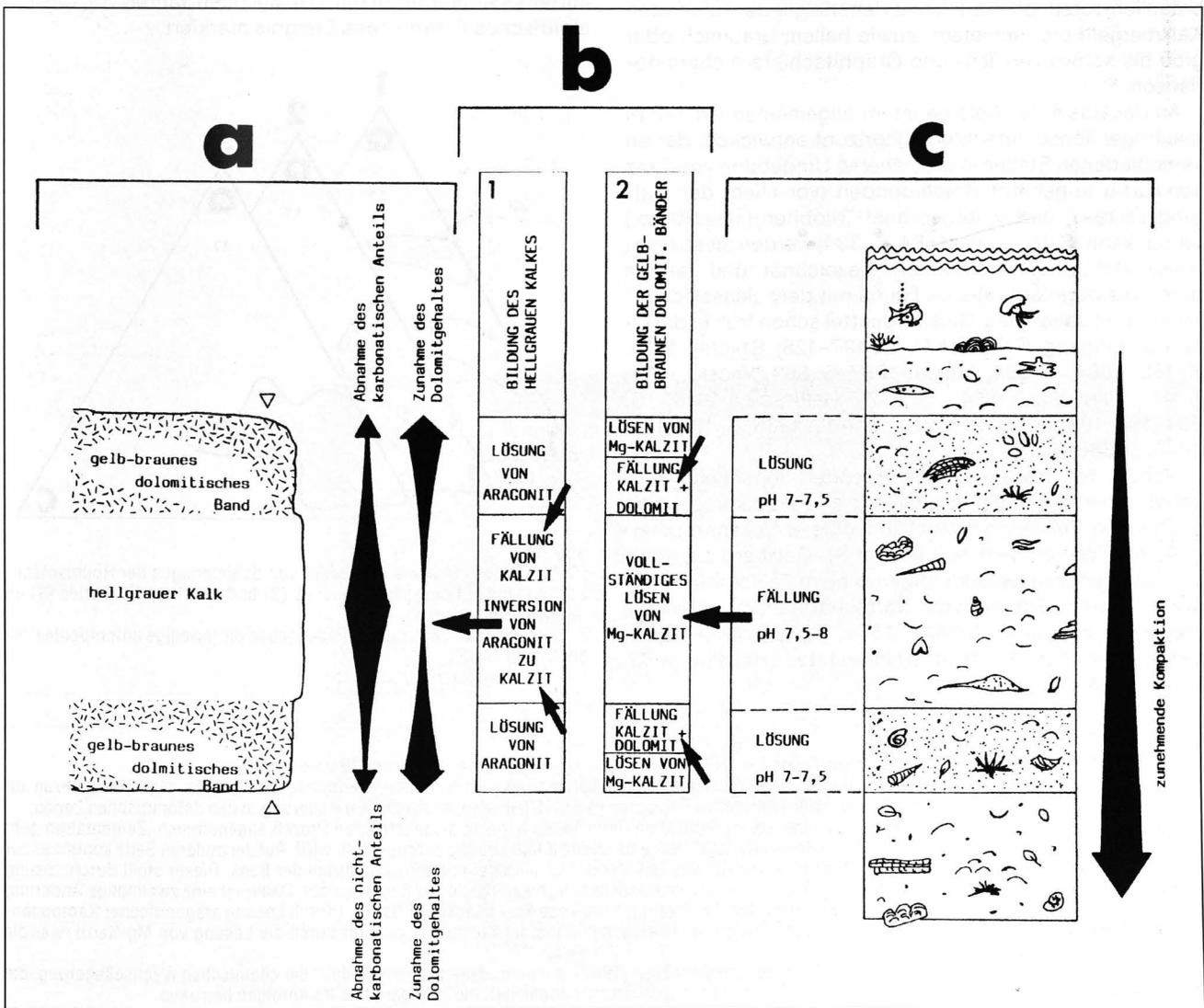
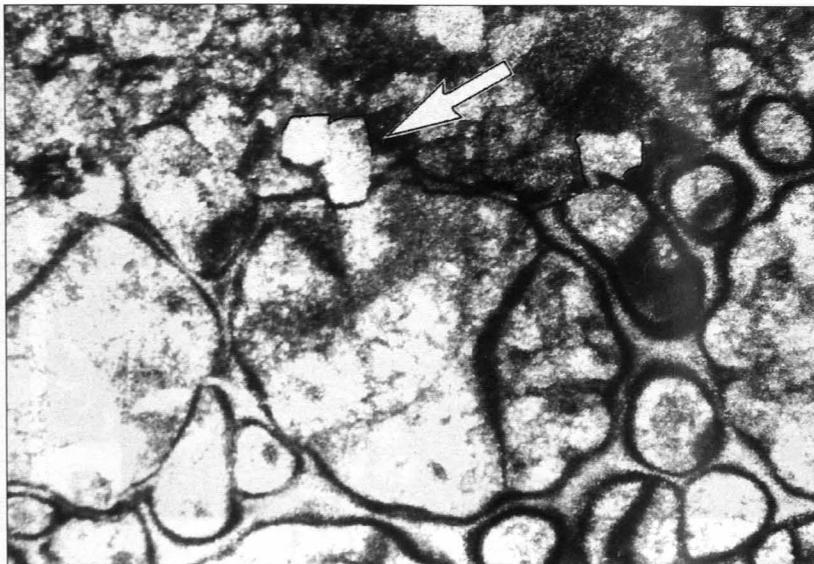


Abb. 13.
Biogen-Zerstörung durch sekundäre Dolomitisierung.

Mittel- bis grobkristalline (bis 0,5 mm große) Dolomitekristalle werden einer mesogenetischen (spätdiagenetischen, „intermediate burial“ bis „late burial“) Phase zugeschrieben (NICHOLS, 1974; FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1977; FENNINGER & HOLZER, 1978). In diese Phase fallen sowohl durch Rekristallisation bedingte Kornvergrößerungen früh entstandener Dolomitekristalle, als auch die während der Drucklösung (resp. Stylolitisation) entstandenen, meist (sekundär) fossilieren dolomitischen Abschnitte der Profile (z.B. St. Pankrazen: Bänke 20–22, 28–30).



7. Rückstandsreiche Bänke

7.1. Mergel/Schieferlagen

Für die Abfolgen der Barrandeikalke sind Zwischenschaltungen von schwarzen, teilweise „graphitischen“ (ehemaliger Bergbau bei St. Gotthart/Graz), gelben, roten, bräunlich-roten, oft stark Crinoidenstielglieder-führenden Kalkmergeln bis -schiefern, sowie hellen, bräunlich oder grau bis schwarzen Ton- und Graphitschiefern charakteristisch.

An der Basis der Abfolge ist im allgemeinen ein 1–2 m mächtiger Tonschiefer(Mergel)horizont entwickelt, der an verschiedenen Stellen in der näheren Umgebung von Graz schillartig angehäuft Brachiopoden (vor allem der Gattung *Chonetes*) und untergeordnet Trilobiten (*Maladaia* sp.) führen kann. Seit STACHE (1884, S. 304) werden diese Horizonte als „Chonetenschiefer“ bezeichnet und fanden durch die darin auftretende Fauna mit dem „klassischen“ Fundpunkt Jägersteig/Gaisbergsattel schon früh in die Literatur Eingang (STUR, 1871, S. 127–128; STACHE, 1874, S. 168, 1884, S. 304; FRECH, 1887, S. 663; VACEK, 1891, S. 47; PENECKE, 1894, S. 577; HERITSCH, 1915, S. 594–598; 1917, S. 66–67; 1918, S. 9–10; 1935, S. 189–190; 1943, S. 380–381).

Neben den basalen fossilführenden Tonschiefer-Einschaltungen am Gaisberg, Ölberg und Frauenkogel sind auch völlig fossilfreie Mergel/Tonschiefer bekannt. Letzgenannte Vorkommen, wie jene in St. Gotthard bei Graz, Kotnbüchel/Steinberg(straße) und beim Feliferhof/Kollerkogel waren früher von wirtschaftlichem Interesse (Fayenceerzeugung; ANDRAE, 1854, S. 35), da sie einen bergmännischen Abbau gewährleisteten (HAUSER, 1952, S. 38, 1954, S. 59).

Petrographische Bearbeitungen der Chonetenschiefer, sowie der fossilfreien Tonschiefer der Thaler Mühle und des Kollerkogels wurden von GIPTNER (1940) und HANSELMAYER (1953, 1956, 1957 a,b) durchgeführt.

Seit 1980 liegt durch FRANK in H.W. FLÜGEL et al. (1980) für die Schiefertone des Kollerkogels ein radiometrisch ermitteltes Altersdatum mit 176 Millionen Jahren vor, das ein alpidisches thermisches Ereignis markiert.

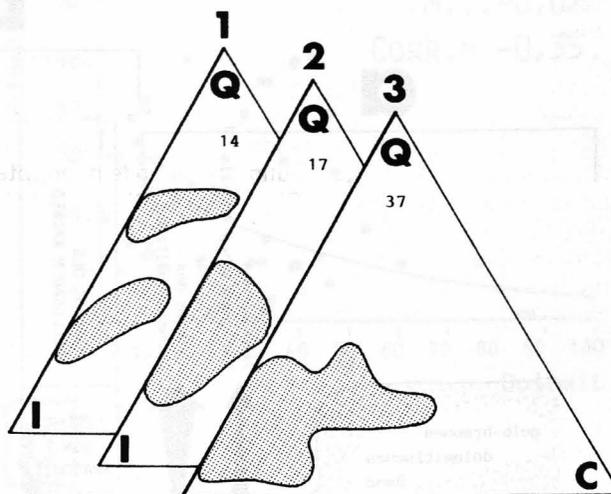


Abb. 14.
„Illit“ : Chlorit : Quarz-Verhältnisse von Schieferlagen der Hochlantsch-Fazies (1), des Übergangsbereiches (2) und der Rannach-Fazies (3) im Vergleich zueinander.
Zahlen innerhalb der Dreiecksfelder geben die jeweilige untersuchte Probenanzahl wieder.
I = „Illit“; C = Chlorit; Q = Quarz.

Abb. 12 (auf der vorhergehenden S. 409).

Deutung der Genese bankinterner, stratiformer Dolomit-Kalk- Wechsellagerungen nach EDER (1982) und WALTHER (1982).

- Bankinterne Abfolge mit zentralem, hellgrauem Kalk und liegendem und hangendem gelb-braunem, dolomitischem Kalk. Es zeigt sich in bezug auf den säureunlöslichen Rückstand eine deutliche quantitative Reduktion in den Kalzitlagen, bzw. eine Anreicherung in den dolomitischen Lagen.
- Nach dem Modell von WALTHER (1982) wird eine frühe Lithifikation durch einen initialen diagenetischen Prozeß angenommen. Zementation geht durch ein geschlossenes System vor sich, in dem Material auf der einen Seite durch Lösung bereitgestellt wird. Auf der anderen Seite kommt es zur Fällung. Der Bereich der Präzipitation ist dabei der kalzitische Teil, der der Lösung der dolomitische Anteil der Bank. Dieser stellt durch Lösung metastabiler Karbonatphasen (Aragonit, Mg-Kalzit) ein früh entstandenes, früh kompaktiertes Residium dar. Damit ist eine zweimalige Änderung der Zusammensetzung der Porenlösungen zu vermuten: Im Stadium 1 muß das Porenwasser an CaCO_3 (durch Lösung aragonitischer Komponenten?) übersättigt gewesen sein; es kam zur Zementation der kalzitischen Lage. Im Stadium 2, bedingt durch die Lösung von Mg-Kalzit, war die Porenlösung dolomitisch beeinflusst.
- Die Ursachen für eine frühdigenetische Stoffwanderung sieht EDER (1982) in einem „dynamischen Modell“ der chemischen Wechsellagerung, die pH-Wert-gesteuert ist. Aus dieser werden Lösungs- und Fällungshorizonte abgeleitet, die in a) dargestellte Abfolgen bewirken.

Abb. 15.
Crinoidenstielglieder an S-Flächen von
Mergel/Schieferlagen (Gaisbergsattel).

Mittels unterschiedlicher prozentueller Verteilung der Mineralgruppen Illit/Muscovit-Chlorit-Quarz wurde versucht, Mergel/Schieferlagen der Profile Forstweg Attems, Gaisbergsattel und Forststraße Tyrnaueralm untereinander zu vergleichen. Alle Schieferlagen enthalten meist untergeordnet Chlorit, oder sind chloritfrei. Auffallende Unterschiede ergeben sich im Quarzgehalt, wobei das Profil Tyrnaueralm den stärksten Quarzinput zeigt (Abb. 14).

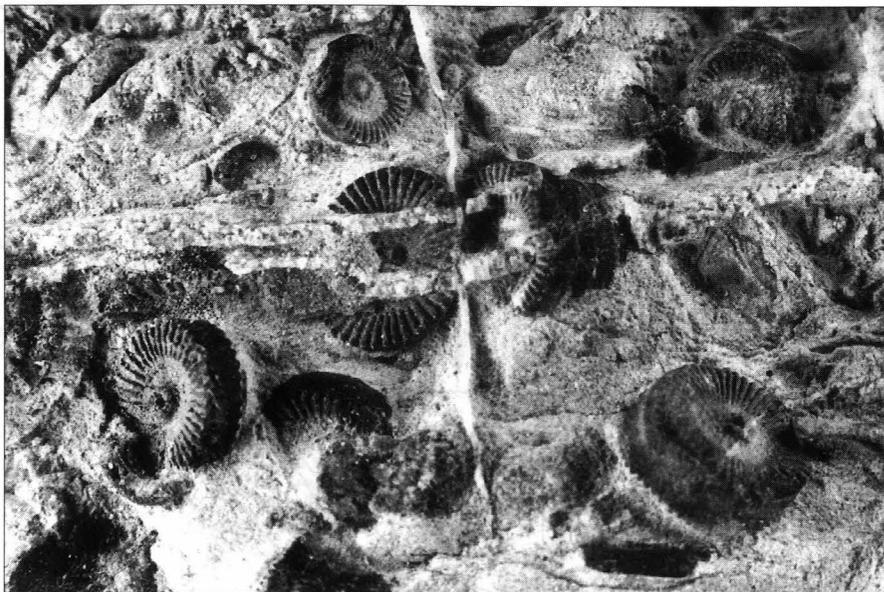
Eine korrespondierende Stellung zwischen den quarzreicheren Hochlantschfazies-Schiefen und den phyllosilikatreicheren Rannachfazies-Schiefen nimmt das Profil St. Pankrazen ein.

Mächtigkeitsabnahmen der Schiefer- und Mergelzweischaltungen zum Hangenden hin sind in fast allen Profilen gegeben.

Karbonatgehalte der Schieferlagen sind innerhalb der Profile erheblichen Schwankungen unterworfen und können besonders in den hangenden, rötlichen Lagen hohe Werte (bis über 85 und 90 %) erreichen.

Teilweise ergibt sich der Karbonatgehalt durch die Fossilführung. Disartikulierte Crinoiden kommen in fast allen Schieferlagen vor (Abb. 15). Häufig sind auch feingerippte dünnchalige Brachiopoden (Chonetiden). Diese sind allerdings äußerst selten in kalzitischer Erhaltung, meistens treten sie nur als Abdrücke (Abb. 16) auf (St. Pankrazen, Tyrnaueralm). Für dunkelgraue bis schwarze (Phytoklasten-reiche) Schieferlagen können Wurmsspuren von *Scalartuba* signifikant sein (Tyrnaueralm, St. Pankrazen). Die Wurmrohre bioturbater Schiefer im Profil Attems sind durch gröberklastische Füllungen charakterisiert.

Neben der karbonatischen Phase sind Quarz, Feldspäte, Illit/Muscovit, Chlorit, Hämatit, Goethit, Siderit, Limonit und Pyrit röntgenographisch nachweisbar.



7.2. „Chonetenschiefer“

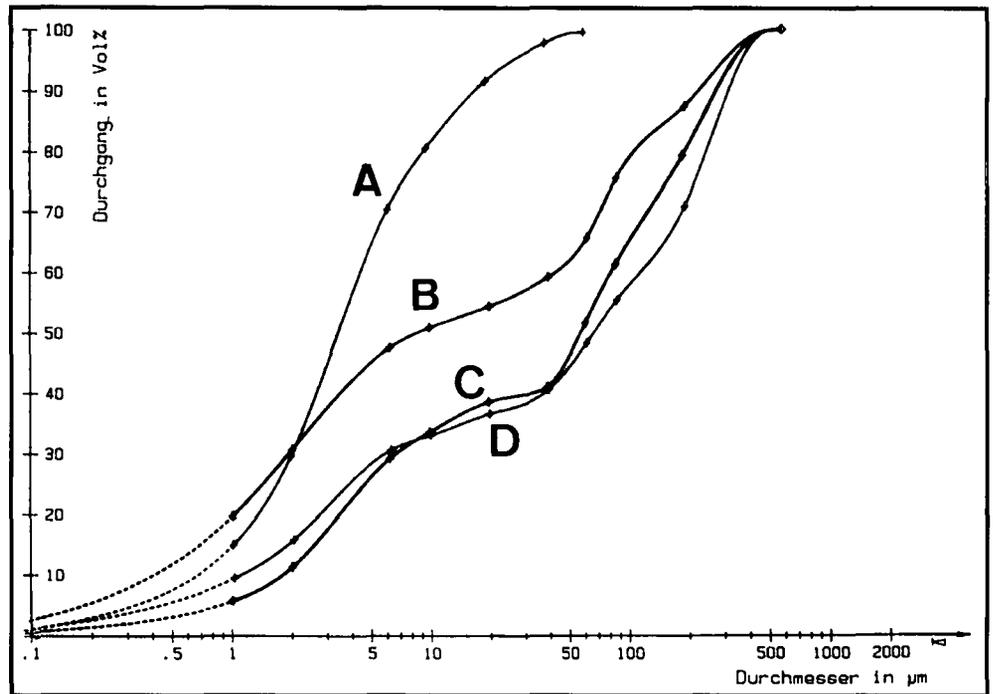
Die beiden Fundpunkte der „Chonetenschiefer“ am Frauenkogel (Forstweg Attems) und am Jägersteig sind teilweise überaus reichlich fossilführend. Die Gesteine sind an ihren Schichtflächen metallisch grau glänzend und verwittern erdig-braun. Horizontweise sind sie übersät mit Crinoidenstielgliedern und feingerippten Chonetenschalen, die mehr als 40 % der Schichtoberflächen einnehmen können.

Die Brachiopoden liegen in beiden Fundpunkten als Abdrücke mit flachen Goethithäuten vor, die nach HERITSCHE (1943, S. 380) und HANSELMAYER (1957b) als Verwitterungsprodukte eines zuvor pyritisierten Erhaltungszustandes zu interpretieren sein dürften. Der Ablagerungsraum der „Chonetenschiefer-Fazies“ wurde von einer individuenreichen, aber relativ geringdiversen Population besiedelt.



Abb. 16.
Chonetenabdrücke auf S-Fläche
der „Chonetenschiefer“ (Forstweg
Attems).

Abb. 17.
Teilchengrößenverteilung
der „Chonetenschiefer“ (s.l.).
Thaler Mühle (A), Kollerkogel (B),
Jägersteig (Gaisbergsattel) (C)
und Forstweg Attems (D).



Eine Auflistung der Fauna vom Jägersteig geben HERITSCH (1935, 1937 und 1943) und H.W. FLÜGEL (1975). Nach BOUCOT in FLÜGEL (1975) besitzt die Brachiopodenfauna dieser Schichten allerdings keine taxonomische Aussagekraft, da die Erhaltungszustände der Fossilien heutigen Anforderungen einer genauen Bestimmung nicht genügen.

Fossilfreie Schiefer vom Kollerkogel („Illitschiefer-tone“, HANSELMAYER, 1957 a) und der Thaler Mühle („Ton-sandsteine“, HANSELMAYER, 1953) weisen untereinander keine Ähnlichkeiten auf.

Die Untersuchung der Korngrößenverteilung der Chonetenschieferproben Jägersteig (GJ), Forstweg Attems (FA), der Illitschiefer-tone/Kollerkogel (IK) und der „Ton-sandsteine“ der Thaler Mühle (ThM) zeigt im Vergleich untereinander für die Proben GJ und FA nahezu identische Verteilung (Abb. 17).

Die Korngrößenverteilung der Probe ThM weist in der graphischen Darstellung Angleichung an die Normalverteilungskurve auf.

Nach der Klassifikation von SHEPARD (1954) fallen die aufbereiteten Proben FA, GJ und IK in den Bereich „Silty Sand“, die Probe ThM in das Feld „Silt“.

Durch Aufbereitungsschwierigkeiten der verfestigten Gesteine sind die gewonnenen Teilchengrößenkurven allerdings zu größeren Werten hin verschoben (umsomehr ist der Begriff Ton, „sand“stein für das Vorkommen Thaler Mühle nicht tragbar).

7.3. Phyllosilikate

Die röntgenographische Untersuchung der Schiefer GJ, FA, IK und ThM auf Tonmineralien (Fraktion $\leq 2 \mu$) brachte neben in einigen Fällen untergeordnet auftretendem Chlorit ausnahmslos 10 Å-Glimmer zum Nachweis.

Nach M.J. WILSON (1987, S. 47) sollten als Illite s.str. nur jene Tonmineralien bezeichnet werden, die keine (Äthylenglykol-)quellbaren Anteile aufweisen. Dennoch enthalten fast ausschließlich alle bisher in der Literatur als „Illite“ bezeichneten Minerale zwischengeschichtete Smektit-layers (SRODON & EBERL, 1984). Mit M.J. WILSON (1987) wird der Mineralbegriff „Illit“ nur für 10 Å-Glimmer definiert, die weniger als 10 % expandierbare (Smektit-) Schichten enthalten.

Nach SRODON & EBERL (1984, S. 507) korreliert der α -Parameter, der zur Charakterisierung der 1Md/1M-Illitpolytypen herangezogen wird, gut mit der Illit/Smektit-Rate. Als α wird die Abweichung in Grad der Verbindungslinie

von Maximalintensitäten des Intervalls zwischen 54° und $57^\circ 2\theta$ von der Horizontalen entsprechender Röntgendiffraktogramme angegeben (vergl. SRODON & EBERL, 1984, S. 501, Abb. 9).

Für die untersuchten Proben schwankt α zwischen 24° und 58° (Abb. 18). Diesen Werten entsprechen etwa 5 bis 22 %ige Expandierbarkeit, wobei 45° für α den für Illite (sensu WILSON, 1987) signifikanten Wert von 10 % „expandable layers“ markiert.

Die Chlorite von Schieferproben der Lokalitäten Steinbruch Grein/Gaisbergsattel, Kollerkogel, Forstweg Attems, Bohrung Plabutsch II/3b, St. Pankrazen, Tyrnaueralm und Pierer/Teichalpe wurden mittels kristallchemischer Übersichtsuntersuchungen nach OINUMA et al. (1972) bestimmt. Dabei konnten Mg-Fe-reiche (52 % der untersuchten Proben), wie auch Al-reiche Chlorite (45 % der Proben) nachgewiesen werden (Abb. 19).

In einigen Schieferproben kann röntgenographisch Pyrophyllit determiniert werden. Generell werden die Reflexintensitäten von Pyrophyllit in Fraktionen $\leq 2 \mu$ erheblich geschwächt bis nicht mehr identifizierbar (auf relativ zum Illit in größeren Fraktionen angereicherten Pyrophyllit macht auch WEBER (1972, S. 349) aus dem Rheinischen Schiefergebirge aufmerksam).

In vielen untersuchten Fraktionen $\leq 2 \mu$ treten peaks im Bereich $27,5^\circ 2\theta$ auf, die vermutlich Paragonit/Illit-mixed layers sind (siehe Paragonit/Phengit-Mixedlayer bei FREY, 1969 a).

Das Vorkommen von Pyrophyllit (WEBER, 1972; DUNOYER DE SEGONZAC, 1970; WINKLER, 1970; FREY, 1987 a,b) und Paragonit-Wechselagerungen (FREY, 1969 a, 1987 a) ist von besonderem Interesse, da beide Mineralien indikativ für das Erfassen des Diagenese- bzw. des very low grade Metamorphose-Grades sind. Mit THOMPSON (1970) und FREY (1987 a,b) ist für die Bildung von Pyrophyllit mit Mindesttemperaturen von $280\text{--}300^\circ\text{C}$ zu rechnen.

7.3.1. Bemerkungen

Diagenesegrad und Ablagerungsraum erklären die Vormachtstellung von „Illit“ und Chlorit an Phyllosilikaten. Die

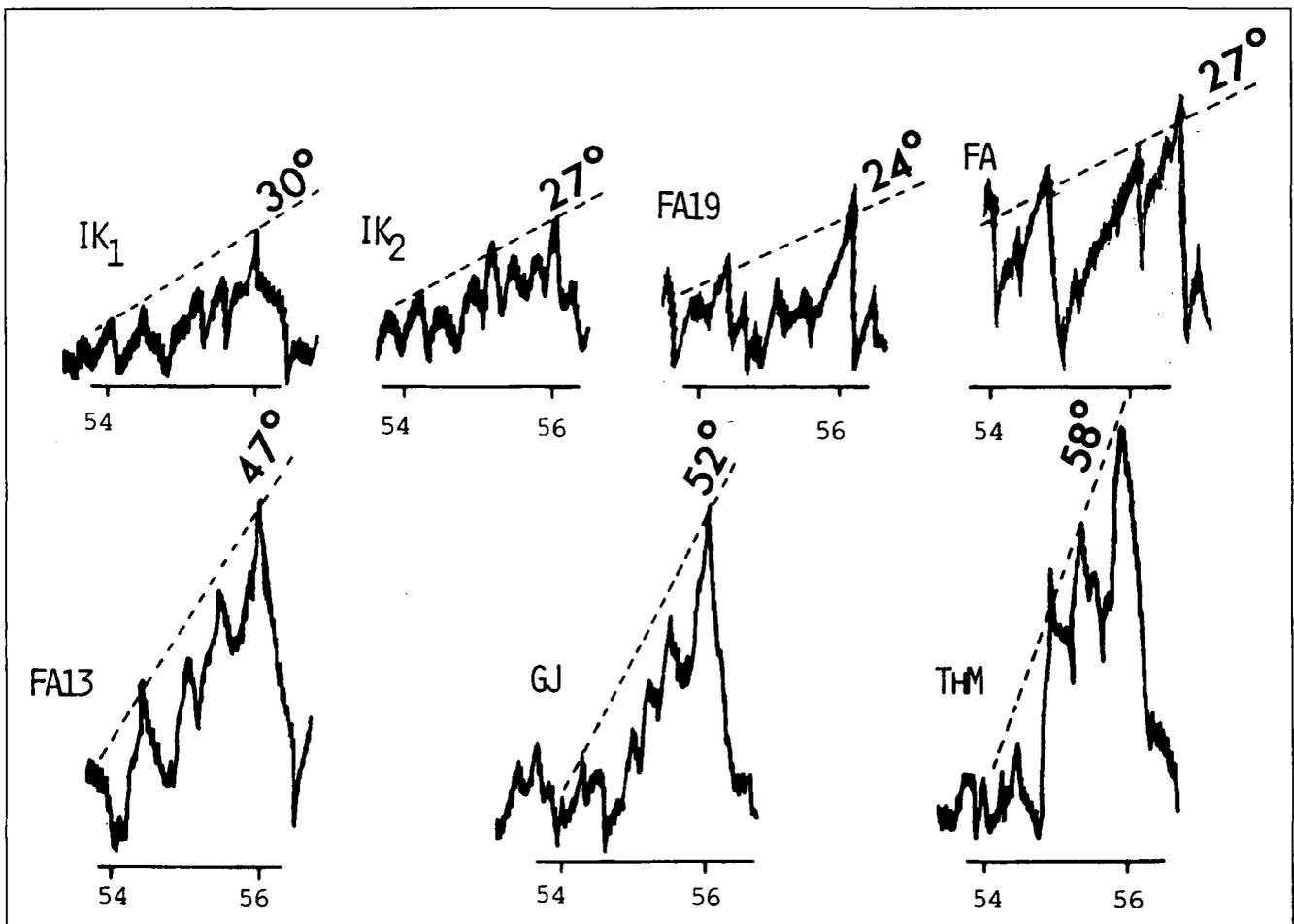


Abb. 18.
 α -Werte der 10 Å-Glimmer nach SRODON & EBERL (1984) der „Chonetenschiefer“.
 IK1, IK2 = Kollerkogel; FA, FA 13, FA19 = Forstweg Attems; GJ = Gaisbergsattel (Jägersteig); ThM = Thaler Mühle.

Tatsache, daß keine Kaolin- und Montmorinminerale festgestellt werden konnten, wird in Beziehung gebracht:

- mit dem primären Fehlen (resp. mit primär untergeordnetem Vorhandensein gegenüber Illit und Chlorit) auf Grund der paläogeographischen Position des Ablagerungsraumes (zurückzuführen auf unterschiedliches Koagulationsverhalten der 2-Schicht-Tonminerale versus 3-Schicht-Tonminerale im Übergangsbereich fluviatil-brackisch-marin und der damit verbundenen kurzen Transportweite; siehe u.a. auch SELLNER, 1985).
- mit der Instabilität im Diagenese-Anchimetamorphose-Bereich, in dem es zum Abbau von Kaolin- und Montmorinminerale unter Bildung von Chlorit und Pyrophyllit kommt. So sind vor allem die auftretenden Al-reichen Chlorite mit FREY (1969 b) als diagenetische Produkte aus Montmorillonit und Kaolinit zu deuten. Mg-Fe-reiche Chlorite dagegen dürften im Sinne von HELING in FÜCHTBAUER (1988, S. 190) aufgrund ihrer Stabilität als detritischen Ursprungs zu deuten sein. Synchron mit der Umwandlung von Montmorillonit dürfte auch die Illitisierung der Kaolinite durch Kalium- und Magnesium-reiche Porenfluids (DUNOYER DE SE-GONZAC, 1970) stattgefunden haben.

8. Ökologie der Organismen

Alle Profile sind durch reichhaltige Fossilführung gekennzeichnet, wobei sich nach dem durchschnittlichen

Biogengehalt die Reihung Pierer (50,7 %), Forstweg Attems (31,9 %), Kollerkogel (29,9 %), St. Pankrazen (26,5 %), Tyrnaueralm (25,4 %) ergibt.

Häufigkeitsverteilungen von Organismen(gruppen) der untersuchten Profile siehe Abb. 20. Mergel/Schieferlagen konnten nicht berücksichtigt werden, da der Anteil an Fossilien am Gesteinsaufbau analog zu den Kalken (volumetrisch nach der grain-bulk-Methode an Gesteinsan- und -dünnstücken ermittelt) nicht befriedigend wiedergegeben werden kann.

Auffallend ist bei relativ guter Übereinstimmung der Faunenverteilung das Fehlen, bzw. starke Zurücktreten einiger Biogene im Vergleich zueinander.

Die Häufigkeit der gemeinsam auftretenden Faunenelemente, bezogen auf die jeweilige Gesamtprobenzahl (= Anzahl untersuchter Karbonatbänke n) der Profile wird in Tab. 1 dargestellt.

8.1. Algen

Litanaia graecensis und *Pseudopalaeoporella lummatonensis* (Abb. 21) in meist gutem Erhaltungszustand kommen im Profil Attems ab der Bank 82 fast regelmäßig vor. Sie können auch gesteinsbildend (Abb. 22) auftreten (HUBMANN, 1990).

In den unteren Schichten (bis Bank 13) des Profils Kollerkogel gibt es schlecht erhaltene Algenreste, die den Udoteaceen zuweisbar sind.

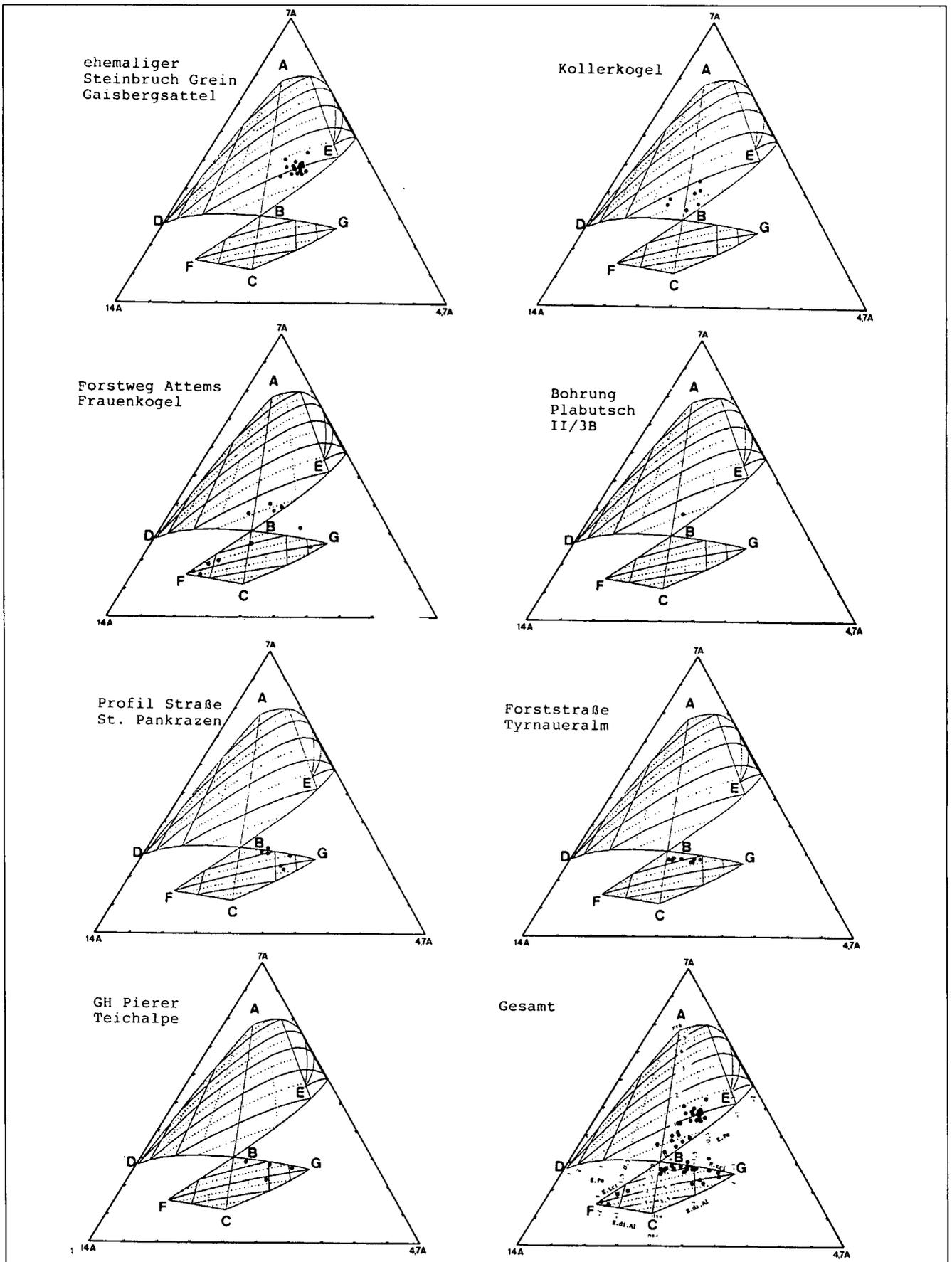
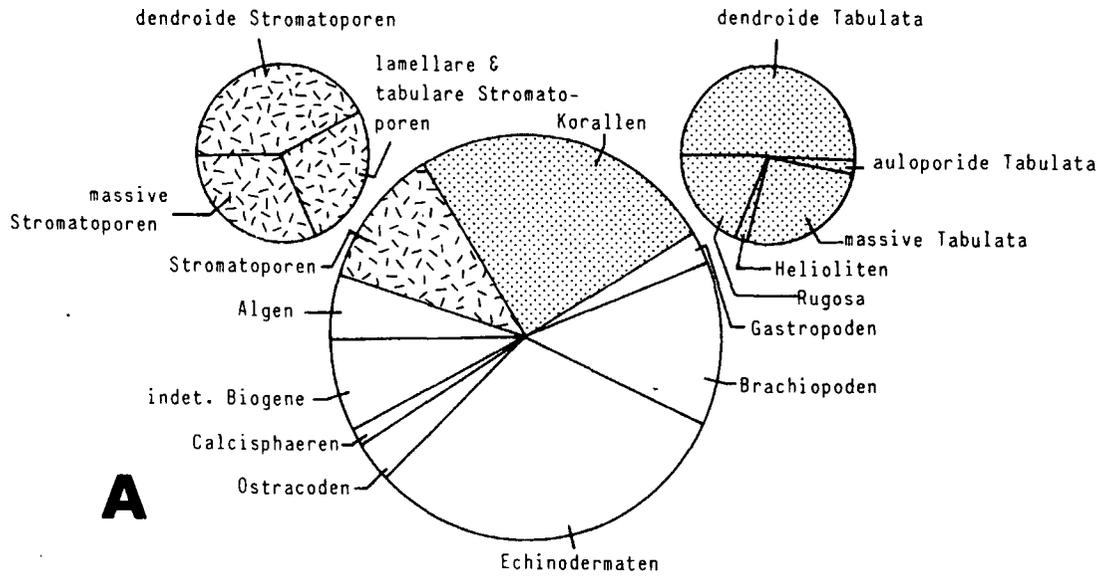


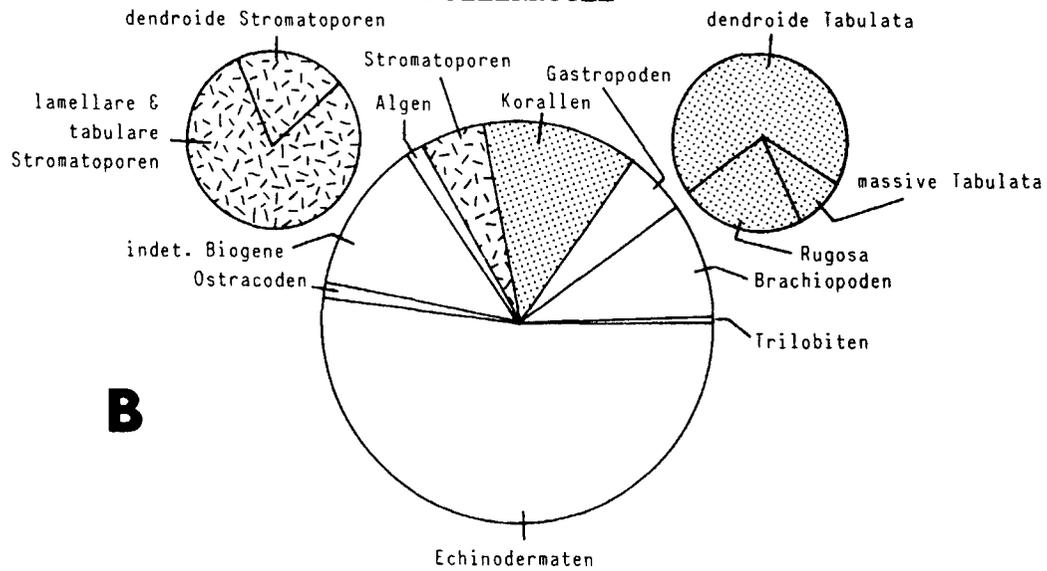
Abb. 19.
 Diagramme nach OINUMA et al. (1972) für Chlorite der Schieferlagen untersuchter Profile.
 Das Feld ADBE repräsentiert Mg-Fe-reiche Chlorite, das Feld BFCG Al-reiche Chlorite. Der linke Flügel des oberen Feldes gibt den Fe-Überschuß in der Silikatschichte, der rechte Flügel den Fe-Überschuß in der Hydroxylschichte an. Der linke Flügel des unteren Feldes gibt den Al-Überschuß in dioktaedrischer Position der Hydroxylschichte, der rechte Flügel den Al-Überschuß in der Silikatschichte an.

FORSTWEG ATTEMS



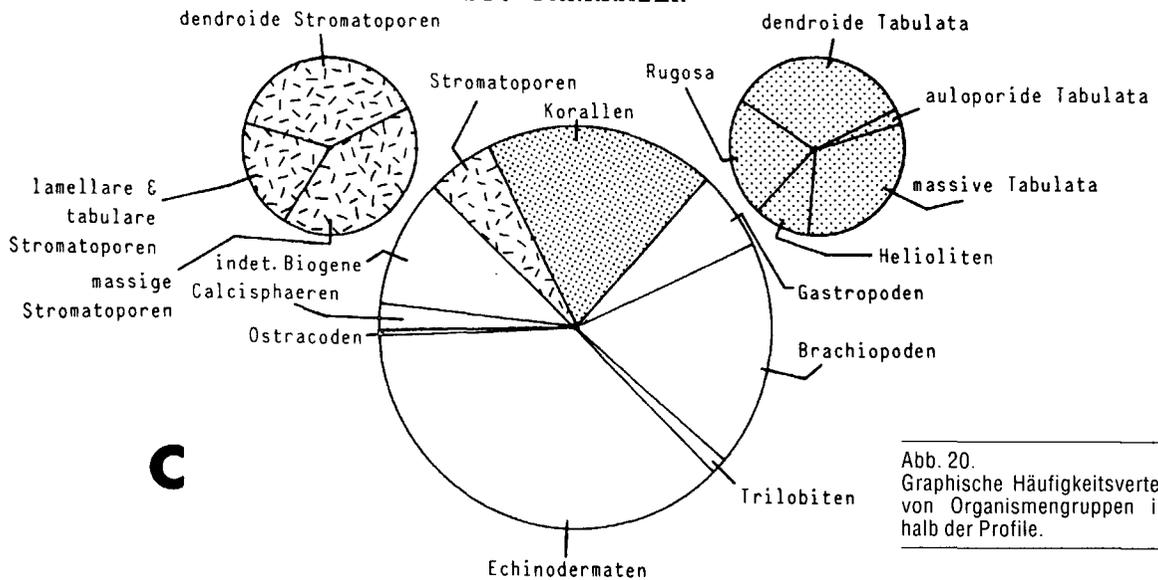
A

KOLLERKOGEL



B

ST. PANKRAZEN



C

Abb. 20. Graphische Häufigkeitsverteilung von Organismengruppen innerhalb der Profile.

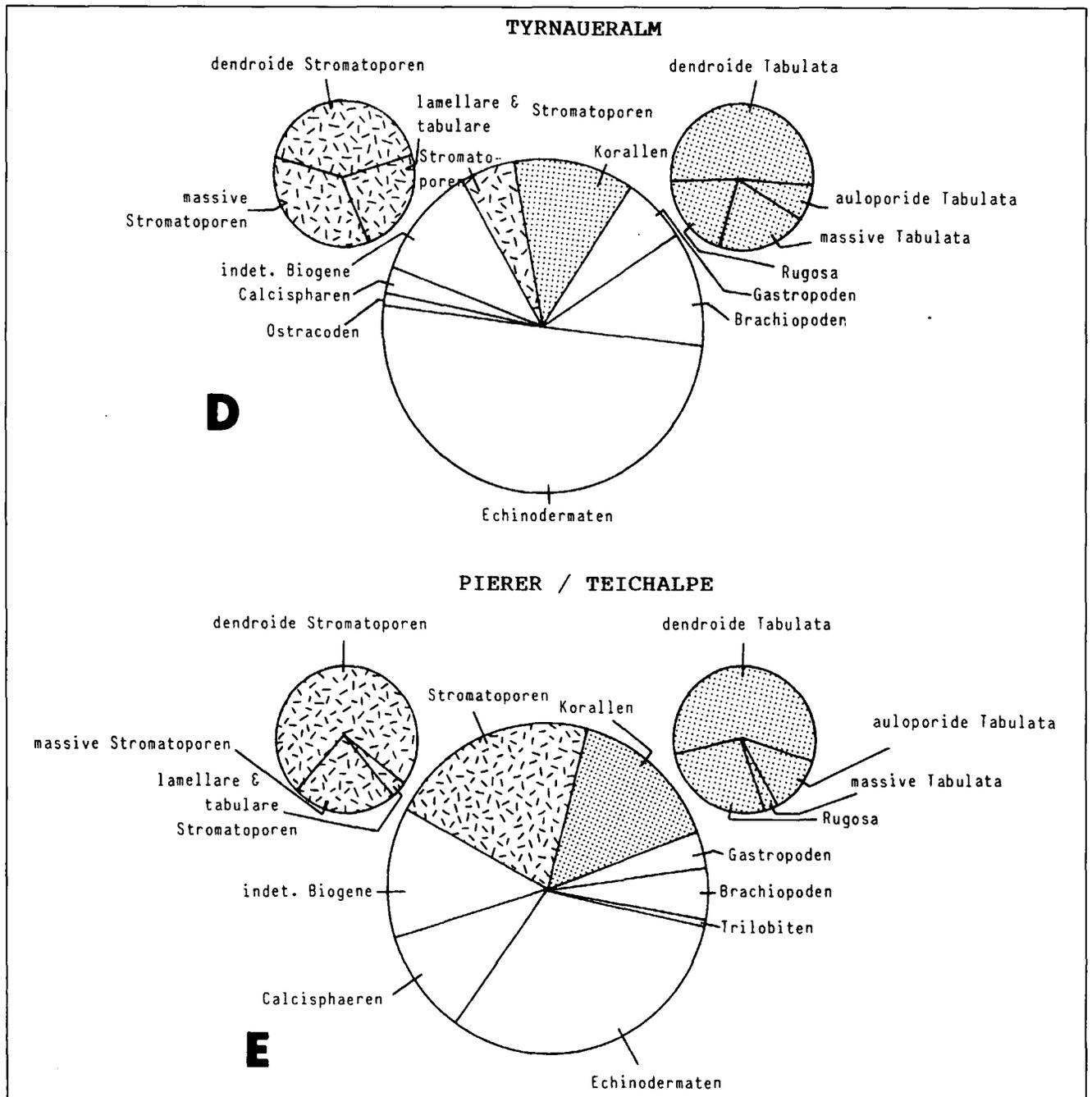


Abb. 20 (Fortsetzung).
Graphische Häufigkeitsverteilung von Organismengruppen innerhalb der Profile.

Die Algenvorkommen in St. Pankrazen (*Litanaia graecensis*, ?*Litanaia*-formen und *Zeapora gracilis*), sowie der Tyrnaueralm (*Pseudopalaeoporella lummatonensis*) beziehen sich auf Einzel-funde.

Mit Algenhalli gemeinsam auftretende Organismen sind dendroide Tabulata, Crinoiden, dendroide Stromatoporen, Gastropoden und Brachiopoden.

Fossile Grünalgen bieten nahezu uneingeschränkte Vergleichbarkeit mit aktuellen Ökofaktoren wie Bathymetrie, Salinität, Temperatur, Verbreitung etc. (ELLIOTT, 1978, 1979, 1984), zumal direkte rezente Nachkommen existieren und ihre autotrophe (photosynthetisierende) Lebensweise während der Erdgeschichte unverändert geblieben ist.

In der Literatur liegen ausreichend viele Arbeiten vor, welche die Autökologie von Codiaceen/Udoteaceen be-

leuchten (SENES, 1967; GINSBURG et al., 1972; MILLIMAN, 1975; WRAY, 1977; BASSOULLET et al., 1983; ROUX, 1985; BERNER, 1990; HILLIS, 1990, etc.).

Genannten Autoren zufolge werden Vertretern der Udoteaceen nur geringe Toleranzbereitschaft gegenüber Veränderungen ihres physikalisch-chemischen und biologischen Umweltanspruchs (Ökofaktoren) bescheinigt. Folgt man diesen Vorstellungen, charakterisieren Horizonte der Barrandeikalk-Formation mit autochthonen Udoteaceen sehr genau den Ablagerungsraum:

- a) Als Wassertiefe kommen entsprechend begrenzter Eindringtiefen (Absorption) des zur Photosynthese notwendigen roten (langwelligen) Lichtes nur seichte Meeresareale in Frage. Das massenhafte Auftreten (bis über 80 %ige volumetrische Beteiligung von Algenhalli am Gesteinsaufbau) indiziert optimale Habitatsbe-

Tabelle 1.
Häufigkeiten gemeinsam auftretender Faunenelemente.

<table border="0"> <tr> <td>a</td><td colspan="15">Forstweg Attems</td><td>a</td><td colspan="15">Kollerkogel</td> </tr> <tr> <td>b</td><td>13</td><td colspan="14"></td><td>b</td><td>-</td><td colspan="14"></td><td>n = 21</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>2</td><td>3</td><td colspan="13"></td><td>n = 111</td><td>c</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="12"></td><td>n = 21</td> </tr> <tr> <td>d</td><td>1</td><td>2</td><td>5</td><td colspan="12"></td><td>d</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td>e</td><td>13</td><td>13</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="11"></td><td>e</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="11"></td> </tr> <tr> <td>f</td><td>18</td><td>22</td><td>10</td><td>9</td><td>32</td><td colspan="10"></td><td>f</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>g</td><td>10</td><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>6</td><td>11</td><td colspan="9"></td><td>g</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>h</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>9</td><td>14</td><td>2</td><td colspan="8"></td><td>h</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>i</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>-</td><td>2</td><td colspan="7"></td><td>i</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>j</td><td>5</td><td>5</td><td>2</td><td>1</td><td>5</td><td>15</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="6"></td><td>j</td><td>4</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>k</td><td>11</td><td>18</td><td>7</td><td>6</td><td>18</td><td>50</td><td>5</td><td>6</td><td>1</td><td>26</td><td colspan="5"></td><td>k</td><td>3</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td>-</td><td>5</td><td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>l</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td colspan="5"></td><td>l</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>3</td><td>3</td><td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>m</td><td>16</td><td>24</td><td>11</td><td>12</td><td>28</td><td>54</td><td>11</td><td>15</td><td>2</td><td>26</td><td>50</td><td>1</td><td colspan="4"></td><td>m</td><td>5</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td>-</td><td>12</td><td>12</td><td>4</td><td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>n</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>8</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td>14</td><td>-</td><td>18</td><td colspan="3"></td><td>n</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>o</td><td>1</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>3</td><td>5</td><td>-</td><td>11</td><td>6</td><td colspan="2"></td><td>o</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td><td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td> </tr> </table>																a	Forstweg Attems															a	Kollerkogel															b	13															b	-															n = 21	c	2	3														n = 111	c	-	-													n = 21	d	1	2	5													d	-	-	-													e	13	13	4	5												e	-	1	-	-												f	18	22	10	9	32											f	2	2	-	-	3											g	10	7	3	1	6	11										g	-	-	-	-	-	-										h	2	3	3	3	9	14	2									h	1	-	-	-	-	-	-									i	-	-	-	1	1	2	-	2								i	-	-	-	-	-	-	-								j	5	5	2	1	5	15	3	-	-							j	4	3	-	-	2	-	-	1	-							k	11	18	7	6	18	50	5	6	1	26						k	3	3	-	-	2	-	-	3	-	5						l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1						l	2	-	-	-	-	-	-	1	-	3	3						m	16	24	11	12	28	54	11	15	2	26	50	1					m	5	3	-	-	3	-	-	3	-	12	12	4					n	2	3	2	1	2	8	-	-	-	3	14	-	18				n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				o	1	3	-	-	1	4	1	1	-	3	5	-	11	6			o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
a	Forstweg Attems															a	Kollerkogel																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
b	13															b	-															n = 21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
c	2	3														n = 111	c	-	-													n = 21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
d	1	2	5													d	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
e	13	13	4	5												e	-	1	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
f	18	22	10	9	32											f	2	2	-	-	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
g	10	7	3	1	6	11										g	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
h	2	3	3	3	9	14	2									h	1	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
i	-	-	-	1	1	2	-	2								i	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
j	5	5	2	1	5	15	3	-	-							j	4	3	-	-	2	-	-	1	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
k	11	18	7	6	18	50	5	6	1	26						k	3	3	-	-	2	-	-	3	-	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1						l	2	-	-	-	-	-	-	1	-	3	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
m	16	24	11	12	28	54	11	15	2	26	50	1					m	5	3	-	-	3	-	-	3	-	12	12	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
n	2	3	2	1	2	8	-	-	-	3	14	-	18				n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
o	1	3	-	-	1	4	1	1	-	3	5	-	11	6			o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="0"> <tr> <td>a</td><td colspan="15">St. Pankrazen</td><td>a</td><td colspan="15">Tyrnaueralm</td> </tr> <tr> <td>b</td><td>2</td><td colspan="14"></td><td>n = 55</td><td>b</td><td>-</td><td colspan="14"></td><td>n = 50</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>-</td><td>1</td><td colspan="13"></td><td>c</td><td>-</td><td>1</td><td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td>d</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td colspan="12"></td><td>d</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td>e</td><td>1</td><td>6</td><td>2</td><td>1</td><td colspan="11"></td><td>e</td><td>-</td><td>4</td><td>2</td><td>-</td><td colspan="11"></td> </tr> <tr> <td>f</td><td>2</td><td>7</td><td>3</td><td>2</td><td>15</td><td colspan="10"></td><td>f</td><td>1</td><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>6</td><td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>g</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>6</td><td colspan="9"></td><td>g</td><td>-</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>6</td><td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>h</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>2</td><td>5</td><td>1</td><td colspan="8"></td><td>h</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>i</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td colspan="7"></td><td>i</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>j</td><td>4</td><td>8</td><td>4</td><td>2</td><td>11</td><td>14</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td colspan="6"></td><td>j</td><td>1</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>7</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>k</td><td>2</td><td>8</td><td>5</td><td>2</td><td>17</td><td>21</td><td>5</td><td>3</td><td>-</td><td>23</td><td colspan="5"></td><td>k</td><td>-</td><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td>11</td><td>6</td><td>4</td><td>-</td><td>11</td><td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>l</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>2</td><td colspan="4"></td><td>l</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>m</td><td>4</td><td>11</td><td>6</td><td>5</td><td>17</td><td>24</td><td>6</td><td>9</td><td>3</td><td>29</td><td>37</td><td>6</td><td colspan="3"></td><td>m</td><td>1</td><td>6</td><td>2</td><td>2</td><td>7</td><td>15</td><td>6</td><td>4</td><td>-</td><td>14</td><td>29</td><td>-</td><td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>n</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>2</td><td>-</td><td>1</td><td colspan="3"></td><td>n</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td><td>4</td><td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>o</td><td>-</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>4</td><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>8</td><td>8</td><td>1</td><td>12</td><td>1</td><td colspan="2"></td><td>o</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>7</td><td>-</td><td>12</td><td>2</td><td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td><td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td> </tr> </table>																a	St. Pankrazen															a	Tyrnaueralm															b	2															n = 55	b	-															n = 50	c	-	1														c	-	1													d	1	2	2													d	-	1	1													e	1	6	2	1												e	-	4	2	-												f	2	7	3	2	15											f	1	6	2	3	6											g	2	3	1	1	4	6										g	-	2	1	2	1	6										h	1	2	2	4	2	5	1									h	-	-	1	-	1	2	2									i	1	1	-	1	-	1	1	2								i	-	-	-	-	-	-	-								j	4	8	4	2	11	14	4	3	2							j	1	3	-	-	2	7	-	1	-							k	2	8	5	2	17	21	5	3	-	23						k	-	5	2	2	6	11	6	4	-	11						l	-	-	1	-	1	1	1	-	-	2	2					l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					m	4	11	6	5	17	24	6	9	3	29	37	6				m	1	6	2	2	7	15	6	4	-	14	29	-				n	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	1				n	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	4				o	-	3	-	-	4	7	1	1	-	8	8	1	12	1			o	1	1	-	-	1	4	1	-	-	2	7	-	12	2				a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o				
a	St. Pankrazen															a	Tyrnaueralm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
b	2															n = 55	b	-															n = 50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
c	-	1														c	-	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
d	1	2	2													d	-	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
e	1	6	2	1												e	-	4	2	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
f	2	7	3	2	15											f	1	6	2	3	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
g	2	3	1	1	4	6										g	-	2	1	2	1	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
h	1	2	2	4	2	5	1									h	-	-	1	-	1	2	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
i	1	1	-	1	-	1	1	2								i	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
j	4	8	4	2	11	14	4	3	2							j	1	3	-	-	2	7	-	1	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
k	2	8	5	2	17	21	5	3	-	23						k	-	5	2	2	6	11	6	4	-	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
l	-	-	1	-	1	1	1	-	-	2	2					l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
m	4	11	6	5	17	24	6	9	3	29	37	6				m	1	6	2	2	7	15	6	4	-	14	29	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
n	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	1				n	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
o	-	3	-	-	4	7	1	1	-	8	8	1	12	1			o	1	1	-	-	1	4	1	-	-	2	7	-	12	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="0"> <tr> <td>a</td><td colspan="15">Pierer</td><td>a</td><td colspan="15">... Algen</td> </tr> <tr> <td>b</td><td>-</td><td colspan="14"></td><td>n = 22</td><td>b</td><td colspan="15">... dendroide Stromatoporen</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>-</td><td>1</td><td colspan="13"></td><td>c</td><td colspan="15">... lamellare und tabulare Stromatoporen</td> </tr> <tr> <td>d</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td colspan="12"></td><td>d</td><td colspan="15">... massive Stromatoporen</td> </tr> <tr> <td>e</td><td>-</td><td>4</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="11"></td><td>e</td><td colspan="15">... Rugosa</td> </tr> <tr> <td>f</td><td>-</td><td>8</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td colspan="10"></td><td>f</td><td colspan="15">... dendroide Tabulata</td> </tr> <tr> <td>g</td><td>-</td><td>3</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td><td colspan="9"></td><td>g</td><td colspan="15">... auloporide Korallen</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>-</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="8"></td><td>h</td><td colspan="15">... massive Tabulata</td> </tr> <tr> <td>i</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="7"></td><td>i</td><td colspan="15">... Helioliten</td> </tr> <tr> <td>j</td><td>-</td><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="6"></td><td>j</td><td colspan="15">... Gastropoden</td> </tr> <tr> <td>k</td><td>-</td><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>-</td><td>4</td><td colspan="5"></td><td>k</td><td colspan="15">... Brachiopoden</td> </tr> <tr> <td>l</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="4"></td><td>l</td><td colspan="15">... Trilobiten</td> </tr> <tr> <td>m</td><td>-</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>10</td><td>4</td><td>1</td><td>-</td><td>3</td><td>12</td><td>2</td><td colspan="3"></td><td>m</td><td colspan="15">... Echinodermaten</td> </tr> <tr> <td>n</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="3"></td><td>n</td><td colspan="15">... Ostracoden</td> </tr> <tr> <td>o</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>4</td><td>1</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>8</td><td>-</td><td colspan="2"></td><td>o</td><td colspan="15">... Calcisphaeren</td> </tr> <tr> <td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td><td></td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td><td>m</td><td>n</td><td>o</td> </tr> </table>																a	Pierer															a	... Algen															b	-															n = 22	b	... dendroide Stromatoporen															c	-	1														c	... lamellare und tabulare Stromatoporen															d	-	1	-													d	... massive Stromatoporen															e	-	4	1	1												e	... Rugosa															f	-	8	2	2	3											f	... dendroide Tabulata															g	-	3	1	-	-	3										g	... auloporide Korallen															h	-	1	-	-	-	1	1									h	... massive Tabulata															i	-	-	-	-	-	-	-	-								i	... Helioliten															j	-	3	-	-	1	3	1	-	-							j	... Gastropoden															k	-	7	1	1	4	7	3	1	-	4						k	... Brachiopoden															l	-	2	-	-	-	2	-	-	-	1	1					l	... Trilobiten															m	-	10	1	2	4	10	4	1	-	3	12	2				m	... Echinodermaten															n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				n	... Ostracoden															o	-	5	-	-	-	4	1	-	-	1	5	1	8	-			o	... Calcisphaeren																a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
a	Pierer															a	... Algen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
b	-															n = 22	b	... dendroide Stromatoporen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
c	-	1														c	... lamellare und tabulare Stromatoporen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
d	-	1	-													d	... massive Stromatoporen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
e	-	4	1	1												e	... Rugosa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
f	-	8	2	2	3											f	... dendroide Tabulata																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
g	-	3	1	-	-	3										g	... auloporide Korallen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
h	-	1	-	-	-	1	1									h	... massive Tabulata																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
i	-	-	-	-	-	-	-	-								i	... Helioliten																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
j	-	3	-	-	1	3	1	-	-							j	... Gastropoden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
k	-	7	1	1	4	7	3	1	-	4						k	... Brachiopoden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
l	-	2	-	-	-	2	-	-	-	1	1					l	... Trilobiten																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
m	-	10	1	2	4	10	4	1	-	3	12	2				m	... Echinodermaten																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				n	... Ostracoden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
o	-	5	-	-	-	4	1	-	-	1	5	1	8	-			o	... Calcisphaeren																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

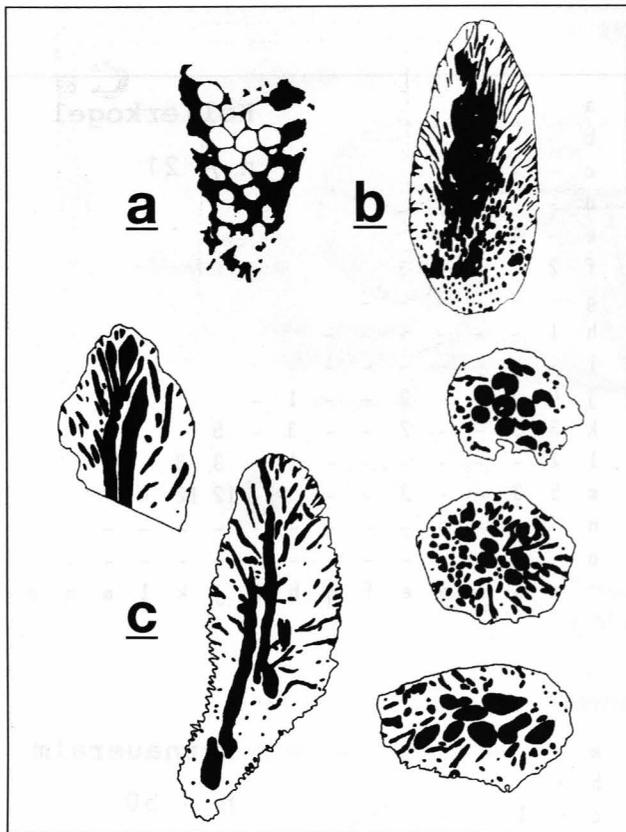


Abb. 21.

- a) *Zeapora gracilis* (PENECKE, 1893).
 b) *Pseudopalaeoporella lummatonensis* (ELLIOTT, 1961).
 c) *Litania graecensis* HUBMANN, 1990.

dingungen. Diese liegen aktualistischen Gegebenheiten zufolge unter der Gezeitenzone, im Tiefenbereich von etwa 10–20 m.

- b) Das Strömungsregime muß dem grazilen Skelettbau der Algenstöcke entsprechend gewesen sein; d.h. turbulentes Wasser ist auszuschließen.
 c) Entsprechend einer zur Photosynthese notwendigen Durchlichtung kann das Wasser mit nur wenigen Schwebstoffen belastet gewesen sein.

Als Karbonatproduzenten sind Algen rezent von äußerst großer sedimentologischer Bedeutung. In äquatorialen Schelf- und Lagunenbereichen sind sie bis über 80 % an der hier stattfindenden Karbonatproduktion beteiligt (WEFER, 1980).

Zufolge vergleichbarer Anatomie und vergleichbarem Verkalkungsmodus der devonischen Genera *Litania* und *Pseudopalaeoporella* mit der rezenten Udoteaceengattung *Halimeda* ergeben sich reproduzierbare sedimentologische Verhaltensschemata aktueller Gegebenheiten für die Barandaischichten.

Art und Weise des Beitrages von Udoteaceen zur Bodensedimentbildung sind zwar weitgehend vom Disartikulationsgrad (Wellentätigkeit, etc.) abhängig, liegen aber dem spezifischen Modus der Verkalkung zugrunde. Dieser ist charakterisiert durch die Sekretion feinsten, ±lockerer, nadelförmiger Aragonitkristalle an den Filamentsoberflächen innerhalb der Thalli (FLAJS, 1977 a,b; HILLIS-COLINVAUX, 1980).

Prinzipiell lassen sich zwei Grundtypen der Disartikulation unterscheiden:

- a) Bei geringem Disartikulationsgrad zerfallen Udoteaceen-Stöcke in einzelne Segmente und bilden somit wesentlichen Bestand an „skeletoned grains“ im Bodensediment.
 b) Durch starke (mechanisch-induzierte) Disartikulationsprozesse oder bei primär geringer Verkalkung (z.B. rezent *Penicillus*) zerfallen die Kalkalgen-Skelette in ihre mineralischen Grundbausteine, in ca. 2 µ große Aragonitkristalle. Somit bilden sie feinstes Bodensediment (LOWENSTAM, 1955) und kommen auch für geologisch ältere Formationen als potentielle Mikrit-„Bildner“ in Frage (WRAY, 1977).

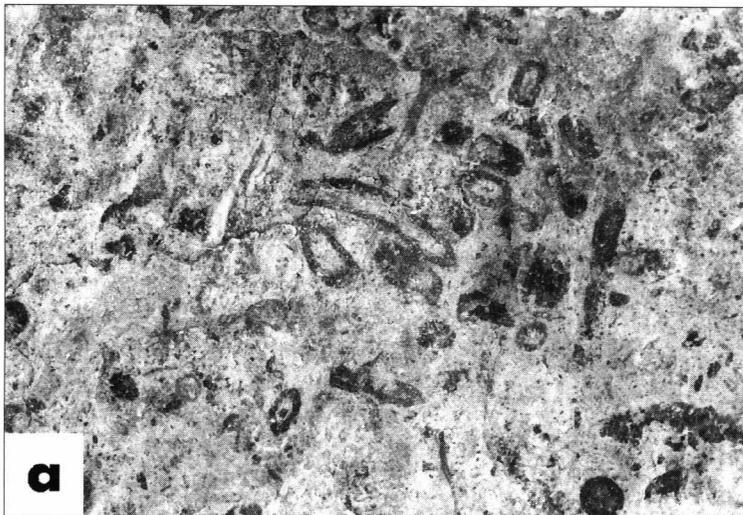


Abb. 22.

- Grünalgen als gesteinsaufbauende Komponenten.
 a) Verwitterte Gesteinsoberfläche.
 b) Dünnschliffbild.

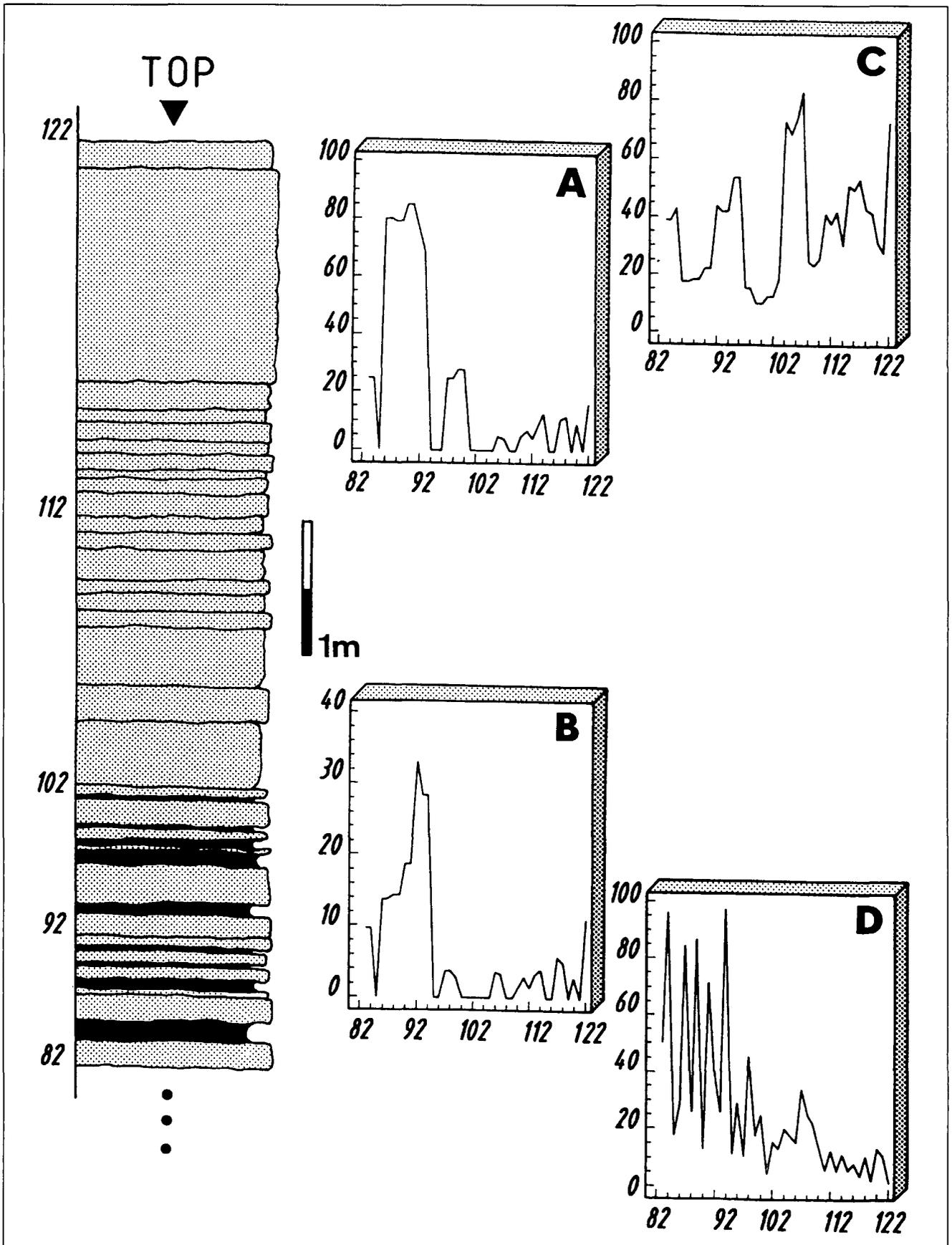


Abb. 23.
 Profil Forstweg Attems ab Banknummer 82.
 A: Anteil der Grünalgen am Biogengehalt; B: Vol.-%-Anteil der Algenhalli am Gesamtgestein; C = Biogengehalt (Vol.-%; grain bulk); D: Unlöslicher Rückstand.
 Abszissen: Banknummern; Ordinaten: Prozentwerte.

In der Barrandeikalk-Formation können alle Übergänge zwischen den skizzierten Typen nachgewiesen werden. Aus oben erwähnten Gründen erklärt sich selbstredend, weshalb Algenthalli mit sehr gutem Erhaltungszustand nur innerhalb mergeliger Lagen (also zu Ruhigwasserbedingungen) der Abfolge auftreten, während sie in der hochenergetischen Kalkfazies weitestgehend fehlen, bzw. nicht nachweisbar sind. Hier scheint ein Widerspruch zur autökologisch geforderten guten Durchlichtung des Environments zu bestehen. Tatsächlich kommen aber Algenthalli innerhalb der „Mergel“lagen (Rückstandswerte bis 50,1 %) nur in zwischengeschalteten, kleindimensionalen „patches“ vor, und repräsentieren vermutlich Ruhephasen der Tonsedimentation zu geringenergetischen hydrodynamischen Sedimentationsphasen (Abb. 23).

Unbeantwortet bleibt die Frage nach der Quantität von Algen, die keine erhaltungsfähigen Segmente produzieren und direkt zu Aragonitschlamm disartikulierten, sowohl zu Ruhigwasser-(Mergel-) als auch zu Turbulentwasser-(Kalk-)Bedingungen.

Auffallendes Begrenzungskriterium für die geographische Verbreitung rezenter Halimedacea ist die 25°C-Meer-

wasserisotherme (HILLIS & COLINVAUX, 1980; HILLIS, 1990). Diese ist zwar – vor allem Meeresströmungen zufolge – als schwankendes Band beidseitig des Äquators entwickelt, wird aber approximativ durch den 30. Breitengrad N und S wiedergegeben. Trägt man die derzeit bekannten Fundorte von *Litanaia* und *Pseudopalaeoporella* in paläokontinentale Rekonstruktionskarten ein (z.B. OLIVER, 1976; HECKEL & WITZKE, 1979; SMITH et al., 1981; SCOTese & MCKERROW, 1990) ist festzustellen, daß diese ebenfalls signifikant das geographische Breitenintervall 30° nördlich und südlich des Paläoäquators besiedelten (HUBMANN, 1990, S. 152).

8.2. Calcisphaeren

Calcisphaeren nehmen ihren größten prozentuellen Anteil im Profil Pierer ein (10,3 %), in den anderen Profilen sind sie nur akzessorisch vertreten. Sie kommen vor allem in dunklen, nahezu schwarzen Kalken neben Echinodermaten mit Amphiporen und Brachiopoden vergesellschaftet vor. KAZMIERCZAK (1976, S. 252) sieht in solchen Sedimenten sehr seichte, stark eutrophe Meeresareale als Bildungsorte.

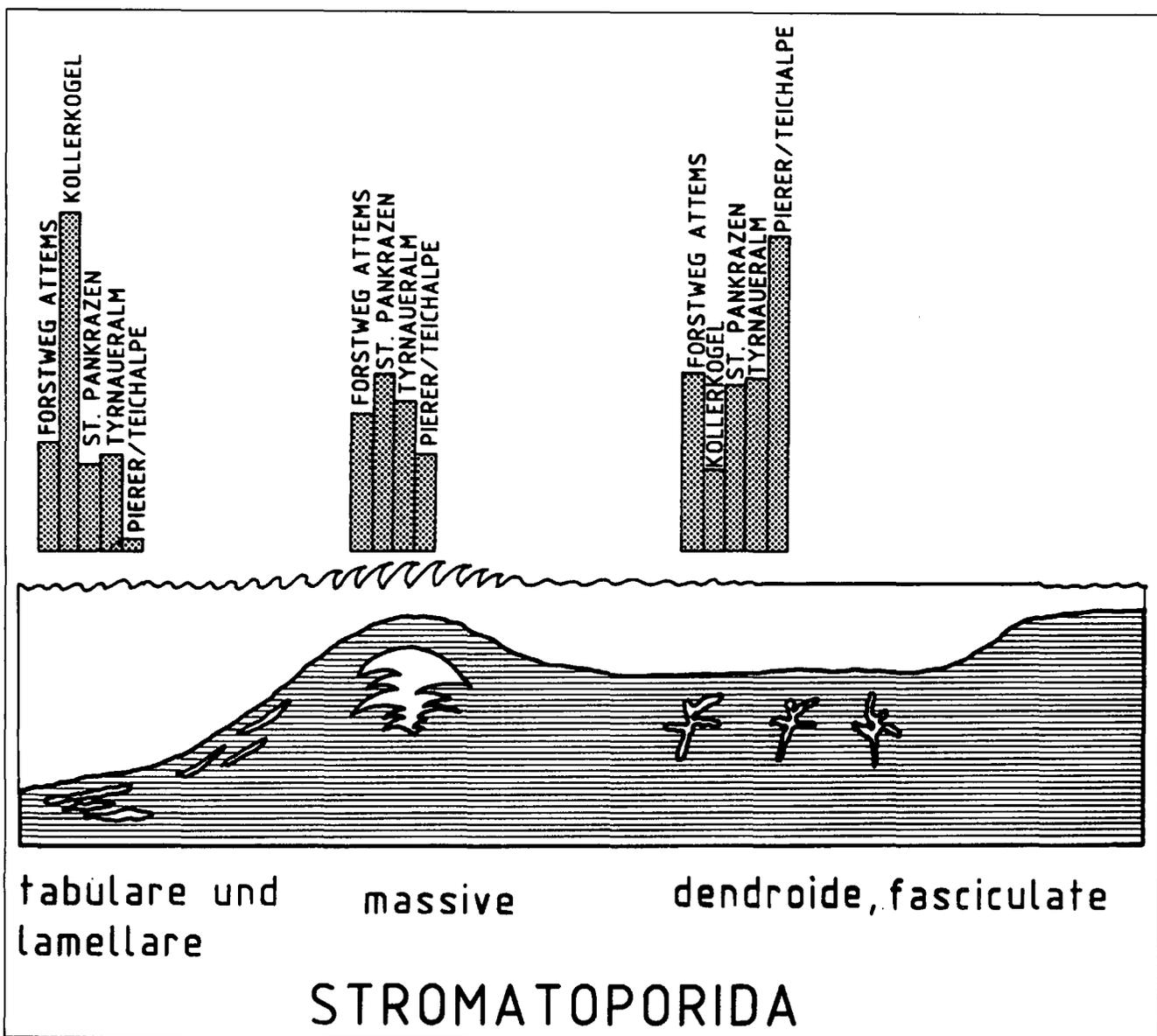


Abb. 24. Paläogeographische Situation mit Verteilung von Stromatoporen-Wuchsformvarianten bezogen auf verschiedene Energietypen.

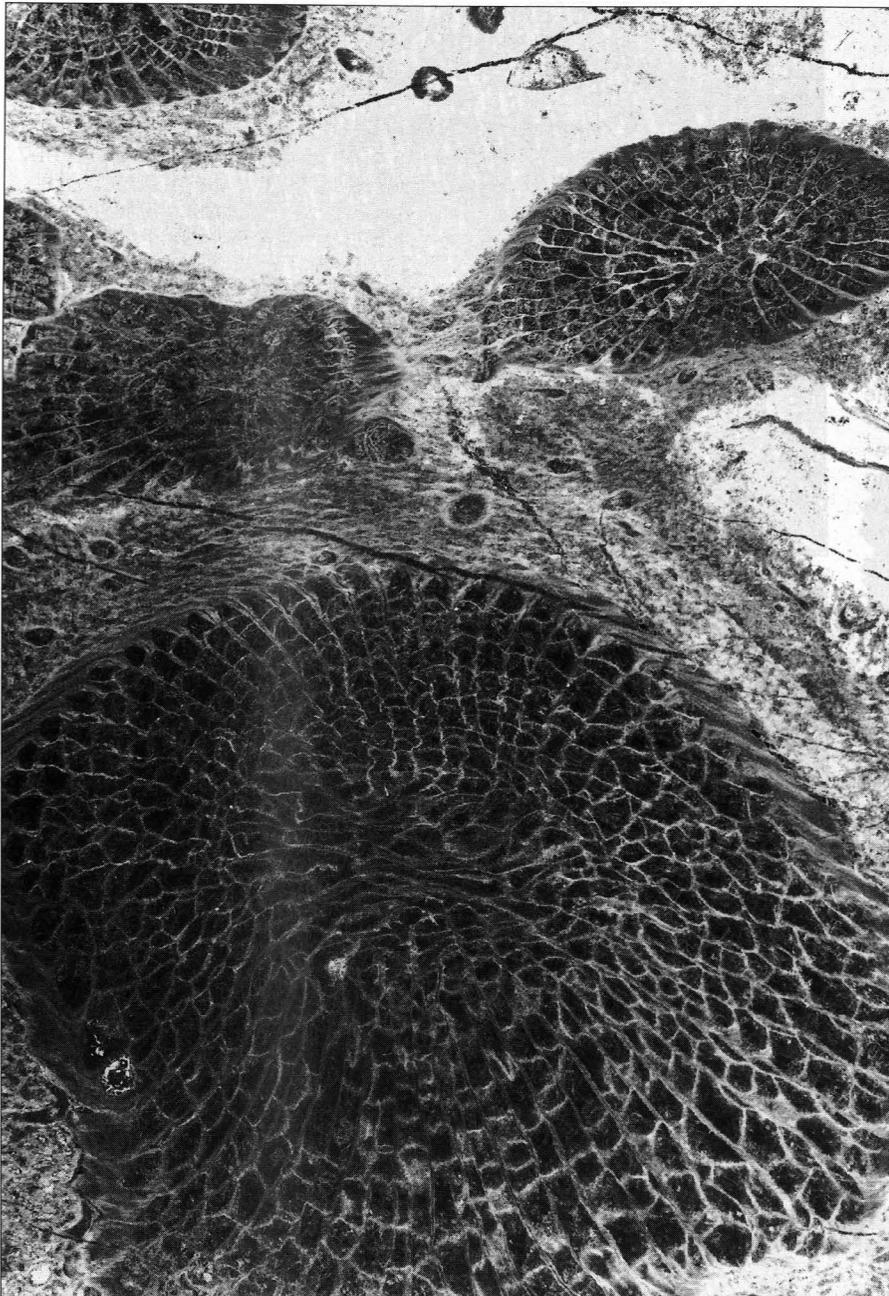


Abb. 25.
Epökie von Stromatoporen an Korallen
(Schliffnegativ).

Calcsphaeren, die mit KAZMIERCZAK (1975) als Eovolvoceen (Grünalgen) gedeutet werden, sind faziesdiagnostisch für geschützte Flachwasserbereiche, insbesondere der mittel- und oberdevonischen back-reef-Sedimente (E. FLÜGEL & HÖTZL, 1971).

8.3. Stromatoporen

Stromatoporen, vorallem durch die Genera *Actinostroma* und *Clathrodictyon* charakterisiert, treten (mit 10 Genera und 14 Arten; E. FLÜGEL, 1956; H. FLÜGEL, 1975) quantitativ gegenüber Korallen zurück, obwohl sie allgemein im Devon Hauptriffbildner sind. Sie können anderenorts durchschnittlich 60–90 % an der Gesamtfauuna im Turbulenzbereich (zentralen Riffbereich) erreichen (z.B. MORI, 1968). Ähnliche Zahlen (bis über 60 %) gelten nach E. FLÜGEL (1975, S. 397) auch für Flachwasserareale, in welchen potentielle Riffbildner keine rigiden Reliefe gebaut haben (vergl. „Bank-Phase“ bei KREBS, 1971). Im Barrandeikalk

liegt die prozentuelle Beteiligung der Stromatoporen am Gesteinsaufbau deutlich darunter.

Rückschlüsse über die Verteilung der Stromatoporen-Wuchsformtypen auf hydrodynamische und bathymetrische Gegebenheiten der Ablagerungsräume (JUX, 1957; PERKINS, 1963; MORI, 1968, 1970; LECOMPTE, 1970; ST. JEAN, 1969; ABBOT, 1973; TSIEN, 1974; KERSHAW, 1981; FAGERSTROM, 1983) sind in den Profilen nur erschwert zu machen, da die Unterscheidung Allochthonie zu Autochthonie nicht immer klar zu erkennen ist. Jedenfalls sind bei Vergleich die Profile St. Pankrazen und Tyrnaueralm durch massive und ästige Formen, das Profil Kollerkogel durch lagige Formen und die Profile Attems und Pierer durch ästige Wuchsformen charakterisiert.

Interpretiert man die Verteilung der Coenostea-Wuchsformvarianten, die allerdings in der Literatur in ihrer ökologischen Aussagekraft nicht unumstritten sind (z.B. STEARN, 1982), im Sinne von LECOMPTE (1956, 1970), KLOVAN (1964), FISCHBUCH (1969), KREBS (1971) und E. FLÜGEL (1975), so wären die Profile St. Pankrazen und Tyrnaueralm den hydrodynamischen Gegebenheiten des zentralen Riffes (= zone turbulente von LECOMPTE, 1970, S. 35), das Profil Kollerkogel denen der Riff-

Vorderseite und die beiden Profile Forstweg Attems und Pierer der Riff-Rückseite zuzuordnen (Abb. 24).

In den globulären Wuchsformen der Stromatoporen ähnlich denen des Profiles Pierer sieht TSIEN (1974) den Ausdruck steigender Salinität im lagunären Bereich.

EMBRY & KLOVAN (1972) vermuten bei Vergleich devonischer Stromatoporen-Wuchsformen mit rezenten Riffbildner-Assoziationen ein reproduzierbares bathymetrisches Muster, das ebenfalls in Abhängigkeit unterschiedlicher Wasserenergie steht. Folgt man dieser Vorstellung, wären die Bildungsräume St. Pankrazen und Tyrnaueralm im Intervall 0–9 m Meerestiefe, das Profil Kollerkogel bei 9–21 m (gemeint ist der Bereich bis zur Sturmwellenbasis) anzusiedeln. Die Profile Attems und Pierer wären einem hydrodynamisch niederenergetischen Raum mit wenigen Metern Wassertiefe zuzuordnen.

Charakteristisch ist das Vorkommen der Stromatoporen in mikritischen und tonreichen Abschnitten der Formation, womit auch an die Besiedelung von Weichböden gedacht werden muß (E. FLÜGEL, 1975). Quantitativ untergeordnet

Abb. 26.

- a) „*Caunopora* sp. A“.
b) „*Caunopora* sp. B“.

umwachsen Stromatoporen Korallen (Epökie), insbesondere Rugosa oder dendroide Tabulata (Abb. 25). Da einerseits keinerlei Reaktionen der Korallenskelette auf das Umwachsen durch die Stromatoporen festzustellen sind, andererseits stets adulte Individuen durch die Epökie betroffen werden, ist anzunehmen, daß die Korallen bereits im abgestorbenen Zustand zufolge Schaffung günstigen Hartsubstrats von den Stromatoporen besiedelt wurden. Lamellare und tabulare Stromatoporen (*Actinostroma* sp. und *Clathrodictyon* sp.) kommen mit keiner Organismengruppe stark gehäuft vor. Dieser Umstand wird damit gedeutet, daß diese Wuchsformtypen einerseits an die tiefere Ruhigwasserzone gebunden sind, in der die Fauna allgemein geringdivers ist, andererseits auch in der turbulenzreichen „coverstone-Fazies“ vorkommen, in der die allochthonen Elemente das ± heterogene Biogenspektrum des gesamten Ablagerungsraumes darstellen. Vereinzelt treten in den Profilen auch „Caunoporen“, also kommensalisch (MORI, 1970, S. 52; RIGBY & STEARN, 1983, S. 144; KERSHAW, 1987, S. 347) in plattige und sphärische Stromatoporen eingewachsene Syringoporidae-Kolonien mit dünnwandigen, langzylindrischen Koralliten auf. In allen untersuchten Fällen handelt es sich bei der fasciculaten tabulaten Koralle um *Syringopora* sp., die kommensalischen Stromatoporen können generisch unterschiedlich sein. „*Caunopora* sp. A weist extrem dichtstehende Syringoporakoralliten (600–650 Koralliten pro cm²) in *Parallelopora bücheliensis*? (BARGATZKY, 1881) auf (Abb. 26a), während bei „*Caunopora* sp. B“ Syringoporakoralliten weitständiger (50–60 Koralliten pro cm) sind und die „eingewachsene“ Stromatopore *Clathrodictyon convictum* YARVORSKY, 1929 ist (Abb. 26b).

Vorkommen von *Syringopora* sp. in Form von „Caunoporen“ deuten durch Verwachsung mit Stromatoporen bessere hydrodynamische Anpassungen an einen höherenergetischen Lebensraum an („struggle for survival“, MORI [1970b, S. 53]), „Stromatoporen-freie“ Syringoporen dagegen kommen nur in sonst ihren ökologischen Ansprüchen gerecht werdenden Ruhigwasser-repräsentierenden Mergellagen vor.

Das Auftreten von *Stachyodes* sp. und *Amphipora* sp. mit Calcisphaeren, vor allem im Profil Pierer, würde nach KAZMIERCZAK (1976) und MAY (1988) für extrem seichte Meeresareale des Inter/Subtidal-Grenzbereiches sprechen. Mit FISCHBUCH (1968) gelten Amphiporen als Ruhigwasserorganismen. Dominanz gegenüber anderen Stromatoporenengenera im eingeschränkten Milieu lagunärer Fazies mit wenig turbulentem, flachem Wasser ist charakteristisch (z.B.: KREBS, 1974; TSIEN, 1974; E. FLÜGEL & HÖTZL,



1976, S. 28; BURCHETTE, 1981, S. 121; GALLI, 1985, S. 104; MAY, 1988). Toleranz gegenüber Hypersalinität wird von mehreren Autoren für diese beiden Genera postuliert (LECOMPTE, 1970, S. 48; STEARN, 1975, S. 1637).

8.4. Korallen

Korallen nehmen – sieht man von Echinodermaten (resten) ab – die größte prozentuelle Beteiligung an der Gesamtfauna ein.

Um ein einfaches „Klassifikationsschema“ der Korallenfauna zu entwickeln, welches auch im Gelände reproduzierbar ist, wurde eine Untergliederung in

- ☆ Rugosa
- ☆ Dendroide Tabulata
- ☆ Auloporide Tabulata
- ☆ Massive Tabulata
- ☆ Helioliten

vorgenommen.

Rugosa

Beherrschendes Genus ist *Thamnophyllum*, welches vorallem durch die in fast allen Schichten vorkommende Art *Thamnophyllum stachei* PENECKE, 1893 und die dieser etwas untergeordnet häufige Art *T. purchisoni* PENECKE, 1893 repräsentiert wird (Abb. 27).

Abb. 27.

a) Längs- und Querschliff von *Thamnophyllum stachei* PENECKE, 1893.

b) Längs- und Querschliffserie von *Thamnophyllum murchisoni* PENECKE, 1893.

Andere aus dieser Formation bekannte Rugosagenera (vergl. H. FLÜGEL, 1975, S. 44–46) treten gegenüber *Thamnophyllum* weit zurück.

Dendroide Tabulata

In diese Gruppe werden Vertreter von *Thamnopora* und (?)*Striatopora* subsumiert; diese stellen die quantitativ hervortretenden Elemente der Korallenfauna. Insbesondere *Thamnopora reticulata* (?) (DE BLAINVILLE, 1830) (weniger häufig die großwüchsige Art *T. boloniensis* (GOSSELET, 1878)) und *Striatopora* (?) *suessi* PENECKE, 1893 sind die beherrschenden Elemente.

Auloporidae Tabulata

Vertreter dieser Gruppe lassen kaum eine genauere Bestimmung selbst auf Gattungsniveau zu (allgemein zu hoher Disartikulationsgrad).

Massive Tabulata

Tabulata mit massiven Wuchsformen beziehen sich fast ausschließlich auf Favositen, wobei *Favosites styriacus* PENECKE, 1893 die häufigste Art darstellt (vergl. SCHOUPPE, 1954). Alveoliten, welche im westeuropäischen Devon vergleichbarer Ablagerungsräume divers und individuenreich vorkommen, stellen nur untergeordnete Einzelfunde dar (HUBMANN, 1991).

Helioliten

Helioliten sind – obgleich von PENECKE (1889, S. 19) als häufig vorkommend bezeichnet und die Art *Heliolites (porosus) barrandei* sogar zur Namensgebung der Abfolge herangezogen wurde – durchaus kein häufiges Faunenelement. In einigen Profilen fehlen sie sogar gänzlich (siehe Abb. 28).

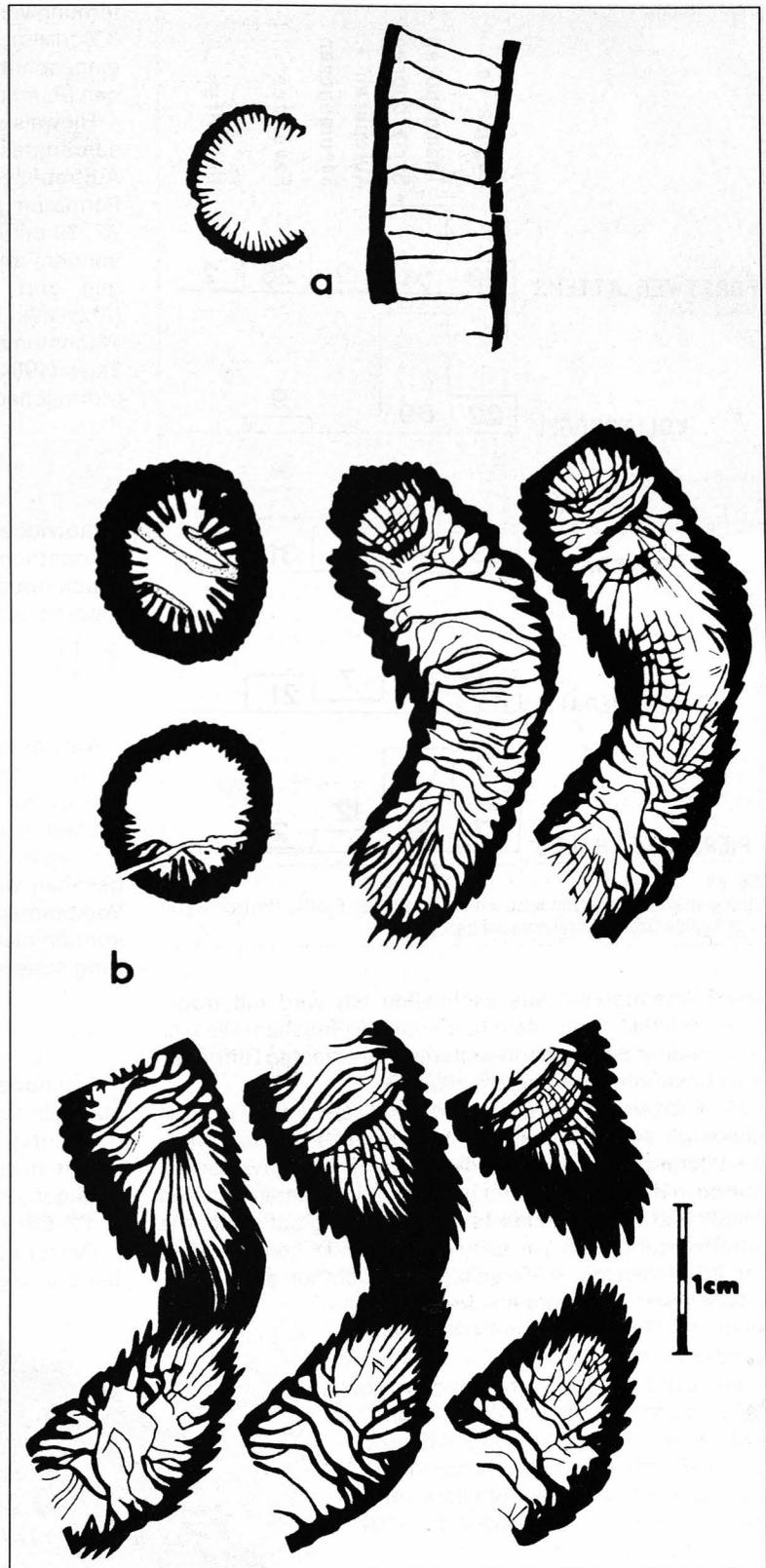
Unter den fünf bekannten Arten, bzw. Unterarten (H. FLÜGEL, 1956, 1963), zu denen durch Neuaufsammlungen vermutlich noch weitere Arten kommen dürften (HUBMANN, 1991), ist *Heliolites (porosus) barrandei* PENECKE, 1893 mit der charakteristischen Ausbildung von „Columellardornen“ (sensu BIRENHEIDE, 1985) die häufigst vorkommende Form.

In Bezug auf das Vorkommen rugoser Korallen – Favositen – Helioliten – Thamnoporen/Striatoporen – Auloporen/Syringoporen zeigt sich folgende Verteilung in den Profilen (Abb. 28):

Tabulate Korallen von dendroidem Habitus sind die beherrschenden Elemente an der Gesamtf fauna. Sie sind nach Häufigkeit gereiht mit Echinodermaten, Brachiopoden, Rugosa, dendroiden Stromatoporen assoziiert.

Auffallend ist geringes Vorkommen von *Favosites* im Profil Pierer; hoch dagegen ist der Anteil von *Aulopora* in diesem Profil.

Über allgemeine ökologische Ansprüche rugoser Korallen liegt wenig Datenmaterial in der Literatur vor. Zumeist



werden sie fast ohne Einschränkungen nach dem Aktualitätsprinzip mit rezenten Scleractiniern verglichen, nicht zuletzt deshalb, weil sie von einigen Autoren (z.B.: SCHINDEWOLF, 1942; IVANOVSKIY, 1970) als Vorfahren – ungeachtet einiger grundsätzlicher Unterschiede (Diskussion siehe H.W. FLÜGEL, 1980b) – betrachtet werden.

An Individuen- und Artenzahl haben Rugosa die weitaus größte Verbreitung im Peririff- und Riffbereich epikontinentaler Gebiete eingenommen (HILL, 1956). Ihr Auftreten

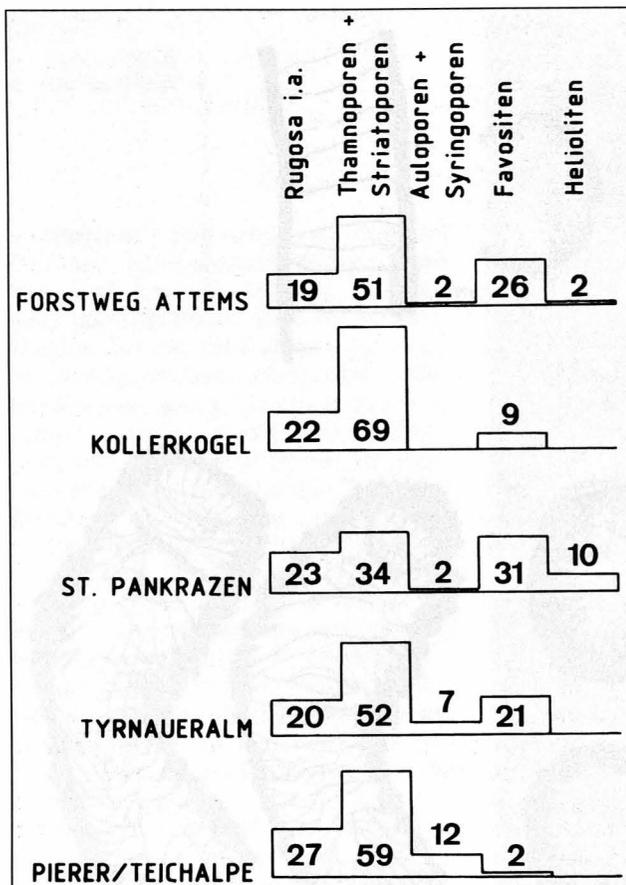


Abb. 28. Häufigkeitsverteilung von Korallen innerhalb der Profile (Prozentwerte auf jeweilige Gesamtkorallenfauna bezogen).

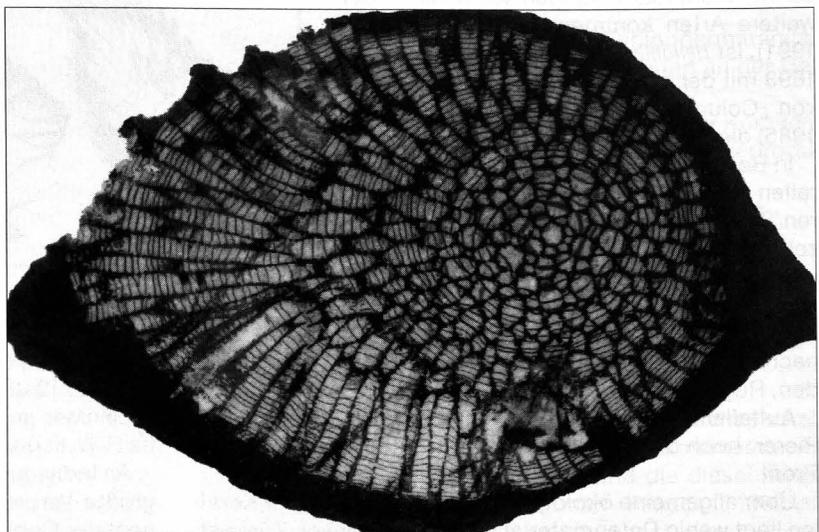
(wenn Ahermatypie auszuschließen ist) wird mit tropischem Klima, \pm seichtem und sauerstoffreichem Wasser bei normaler Salinität und weiteren aus rezenten Riffbereichen bekannten Parametern assoziiert.

Mit ENDEAN (1976), WOLOSS & WALLACHE (1981) u.a. ist allerdings anzunehmen, daß paläozoische Korallen weit aus toleranter waren (zumindest gegenüber Schwefstoffeintrag in den Lebensraum), als dies von rezenten Korallen bekannt ist. Weitgehende Toleranz in bezug auf schlechte Durchlichtung muß vor allem für Tabulata gelten, die in den Profilen selbst in Mergellagen autochthon auftreten.

Vom jeweiligen energetischen Environment abhängig interpretierte Wuchstformtypen tabulater Korallen sind nicht unumstritten; allgemein werden aber ästige Formen dem ruhigeren, massive und lagige dem turbulenten Milieu zugeordnet. Als maximale Wassertiefe für das Vorkommen von Tabulata geben PHILCOX (1971) und SCOFFIN (1971, S. 173) 30 bis 50 m an.

Dendroide Tabulata (vor allem Thamnoporen, Striatoporen) werden oft ruhigen Ablagerungsräumen in einiger Ent-

Abb. 29. Kugelige Wuchstform von *Favosites* sp. aus der Mergellage Banknummer 43 des Profils St. Pankrazen.



fernung von Riffen zugeordnet (z.B. PLAYFORD, 1967; FLICK & SCHMIDT, 1987, S. 69), wobei ihr Auftreten lagunäre und eingeschränkte Environments zu charakterisieren scheinen (PLAYFORD, 1967; TSIEN, 1977; GALLI, 1985).

Hinweise auf vollmarines, respektive nur wenig eingeschränktes Milieu zeigen sich nach MAY (1988, S. 184) im Auftreten von Favositen. Diese sind in der Barrandeikalk-Formation (vor allem im Profil St. Pankrazen, Bänke 3, 5, 32, 39 mit *Favosites styriacus* und *Favosites cf. radiformis*) besonders an Mergel/Schieferhorizonte gebunden und zeigen dort stets kugelige bis knollige Koloniegestalt (Abb. 29). LECOMPTE (1970, S. 45) interpretiert solche Wachstumsvarianten als Ruhigwassermodifikationen, TSIEN (1984, S. 26.12) sieht darin den Ausdruck schwefstoffreichen Ablagerungsmilieus.

8.5. Gastropoden

Individuelle Gastropodenlagen dürften mehrheitlich autochthon sein. Sie sind vorallem mit Echinodermaten, Brachiopoden, dendroiden Tabulata, dendroiden Stromatoporen und Algen vergesellschaftet.

8.6. Brachiopoden

Auf das zum Teil schwierige Erkennen von autochthonen Brachiopodenvorkommen weist VOGEL (1976, S. 407) ausführlich hin. Nimmt man die oft auftretende zweiklappige Erhaltungsform als Indiz für Autochthonie, müssen die *Zim-mir*-Lagen (Abb. 30) als parautochthon bis autochthon angesehen werden. Derartige Aussagen über die *Chonetes*-Vorkommen in den basalen Schieferlagen der Abfolge können nicht gemacht werden, wenngleich diese Vermutung naheliegt.

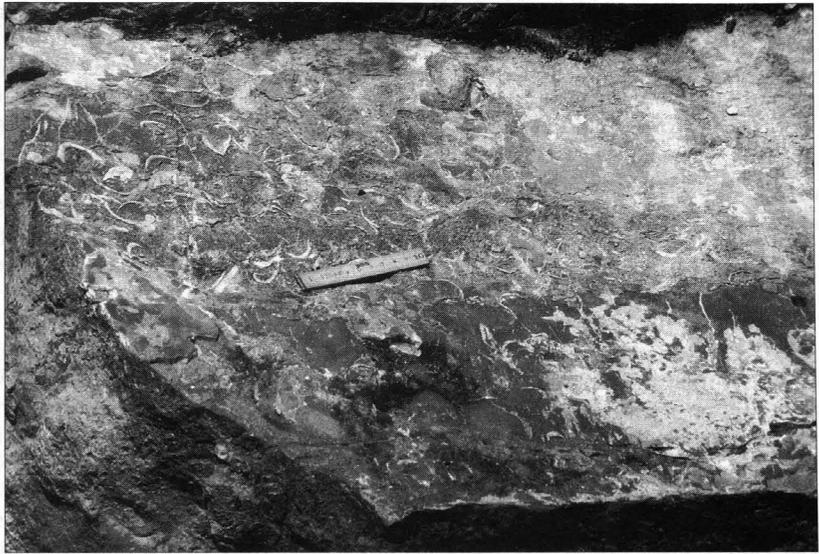
8.7. Echinodermaten

Echinodermatenfragmente (bis auf wenige Echinidenstacheln fast ausschließlich Crinoidenstielglieder) stellen die häufigsten biogenen Komponenten im Barrandeikalk dar. Ihr massenhaftes Auftreten wird mit dem spezifischen sedimentologischen Verhalten (z.B.: RUHRMANN, 1971, S. 62-66) in Beziehung gebracht:

Der für Echinodermaten typische, überwiegend schwebend erfolgende, durch die hohe intersterome Porosität

Abb. 30.
Zdimir-Bank des Profiles St. Pankrazen (Banknummer 61).

verursachte Transportmechanismus ist für geringe Abrollung und Sortierung der Ossikel verantwortlich zu machen. In der „Crinoiden-Schuttfazies“ auftretende gerundete Crinoidenreste sind daher als epitaktisch unter ?Süßwassereinfluß zementiert zu erklären. Mit der Zementierung des Steroms ändert sich das sedimentologische Verhalten, und abrasiver Saltationstransport tritt an die Stelle des sonst üblichen Suspensionstransportes der Crinoidenfragmente.



8.8. Ostracoden, Eridostracen

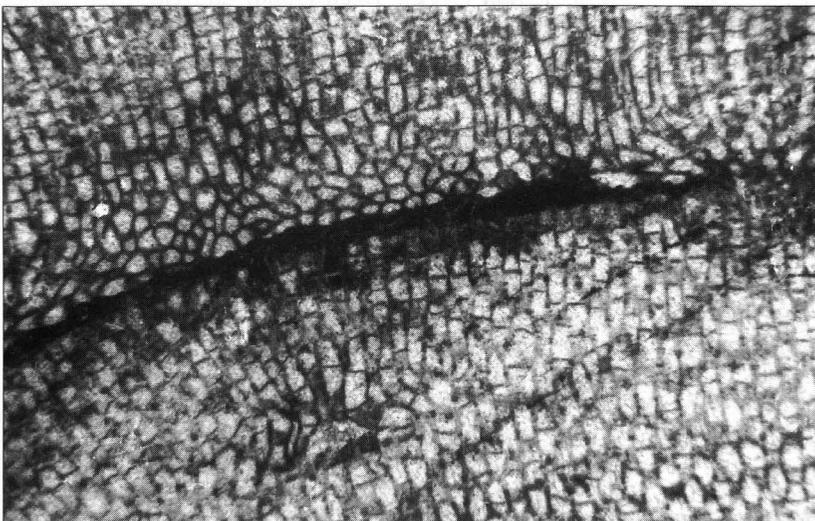
Ostracoden (sp. indet.) und Eridostracen (*Eridoconcha papillosa aculeata* POLTNIIG, 1983 und *Cryptophyllus* sp.) kommen in der Barrandeikalk-Formation nur untergeordnet vor. Die größte Affinität im Auftreten zeigen sie zu den Brachiopoden.

9. Verteilung der Organismen

Innerhalb der Profile ist in Bezug auf die Verteilung der Organismen keine markante Gliederung gegeben. Es können auch keine Tendenzen einer Ab- und Zunahme einzelner Biogene innerhalb der Abfolgen erkannt werden. Signifikant ist lediglich das Auftreten von Calcisphaeren im unteren Abschnitt des Profiles Pierer; im Hangenden fehlen sie weitgehend. Im Profil Attems treten etwa ab dem mittleren Profilabschnitt Grünalgen (Udoteaceen) auf.

Eine Aufspaltung in einen liegenden Korallen-betonten und einen Brachiopoden („*Pentamerus*“)-betonten Abschnitt im Hangenden der Abfolge (sensu HERITSCH) kann nicht verifiziert werden.

Auffallend ist das oftmalige Aussetzen einiger Organismen über mehrere Bänke hinweg. Möglicherweise läßt sich diese Tatsache in Art, Wirkung und Richtung des jeweiligen Strömungsregimes erklären. Allerdings sei zu



10. Mikrofazies

Zur Kalkklassifikation finden Struktur- und Texturmerkmale Verwendung, wobei großes Augenmerk auf die den Gesteinskörper aufbauenden Komponenten gelegt wird. Diese besitzen mehr oder weniger Bildungsraum-charakterisierende Merkmale, liefern also Daten, die biologische, physikalische und chemische Bedingungen zur Ablagerungszeit widerspiegeln. Dabei sollte der Zeitfaktor nicht unbeachtet gelassen werden. Aus der Analyse von Sedi-

mentstrukturen kann deutlich gemacht werden, ob ein Gesteinspaket das Produkt von nahezu wenigen Augenblicken (z.B.: Tempestite) oder u.U. von Jahr Millionen war. Damit ergibt sich aus der Analyse der Komponenten und der Sedi-mentstrukturen die Möglichkeit, Zeitdifferenzen zu erkennen. Es ist daher grundsätzlich zwischen der Genese der Komponenten und ihrer Verteilung zu unterscheiden. Biologische Aktivität kann zu Korngrößen-Anomalien bezüglich des

Abb. 31.
Favosites cf. *radiciformis* mit Wachstumsunterbrechung.
Aus der Mergellage Banknummer 43, Profil St. Pankrazen.

unter den im Ablagerungsraum gegebenen physikalischen Bedingungen typischen Korngrößen-Spektrums führen: Korallen und Schalen wachsen und müssen nicht antransportiert werden (positive Anomalie); die Komponenten sind dann größer, als dies der gegebenen hydrodynamischen Energie entspricht (HÜSSNER, 1985, S. 165).

Zur Gruppe der boundstones zusammengefaßte Begriffe bafflestone (mit sedimentfangenden, dendroiden Organismen), bindstone (mit sedimentbindenden, lamellaren Organismen) und framestone (mit rigiden Gerüstbildnern) stellen nach EMBRY & KLOVAN (1972) autochthone Kalke dar, die der Riff-Fazies zuzuordnen sind. Eine (paläo)ökologische Überarbeitung dieser Begriffe gibt TSIEN (1982): Riffkarbonate können auf die fünf exemplarischen Grundtypen framestone, coverstone, bindstone, bafflestone und biocementstone zurückgeführt werden. Der EMBRY & KLOVAN'sche Begriff „bindstone“ wird dabei eingeschränkt auf Organismen, die Schutt inkrustieren oder binden und somit ein sekundäres Riffnetzwerk bilden. Diesem Begriff stellt TSIEN (1982, 1983, 1984 a,b, 1985) in situ sedentäre, tabulare oder lamellare Organismen zur Seite, die in ihrer Funktion Fossilschutt überdecken und somit stabilisieren: coverstone.

Allen voran kommt letzterem Typ des coverstones eine stark allochthone Komponente zu. Durch das Überdecken und damit Stabilisieren des Fossilschuttes durch autochthone Organismen werden Komponenten abgeschirmt, die unter den gegebenen hydrodynamischen Bedingungen eigentlich abtransportiert werden müßten. Ähnlich den boundstones tritt also hier auch eine sonst für allochthone Biogene charakteristische negative Korngrößenanomalie auf. Es ist also somit nach TSIEN (1982) eine Möglichkeit echten Riffwachstums gegeben.

Die Unterscheidung von „Riff-Komponenten“ und „Nicht-Riff-Komponenten“ impliziert natürlich nicht automatisch Aussagen über Autochthonie und Allochthonie. Zwar können framestones und rudstones die gleichen Fossilien beinhalten, im letzteren Fall aber sind diese nicht in Lebensstellung erhalten und liefern daher auch keinen Hinweis auf das Vorhandensein eines rigiden, wellenresistenten Riffkörpers (sensu HECKEL, 1974).

Andererseits muß auch bei in situ eingebetteten Organismen globularer oder dendroider Morphologie auf deren Stellenwert in der Konstruktion eines Riffes geachtet werden. Sind solche potentiellen „Riffbauer“ im mikritischen Schlammsubstrat ohne gegenseitigen Kontakt (floatstone), so können sie nicht die ökologischen Aspekte eines Riffes erfüllen (vergl. TSIEN, 1984b, S. 415f). Dabei ist anzumerken, daß EMBRY & KLOVAN (1972) floatstones und rudstones den Riffkarbonaten zuweisen.

Durch Sturmfluten induzierte Ablagerungen (Tempestite sensu AGER, 1974) zeigen im Gestein charakteristische Texturmerkmale, haben aber, ähnlich den Turbiditen, bis jetzt nur untergeordnet in der Karbonatklassifikation resp. mikrofaziellen Typisierung Eingang gefunden. Zur Charakterisierung solcher Gesteine, die entweder auf gravitative Sedimentbewegungen (mit entsprechender voraussetzender Topographie des Ablagerungsraumes) oder episodisch erhöhte Wasserenergie zurückzuführen sind und in sich die Möglichkeiten bergen, Komponenten verschiedener Ablagerungsbereiche, -räume und -alter führen zu können, hat HÜSSNER (1985) den Begriff eventstone geprägt, der im Folgenden ebenfalls zur Verwendung kommt.

Auch die Diagenese verdient ihre Beachtung in der Rekonstruktion und Beurteilung fossiler Lebensräume. Sie

kann Organismenvergesellschaftungen und deren (relative) Häufigkeit im Sediment verfälschen, sowie Sedimentstrukturen unkenntlich machen oder vortäuschen. Entsprechend müssen diagenetisch bedingte texturverändernde Phänomene (Drucklösung) in der Klassifikation der Karbonate berücksichtigt werden.

Diesbezügliche Klassifikationsschemata bieten LOGAN & SEMENIUK (1976) und HUBER (1987).

Nach den diskutierten Schemata der Gesteinsklassifikationen wurden bankweise die Karbonatgesteine der Profile Forstweg Attems, Kollerkogel, St. Pankrazen, Tyrnaueralm und Pierer untersucht (Tab. 1 im Appendix). Analog der Zunahme der Komponenten Korngröße bei der DUNHAM'schen Klassifikation in der Reihe mud-wackefloatstone (bzw. grain-packstone) ist eine Zunahme der Drucklösung (und damit eine zunehmende Veränderung des primären Gefüges) nach LOGAN & SEMENIUK (1976) und HUBER (1987) in der Reihe stylobedded – stylolaminated – fitted fabric – stylomottled – stylonodular – stylocumulate impliziert (rechte Spalte der Tab. 1 im Appendix).

Auf Grund zu starker tektonischer Beanspruchung, Rekristallisation oder/und „destruktiver“ (sekundärer) Dolomitisierung konnten einige Schichten des Profiles Tyrnaueralm nicht in die Untersuchungen miteinbezogen werden. In Klammer angegebene Gesteinsklassifikationen geben daher durch Dolomitisierung in ihrem Aussagewert nur beschränkt verwertbare Daten wieder.

Mit als „Sandstein“ bezeichnete Proben des Profils Tyrnaueralm werden karbonatische Gesteine (22,8–98,9 % Gesamt-CaCO₃) gemeint, die einen hohen Quarzanteil (bis 77,9 Vol.-%) führen. Möglicherweise stellen diese Gesteine kurzfristige current-events dar. Dafür spräche das Auftreten parallel-laminierter, bioturbater Hangendbereiche und ?Hummocky-cross-stratification.

Alle Proben wurden nach der grain-bulk-Methode (DUNHAM, 1962) mittels point counter-System ausgewertet. Entsprechend der somit gewonnenen volumetrischen Anteile der Komponenten wurde der prozentuelle Anteil der Biogene untereinander ermittelt und in Tab. 1 im Appendix in Klammer nach der Abkürzung des jeweiligen Biogens beigefügt. Die Werte der Pellets wurden dabei von der Grundmasse abgerechnet.

10.1. Mikrofaziestypen

Die nach FOLK (1959, 1962) und DUNHAM (1962) bzw. EMBRY & KLOVAN (1972), TSIEN (1984) und HÜSSNER (1985) klassifizierten Gesteine werden vier Mikrofaziestypen zugewiesen, die wiederum in jeweils drei, bzw. vier Submikrofaziestypen untergliedert werden. Die Mikrofaziestypen werden nach „Energietypen“ bzw. nach dem Vorhandensein oder Fehlen riffogener Biogenstrukturen unterschieden. Untergliederungen in Subfaziestypen erfolgen i. a. nach markanten biogenen Komponenten:

10.1.1. Niederenergetische Schlammfazies

Mikrofaziestyp mit hohem mikritischen (bis mikrosparitischen, FOLK, 1959; BOSELLINI, 1964: Mikrit II) Anteil. Stellenweise massenhaft auftretende fecal pellets und bioturbate Strukturen sind charakteristisch. Neben hohem Schlammanteil sind vollständig erhaltene, selbst leicht disartikulierbare Biogene (z.B. zusammenhängende Crinoidenstielglieder) Indikatoren für wenig turbulente Ablagerungsbedingungen.

10.1.2. Höherenergetische Schlammfazies

Mikrofaziestyp mit größeren Biogenen, die auf ein höheres Strömungsregime hinweisen.

Fehlende bis geringe Zurundung bzw. geringer Disartikulationsgrad der Zerbrechung der Biogene lassen nur geringe Transportweiten vermuten (Parautochthonie bis ?teilweise Autochthonie). Charakteristisch ist massenhaftes Auftreten von typischen riffbauenden Organismen, die aber niemals die ökologischen Aspekte echten Riffbaues erfüllen.

10.1.3. Hochenergetische Schuttfazies

Gute Zurundung der Komponenten, teilweise sparitische Matrix, strömungsbedingte Einregelung der Biogene, gradierte Fossilschuttlagen sowie Tempestitsequenzen sind signifikante Merkmale dieses Faziestypes.

10.1.4. „Riff“-Fazies

Dieser Mikrofaziestyp inkludiert sowohl temporär wie regional auftretende „patches“ mit Rasenbildungen (Algen, Stromatoporen, Korallen) und Biostrombildungen (CUMMINGS, 1932) als auch riffogene Stabilisationsphasen (ALBERSTADT et al., 1974) repräsentierende coverstones (TSIEN, 1984). Erstgenannte Bildungen sind innerhalb der Profile untergeordnet vertreten.

10.2. Beschreibung der Mikrosubfaziestypen

10.2.1. Mudstone-Subfazies (A1)

(Taf. 1, Fig. 1)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 24 / 25 / 26 / 38 / 39 / 40 / 41 / 42 / 44 / 45 / 49 / 50 / 56 / 61 / 63 / 70 / 78 / 80 / 98 / 133

Kollerkogel: 11 / 13 / 14

St. Pankrazen: 4 / 6 / 10 / 12 / 23 / 24 / 25 / 26 / 27 / 37 / 38 / 40 / 44 / 56 / 68

Tyrnaueralm: 19 / 63 / 64 / 65

Pierer: -----

Es handelt sich um fossilarme bis selten völlig fossilfreie Gesteine, die hellgrau-blau, gelblich, meist aber dunkelgrau bis schwarz sind. Die dunkle Färbung ist auf feinverteilten Pyrit und/oder teilweise stark angereicherte, dispers verteilte organische Substanz (white-card-Methode; FOLK, 1987) zurückzuführen.

Anmerkung: Im Gelände erscheinen diese Gesteine stets als fossilfrei, da makroskopisch erkennbare Fossilien fehlen; ihre Unterscheidung von den Kanzelkalken (z.B. im Bereich Kollerkogel – Buchkogel) ist daher äußerst schwierig.

10.2.2. Calcisphaeren-wackestone-Subfazies (A2)

(Taf. 1, Fig. 2)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 96

Kollerkogel: -----

St. Pankrazen: 29

Tyrnaueralm: 30 / 34

Pierer: 7 / 8 / 10

Dunkelblaue bis -schwarze, mikritische Kalke mit in Nestern angereicherten Calcisphaeren (und ?Spicula) und

Biogenen geringer Teilchengröße sind in typischer Ausbildung vor allem im Profil Pierer entwickelt. Massenhaftes Vorkommen von Calcisphaeren neben untergeordnet auftretenden Makrofossilien deutet auf ein Abweichen von normal-marinen Bedingungen.

Folgt man der Deutung der Calcisphaeren als Volvocaeen durch KAZMIERCZAK (1975, 1976), ist an meteorische Beeinflussung dieser Gesteine während der Bildung zu denken.

10.2.3. Gastropoden-Pellet-wacke/grainstone-Subfazies (A3)

(Taf. 1, Fig. 3)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 35

Kollerkogel: -----

St. Pankrazen: 15 / 62

Tyrnaueralm: 18 / 43

Pierer: 11 / 14

Meist kleinwüchsige, trochospirale, in pelmikitischer bis pel(pseudo)sparitischer Matrix vorkommende, mit ihrem Apex nach oben orientierte Gastropoden werden als autochthon angesehen.

Bei den Peloiden handelt es sich um fecal pellets; diese können durch Überlastungsdruck des noch unverfestigten Sediments schichtparallel ausgelegt sein (Krümelgefüge).

Bioturbation ist ein häufig beobachtbares Phänomen in dieser Subfazies. Vergleichbare Sedimente sind rezente in Lagunen anzutreffen.

10.2.4. Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Subfazies (B1)

(Taf. 1, Fig. 4)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 10 / 12 / 15 / 16 / 22 / 23 / 30 / 31 / 32 / 33 / 36 / 46 / 47 / 52 / 54 / 55 / 57 / 60 / 64 / 65 / 66 / 72 / 109 / 111 / 115 / 120 / 121 / 123 / 132

Kollerkogel: 3 / 5 / 7 / 8 / 10 / 16 / 17 / 18 / 20 / 22 / 23 / 27 / 29

St. Pankrazen: 1 / 2 / 8 / 9 / 13 / 14 / 18 / 20 / 28 / 47 / 48 / 49 / 50 / 52 / 54 / 57 / 65

Tyrnaueralm: 1 / 2 / 6 / 7 / 9 / 10 / 14 / 15 / 16 / 21 / 22 / 23 / 24 / 37 / 41 / 44 / 45 / 46 / 47 / 61 / 73

Pierer: 16 / 18 / 20 / 21 / 22 / 27 / 28

Lagen mit Crinoidenstielgliedern und dünnchaligen Brachiopoden sind in den Profilen weit verbreitet. Die Biogene zeigen z.T. auf endolithische (?) Algen zurückzuführende Mikritsäume. Die Crinoidenstielglieder sind nur äußerst selten im Verband. Brachiopoden (hier vor allem die dünnchaligen) sind nur untergeordnet zweiklappig erhalten, womit weitgehend auf Allochthonie des Fossilinhaltes geschlossen werden kann.

10.2.5. „Amphiporen“/„Thamnoporen“-floatstone-Subfazies (B2)

(Taf. 1, Fig. 5)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 18 / 19 / 28 / 100 / 110 / 114 / 116 / 117 / 119 / 127

Kollerkogel: -----

St. Pankrazen: 17 / 58 / 63
 Tyrnaueralm: 8 / 13 / 26 / 74
 Pierer: 2 / 5 / 6 / 9 / 23

In dieser Subfazies sind ästige Tabulata vom Typ *Thamnopora* (untergeordnet vom Typ *Striatopora*) mit dendroiden Stromatoporen vom Typ *Amphipora* (untergeordnet vom Typ *Stachyodes*) vergesellschaftet. Mit dem Auftreten von Calcisphaeren, Crinoiden, (fecal) Pellets und Bioturbation mit den oben genannten Organismen zeigen sich auffallende Analogien zur „micritic *Thamnopora* facies“ der Cima Ombladet der Karnischen Alpen (GALLI, 1985, S. 100), die dem seichten Intertidal zugewiesen wird.

Die Faunenassoziationen dieses Subfaziestyps entsprechen der „pioneer reef community“ von NICOL (1962, S. 72), der „initial reef assemblage“ von CROWLEY (1973, S. 290), bzw. der „Initial-Fazies der Riffformation“ bei FABER (1980, S. 115). Thamnoporen-Vergesellschaftungen gehen nach einigen Autoren (z.B. WINTER 1965, S. 316) Stromatoporen-Korallenriffen voraus.

10.2.6. Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies (B3) (Taf. 1, Fig. 6)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 11 / 13 / 48 / 53 / 67 / 68 / 69 / 74 / 76 / 84 / 102 / 104 / 106 / 107 / 108 / 112 / 113 / 118 / 122 / 124 / 126 / 130

Kollerkogel: 12 / 24

St. Pankrazen: 7 / 16 / 19 / 31 / 46 / 70

Tyrnaueralm: 5 / 12

Pierer: 12

Rugose (dominant: *Thamnophyllum*) und tabulate Korallen (ästige Typen dominieren), sowie häufig lamellare oder tabulare Stromatoporen (vgl. ABBOT, 1973) sind fast ausnahmslos schichtparallel eingeregelt. Koexistierend treten Echinodermaten, Brachiopoden, Gastropoden und indet. Schalenbruch auf. Charakteristisch ist stellenweise auftretende Epökie von Stromatoporen an rugosen (selten an tabulaten) Korallen.

Wenngleich Einregelungen von Biogenen eine gerichtete Strömung vermuten lassen, sind keine großen Transportweiten der Fossilien zu vermuten, da \pm keine Abrasion an den Komponenten feststellbar ist.

10.2.7. Brachiopoden-Korallen-floatstone-Subfazies (B4) (Taf. 1, Fig. 7)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 8 / 9 / 14 / 17 / 20 / 21 / 34 / 43 / 58 / 71 / 105 / 125 / 128

Kollerkogel: 28

St. Pankrazen: 30 / 42 / 61 / 67

Tyrnaueralm: 17

Pierer: -----

In dieser Subfazies treten meist dickschalige Brachiopoden auf, die mit massiven (*Favosites*, *Alveolites*, *Heliolites*) und dendroiden Korallen (*Thamnophyllum*, *Thamnopora*, *Striatopora*) vergesellschaftet sind. In charakteristischer Ausbildung können diese Gesteine im Gelände auch in Form markanter „Zdimir(?)“ Schill-Lagen“ auftreten. Fehlende Anzeichen von Imbrikationen und die überwiegende zweiklappige Erhaltung der Brachiopoden lassen Autochthonie der Brachiopoden vermuten, die Korallen geben keine Hinweise auf Lebensstellung.

10.2.8. Crinoidenschutt-Subfazies (C1)

(Taf. 1, Fig. 8)

Als Basalentwicklungen der Barrandeikalk-Abfolge können Echinodermaten-, Pelloide- und Gastropoden-führende, sparitische Kalke entwickelt sein. Auffallendes Merkmal dieser Subfazies ist die gute Zurundung der Biogene (0,7–0,9 nach KRUMBEIN & SLOSS 1963). Mikritsäume an den Komponenten sind fast immer entwickelt. Die Sortierung ist als „sehr gut“ bis „gut“ nach ANSTEY & CHASE (1974) zu bezeichnen.

10.2.9. Grobsilt-Pellet-Subfazies (C2)

(Taf. 2, Fig. 1)

Vorkommen

Nur im Profil Tyrnaueralm: Ty 29 / 30 / 31 / 33 / 35 / 36 / 39 / 42 / 50 / 51 / 55

Neben einer hohen Grobsiltkomponente (Korngrößen im Bereich 60–125 μ , Anteil des Grobsiltes bis 77,9 %) in mikritischer bis mikrosparitischer bzw. pseudosparitischer Matrix kommen Einschaltungen von Pellets resp. Quarzsilt-Pellet-Rhythmiten vor. Die Fossilführung ist äußerst gering; selten können Crinoidenreste und stark disartikulierte Brachiopoden vorkommen. Die planar bis schwachwellig laminierten Hangendbereiche weisen fast ausnahmslos bioturbate Strukturen auf.

■ Prozentueller Anteil am Gesamtprofil: 12,5 %

■ Karbonatgehalt: 52,7–98,8 %
 Durchschnittswert: 80,1 %

■ Dolomitanteil am Gesamtkarbonat: 12–88 %
 Durchschnittswert: 47 %

10.2.10. Eventstone(Tempestit)-Subfazies (C3)

(Taf. 2, Fig. 2)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 2 / 4 / 6 / 103 / 129

Kollerkogel: 15

St. Pankrazen: 11 / 21 / 22 / 33 / 34 / 35 / 60

Tyrnaueralm: 49

Pierer: 1 / 3 / 4

Dieser Subfaziestyp ist im Gelände leicht erkennbar: über einer nicht immer klar ausgebildeten erosiven Basis folgen Schill- und Biogenschuttlagen, die zumeist normale Gradierung aufweisen. Das Verhältnis stabile zu instabile Lage bei Zweischalern beträgt etwa 1 : 1, die Ausbildung von Geopetalgefügen ist charakteristisch. Signifikant sind muddying-upward-Tendenzen: über den Biogenschuttlagen finden sich stets \pm fossilfreie mudstone-Lagen.

10.2.11. Coverstone-Subfazies (D1)

(Taf. 2, Fig. 3)

Vorkommen (Banknummern)

Forstweg Attems: 37 / 131

Kollerkogel: 26

St. Pankrazen: -----

Tyrnaueralm: -----

Pierer: 15

Die coverstone-Fazies stellt nach TSIEN (1984) initiales Riffwachstum dar, zeigt aber auch starke Anklänge an die Tempestit-Fazies. Charakteristisch ist die im makroskopischen Bereich meist erkennbare Gradierung der allochthonen Komponenten, welche von autochthonen lamellaren Organismen „abgedeckt“ werden.

Als detritische (allochthone) Komponenten, welche negative Korngrößenanomalien bezüglich der ursprünglichen Wasserenergie (HÜSSNER, 1985) aufweisen, treten neben Crinoiden dendroide Tabulata, Rugosa, Heliolitida, Brachiopoden und Gastropoden auf. Als Stabilisatoren fungieren lamellare und tabulare Stromatoporen vom Typ *Actinostroma*, untergeordnet auch Favositiden mit lamellarem Coenosteum.

Entsprechend ihrem ökologisch-sedimentologischen Verhalten werden die hier auftretenden Udoteaceen mit MAMET et al. (1984) und MAMET & PREAT (1987) der Riff-Fazies (baffle/boundstone) zugewiesen. Charakteristisch ist das Auftreten dieser in Wechsellagerung mit roten Schieferlagen (H.W. FLÜGEL, 1959; HUBMANN, 1990).

Im Mitteldevon der Eifel treten ebenfalls vergleichbare Kalke in Wechsellagerung mit Mergeln auf (FABER, 1980).

Erstaunlich sind die hohen Rückstandswerte dieser Subfazies, die deutlich über den allgemein in der Literatur angegebenen Werten für Algenkalke liegen (vergl. E. FLÜGEL et al., 1971, S. 28, Tab. 4).

□ Anteil am Gesamtprofil: 3,2 %

10.2.12. Algen-wacke/float bis bound(baffle)stone-Subfazies (D2)

(Taf. 2, Fig. 4)

Algen treten gehäuft nur im Profil Attems auf:

Fa: 82 / 85 / 87 / 89 / 91 / 92 / 94

A) Forstweg Attems

	s	a	b	c	d
s	-	5,30	4,55	1,52	4,55
a	3,79	6,06	6,06	-	0,76
b	6,82	4,55	41,67	1,52	1,52
c	2,27	-	1,52	-	-
d	3,79	-	2,27	0,76	0,76

B) Kollerkogel

	s	a	b	c	d
s	3,45	-	24,14	-	-
a	-	-	6,90	-	-
b	20,69	6,90	24,14	3,45	3,45
c	-	3,45	-	-	-
d	3,45	-	-	-	-

C) St. Pankrazen

	s	a	b	c	d
s	-	7,14	14,29	1,43	-
a	8,75	7,14	8,57	2,86	-
b	10,00	10,00	18,57	1,43	-
c	2,86	1,43	1,43	4,29	-
d	-	-	-	-	-

D) Tynaueralm

	s	a	b	c	d	i
s	1,37	-	6,85	1,37	-	1,37
a	1,37	6,85	1,37	1,37	-	-
b	5,48	2,74	24,66	1,37	-	2,74
c	4,11	-	1,37	9,59	-	4,11
d	-	-	-	-	-	-
i	-	2,74	1,37	4,11	-	13,70

E) Pierer

	s	a	b	c	d
s	7,41	-	14,81	-	-
a	3,70	7,41	7,41	-	-
b	11,11	7,41	18,53	7,41	3,70
c	-	-	3,70	3,70	-
d	-	3,70	-	-	-

Tabelle 2a.
Übergangswahrscheinlichkeiten der Mikrofaziestypen in den untersuchten Profilen.
Angaben in %.
s = Mergel/Schiefer-Fazies, a = niederenergetische Schlammfazies, b = höherenergetische Schlammfazies, c = höherenergetische Schutt-fazies, d = „Riff“-Fazies, i = mikrofazial nicht typisierbar.

PROFIL FORSTWEG ATTEMS

	a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
s	1,52	3,03	0,76		0,76	1,52	0,76	0,76			1,52		4,55	
1	3,79	5,30			3,03		1,52	0,76				0,76		
2	0,76													
3								0,76						
4	2,27	2,27		0,76	8,33	2,27	3,03	3,03				0,76		
5	1,52				1,52	1,52	2,27	0,76						
6	3,03				6,06	0,76	3,79	1,52			1,52			
7		1,52			2,27	1,52	2,27	1,52						0,76
8														
9														
10	2,27						0,76	0,76						
11					0,76		0,76							
12	3,79						0,76						0,76	
13											0,76			

PROFIL KOLLERKOGEL

	s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
s	3,45				20,69		3,45							
1		3,45			3,45		3,45							
2														
3														
4	20,69				13,79			3,45			3,45	3,45		
5														
6		3,45			3,45									
7					3,45									
8														
9														
10		3,45												
11	3,45													
12														
13														

PROFIL ST. PANKRAZEN

	s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
s		7,14			7,14	2,86	2,86	1,43			1,43			
1	8,57	7,14			1,43			1,43			2,86			
2					1,43									
3					1,43			1,43						
4	4,29	4,29			8,57	1,43	4,29							
5				1,43	1,43		1,43							
6	2,86	1,43		1,43	1,43			1,43						
7	2,86		1,43								1,43			
8														
9														
10	2,86	1,43			1,43						4,29			
11														
12														
13														

Tabelle 2b.
Übergangswahrscheinlichkeiten der Mikrosubfaziestypen in den untersuchten Profilen.

- s = Mergel/Schiefer-Fazies.
 1 = Mudstone-Subfazies.
 2 = Calcisphaeren-wacke-stone-Subfazies.
 3 = Gastropoden-Pellet-Subfazies.
 4 = Crinoiden/Brachiopoden-wacke/floatstone-Subfazies.
 5 = „Amphiporen“/„Thamnoporen“-floatstone-Subfazies.
 6 = Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies.
 7 = Brachiopoden-Korallen-floatstone-Subfazies.
 8 = Crinoidenschutt-Subfazies.
 9 = Grobsilt-Pellet-Subfazies.
 10 = Eventstone-Subfazies.
 11 = Coverstone-Subfazies.
 12 = Algen-wacke/float bis bound-(baffle-)stone-Subfazies.
 13 = Korallen-baffle-(frame-)stone-Subfazies.
 Angaben in %.

Tabelle 2b (Fortsetzung).
Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 430.

PROFIL TYRNAUERALM

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
s				6,85					2,74					1,37
1	1,37	2,74		1,37										
2			1,37		1,37									
3							1,37		1,37					
4	2,74			1,37	16,44	2,74	1,37		1,37					2,74
5	1,37				2,74		1,37							
6	1,37		1,37											
7				1,37										
8														
9	2,74				1,37				8,22	1,37				4,11
10														
11														
12														
13														
14		2,74				1,37			4,11					12,33

PROFIL PIERER

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
s	7,41				7,41	3,70	3,70						
1													
2			3,70			7,41							
3	3,70		3,70										
4	11,11				11,11						3,70		
5			3,70		3,70	3,70				7,41			
6													
7													
8													
9													
10						3,70					3,70		
11				3,70									
12													
13													

- Karbonatgehalt: 49,9–88,7 %;
Durchschnittswert: 72,2 %
- Dolomitanteil am Gesamtkarbonat: 0–8 %;
Durchschnittswert: 2 %
- Verhältnis Grundmasse zu Biogene: 0,9–4,8;
Durchschnittswert: 2,6

10.2.13. Korallen-baffle(frame)stone-Subfazies (D3) (Taf. 2, Fig. 5)

Dieser Subfaziestyp tritt innerhalb der Profile nur in der Schicht 7 des Profiles Attems auf, wo massige, bis 1/2 m im Durchmesser werdende Favositenstöcke wellenresistente (vermutlich) kleindimensionale „patches“ bilden.

- Anteil am Gesamtprofil: 1,8 %
- Karbonatgehalt: 88,4 %

Die vertikale (bankweise) Abfolge der Mikrofazies-, bzw. Mikrosubfaziestypen läßt in allen Profilen Folgendes erkennen:

- a) Einschaltungen von Mergel/Schieferhorizonten haben keine signifikanten Einflüsse auf Mikrofaziestypen zur Folge gehabt: In 57 % der Fälle ergeben sich keine Änderungen zwischen den jeweils unter- und überlagernden Schichten. In 35 % der Fälle ändert sich der Mikrofaziestyp um eine „Energienstufe“ (in der Reihung Typ A bis C), wobei sowohl aufsteigende wie absteigende Tendenzen in bezug auf Turbulenzenergie des Sedimentationsraumes nach dem Absatz der Mergel/Schieferlagen festzustellen sind.
- b) Mikrofaziestypen sind vertikal („in der Zeit“) kaum krassen Schwankungen unterworfen. Beispielsweise wird im hangenden Abschnitt des Profiles Attems der Faziestyp A über 25 Bänke hindurch beibehalten.
- c) Die Beständigkeit des Mikrofaziestypes B ist in allen Profilen am größten. Übergänge vom Typus B in den Typus C sind am häufigsten.

d) In keinem der untersuchten Profile wird der Übergang der „Riff“-Fazies in die hochenergetische Schuttfazies verwirklicht (Tab. 2; Tab. 3).

10.3. Fazieszonen

Innerhalb der Barrandeikalke sind nach karbonatmikro-faziellen Untersuchungen die Fazieszonen 4,5,7,8,9 sensu J.L. WILSON (1975) vorhanden.

Damit kommen die Bereiche

- 1) distaler Plattformhang
- 2) Plattformrand mit riffogenen Strukturen
- 3) offener Plattformbereich (Schelf-Lagune)
- 4) geschlossener Plattformbereich
- 5) eingeschränkter Plattformbereich mit starken Salinitätsschwankungen

als Bildungsräume in Betracht.

Die Barrandeikalk-Formation repräsentiert weitgehend die Standardmikrofaziestypen (SMF-Typen) 5, 7, 8, 9, 19 und 23 nach J.L. WILSON (1975) (Abb. 32). Entsprechend der Zuweisung zu verschiedenen „Energiertypen“, bzw. nach dem Vorhandensein riffogener Biogenstrukturen

wurden die vier Mikrofaziestypen (A, B, C, D) mit ihren Subfaziestypen folgenden Standardmikrofaziestypen nach WILSON (1975) zugewiesen:

* Mikrofaziestyp A

„Niederenergetische Schlammfazies“

Dieser Mikrofaziestyp repräsentiert Bildungen des geschlossenen Plattformbereiches.

Die mudstone-Subfazies (A1) dieses Mikrofaziestyps wird dem Standardmikrofaziestyp (SMF-Typ) 23 nach WILSON (1975) zugeordnet. Als Bildungsraum dieser teilweise sehr fossilarmen Schlammkalke kommen kleindimensionale (hypersaline) Gezeitenareale in Frage.

Die Calcisphaeren-wackestone-Subfazies (A2) repräsentiert den SMF-Typ 19 nach WILSON (1975) und wird als Bildung stark abgeschnürter Buchten interpretiert (vergl. FABER, 1980, S. 105).

Mit der Gastropoden-Pellet-wackestone-Subfazies (A3) wird der Übergang zum offenen Plattformbereich angedeutet; sie entspricht dem SMF-Typ 8. Eine bessere Wasserzirkulation im Ruhigwasserbereich unter der normalen Wellenbasis war mit ihrem Einsetzen gegeben.

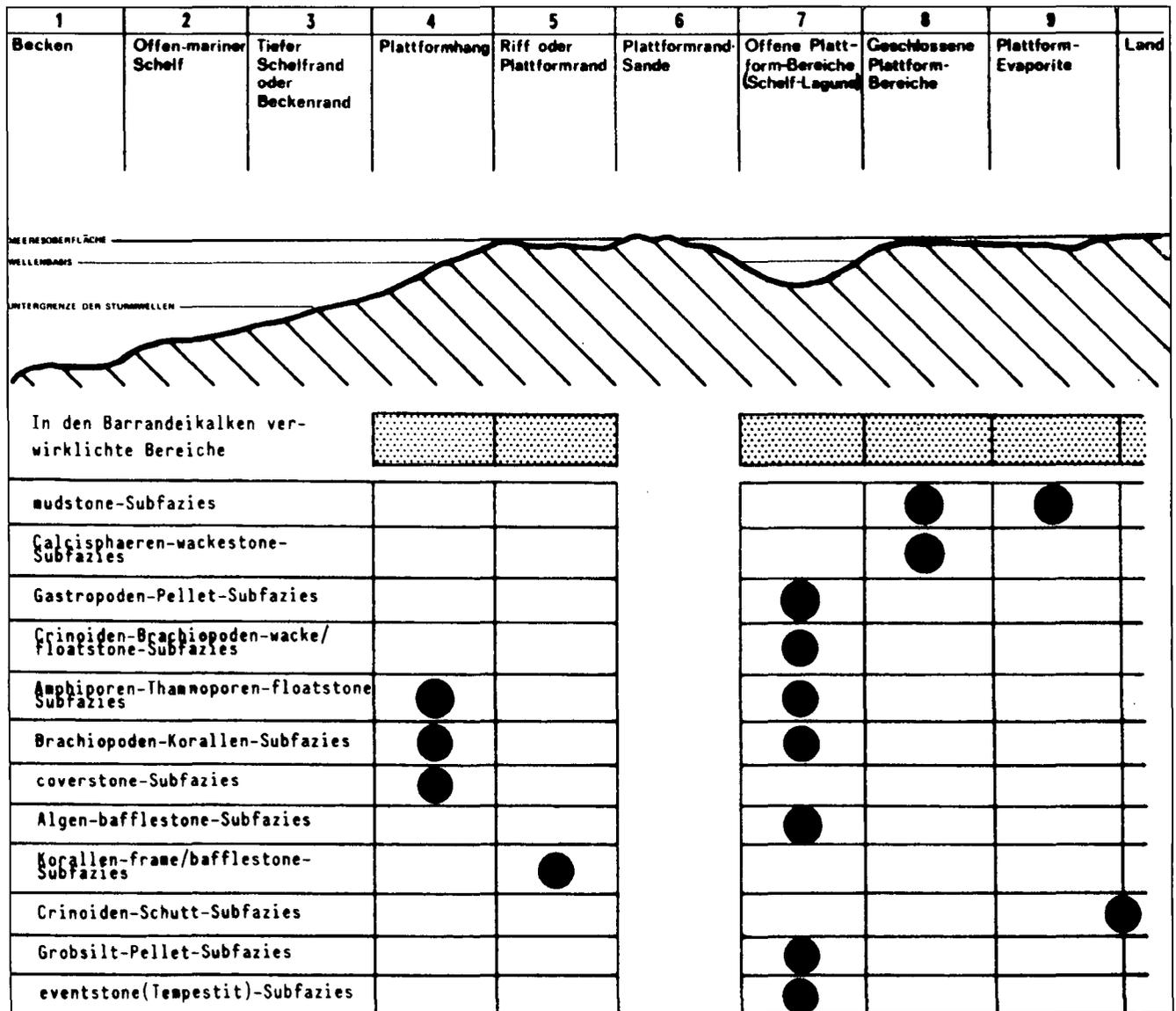


Abb. 32. Mikrofaziestypen (und -subtypen) der Barrandeikalk-Formation und ihre Beziehungen zu den Standardmikrofazieszonen nach WILSON (1975).

Tabelle 3.

Mikro-Subfaziestypen der untersuchten Profile.

Wertepaare geben die Spannweite an (Karbonatgehalt, Dolomitanteil, Verhältnis Grundmasse zu Biogene); die Werte in Klammer geben den jeweiligen Durchschnittswert dazu an.

mudstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogene
Forstweg Attens	18,8%	55,8 – 92,7% (80,8)	0 – 54 (4%)	9 – 82,3 (22,7)
Kollerkogel	3,1%	89,0 – 96,1% (92,1)	0	33,5 – 54,6 (44,9)
St.Pankrazen	18,6%	65,2 – 94,9% (86,1)	1 – 90 (31%)	10,8 – 332,3 (52,6)
Iyrnaueralm	5,6%	59,9 – 73,9% (66,0)	12 – 44 (22%)	10,5 – 60,1 (26,9)
Pierer	–	–	–	–

Calcisphaeren-wackestone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogene
Forstweg Attens	0,2%	89,4%	0	5,5
Kollerkogel	–	–	–	–
St.Pankrazen	0,4%	65,5%	11	6,1
Iyrnaueralm	3,1%	89,3–94,4% (91,9)	3 – 23% (13)	0,9
Pierer	9,3%	95,3–97,7% (96,8)	25 – 54% (43)	1,1 – 2,2 (1,7)

Gastropoden-Pellet-wacke/grainstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogene
Forstweg Attens	0,7%	84,4%	0%	1,3
Kollerkogel	–	–	–	–
St.Pankrazen	5,8%	76,0–84,3% (80,2)	48 – 55% (52)	0,6 – 1,3 (1,0)
Iyrnaueralm	3,6%	63,9–92,2% (78,1)	11 – 12% (12)	3,0 – 4,0 (3,5)
Pierer	3,0%	76,3–91,7% (84,2)	32 – 41% (37)	0,2 – 0,9 (0,6)

Tabelle 3.
Fortsetzung.

Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogenebonat
Forstweg Attems	24,3%	50,4-98,6% (82,9)	0 - 20% (1)	0,3 - 11,0 (3,4)
Kollerkogel	53,6%	80,6-95,7% (92,1)	0 - 10% (2)	0,2 - 8,3 (3,0)
St.Pankrazen	24,7%	60,7-93,9% (81,5)	2 - 90% (40)	1,5 - 7,3 (4,0)
Tyrnaueralm	27,6%	47,9-98,9% (80,1)	1 - 90% (42)	0,1 - 6,5 (2,6)
Pierer	42,0%	43,0-98,2 (79,3)	3 - 29% (17)	0,1 - 5,9 (1,3)

"Amphiporen"/"Thamnoporen"-floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogenebonat
Forstweg Attems	4,3%	69,5-96,2% (89,7)	0 - 12% (1)	0,6 - 7,1 (1,8)
Kollerkogel	-	-	-	-
St.Pankrazen	6,2%	72,9-86,2% (81,3)	25 - 80% (55)	0,1 - 4,8 (2,0)
Tyrnaueralm	4,4%	49,9-94,4% (64,1)	50 - 87% (69)	1,7 - 3,3 (2,6)
Pierer	19,9%	75,7-96,1% (89,2)	27 - 55% (39)	0,1 - 2,4 (1,4)

Korallen-Stromatoporen-floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grundmasse zu Biogenebonat
Forstweg Attems	16,1%	62,2-98,0% (82,2)	0 - 12% (1)	0,2 - 7,1 (2,4)
Kollerkogel	1,6%	92,8-95,8 (94,3)	-	0,9 - 2,3 (1,6)
St.Pankrazen	5,0%	77,1-95,3% (86,9)	9 - 70% (26)	1,0 - 6,3 (3,5)
Tyrnaueralm	3,3%	87,7-89,7% (88,7)	15 - 51% (33)	0,4 - 6,1 (3,3)
Pierer	2,2%	98,1%	37%	2,7

Tabelle 3.
Fortsetzung.

Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grund- masse zu Biogene bonat
Forstweg Attens	24,3%	50,4-98,6% (82,9)	0 - 20% (1)	0,3 - 11,0 (3,4)
Kollerkogel	53,6%	80,6-95,7% (92,1)	0 - 10% (2)	0,2 - 8,3 (3,0)
St.Pankrazen	24,7%	60,7-93,9% (81,5)	2 - 90% (40)	1,5 - 7,3 (4,0)
Tyrnaueralm	27,6%	47,9-98,9% (80,1)	1 - 90% (42)	0,1 - 6,5 (2,6)
Pierer	42,0%	43,0-98,2 (79,3)	3 - 29% (17)	0,1 - 5,9 (1,3)

"Amphiporen"/"Thamnoporen"-floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grund- masse zu Biogene bonat
Forstweg Attens	4,3%	69,5-96,2% (89,7)	0 - 12% (1)	0,6 - 7,1 (1,8)
Kollerkogel	-	-	-	-
St.Pankrazen	6,2%	72,9-86,2% (81,3)	25 - 80% (55)	0,1 - 4,8 (2,0)
Tyrnaueralm	4,4%	49,9-94,4% (64,1)	50 - 87% (69)	1,7 - 3,3 (2,6)
Pierer	19,9%	75,7-96,1% (89,2)	27 - 55% (39)	0,1 - 2,4 (1,4)

Korallen-Stromatoporen-floatstone-Mikrosubfazies

	Anteil am Gesamtprofil (auf Mächtigkeit bezogen)	Karbonatgehalt	Dolomitgehalt am Gesamtkarbonat	Verhältnis Grund- masse zu Biogene bonat
Forstweg Attens	16,1%	62,2-98,0% (82,2)	0 - 12% (1)	0,2 - 7,1 (2,4)
Kollerkogel	1,6%	92,8-95,8 (94,3)	-	0,9 - 2,3 (1,6)
St.Pankrazen	5,0%	77,1-95,3% (86,9)	9 - 70% (26)	1,0 - 6,3 (3,5)
Tyrnaueralm	3,3%	87,7-89,7% (88,7)	15 - 51% (33)	0,4 - 6,1 (3,3)
Pierer	2,2%	98,1%	37%	2,7

* Mikrofaziestyp B

„Höherenergetische Schlammfazies“

Dieser Mikrofaziestyp repräsentiert Bildungen des offenen Plattformbereiches.

Im flachmarinen Bereich, knapp unter der normalen Wellenbasis und mit offener Zirkulation wurden die Subfaziestypen (sf-Typen) B1–4 (Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-sf, „Amphiporen“-„Thamnoporen“-floatstone-sf, Korallen-Stromatoporen-floatstone-sf und Brachiopoden-Korallen-sf) gebildet. Sie lassen keine genauere Untergliederung des Plattformbereiches zu. Innerhalb des Mikrofaziestypes B treten sporadisch pack/rudstones auf, welche Merkmale des SMF-Types 5 nach WILSON (1975) deutlich erkennen lassen. Ihr Vorkommen legt den Schluß nahe, daß episodische Verbindungen zum höherenergetischen Plattformhang (Fazieszone 4) bestanden haben dürften.

* Mikrofaziestyp C

„Höherenergetische Schuttfazies“

Dieser Mikrofaziestyp repräsentiert im wesentlichen ebenfalls Bildungen des offenen Plattformbereiches (bzw. der Schelflagune), sieht man vom sf-Typ C1, der Crinoiden-Schuttfazies ab, deren Bildungen mit gut gerundeten, epitaktisch verkitteten Crinoidenstielklasten, Peloiden und Mikritrindbildungen als strandnahe Ablagerungen interpretiert werden.

Die Grobsilt-Pellet-Subfazies (C2) zeigt kurzfristige, sporadische Ereignisse starken detritischen Quarzinputs in den Ablagerungsraum an. Im allgemeinen treten Biogene in dieser Subfazies erheblich zurück. Bioturbation im Hangenden dieser Ablagerungen ist charakteristisch.

Mit dem Subfaziestyp C3, der eventstone-sf, wurden sturminduzierte Ablagerungen (Tempestite) mit erosiver Basis, allochthonen Schill- und gradierten Fossil detritus-Lagen zum Absatz gebracht.

* Mikrofaziestyp D

„Riffogene Fazies“

Dieser Mikrofaziestyp repräsentiert riffogene Phasen in der Barrandeikalkentwicklung.

Die coverstone-Subfazies (D1) wird dem SMF-Typ 5 der Fazieszone 4 (Plattformhangbildungen) zugewiesen. Charakteristisch für diese Sedimente (TSIEN, 1984 b) sind negative Korngrößenanomalien bezüglich der ursprünglichen Wasserenergie (HÜSSNER, 1985), die

durch den „Schirmeffekt“ tabularer und lamellarer Organismen (Tabulata, Stromatoporida) hervorgerufen werden. TSIEN (1982, 1983, 1984 a,b, 1985) sieht in dieser Fazies ein Riff-Initialstadium.

Mit dem Subfaziestyp der Korallen-frame/Bafflestone-Fazies (D2), die im Barrandeikalk sehr untergeordnet auftritt, ist der SMF-Typ 7 der Fazieszone 5 (Riffstrukturen am distalen Plattformrand) verwirklicht.

Die Algen(float)bafflestone-sf (D3) sind Rasenbildungen (Biostrome) des ± geschützten back-reef-Bereiches.

11. Charakterisierung des Ablagerungsraumes

11.1. Organismen

Es herrscht allgemein der Charakter von back-reef-Faunengemeinschaften mit Thamnoporen, dendroiden Stromatoporen vom *Amphipora*- und *Stachyodes*-Typ, rugosen Korallen, Algen und Calcisphaeren vor, die teilweise eingeschränktes lagunäres Milieu indizieren. Als tiefere Ablagerungen deutbare Sedimente mit Stromatoporen massiver Wuchsformen, auloporidaen Tabulaten (MORI, 1970) und dickschaligen Brachiopoden (EPSTEIN, 1970; MAKURATH, 1977) sind untergeordnet.

Sehr spärlich auftretende Conodonten mit Dominanz der Gattung *Icriodus* sprechen nach WEDDIGE & ZIEGLER (1976) für einen turbulenten bis bewegten, sehr flachen Ablagerungsraum. CHATTERTON (1976) sieht in der Conodontenarmut vergleichbarer Sedimente Indikationen für eingeschränkt-lagunäre Verhältnisse des Environments.

11.2. Wassertiefe

Allgemein werden für vergleichbare Ablagerungen in der Literatur Wassertiefen bis zu 21 Metern (EMBRY & KLOVAN, 1972) und weniger als 25 Meter (STRUVE, 1982, S. 248) angegeben. Das Auftreten von Tempestitlagen (AGER, 1974; AIGNER, 1979, 1984, 1985; HAINES, 1988; M.E. JOHNSON, 1989; SCHIEBER, 1987 u.a.) in einigen Horizonten weist auf Ablagerungen im Bereich der Sturmwellenbasis hin. Tempestitsequenzen sind niemals vollständig vorhanden, zumeist werden sie durch die nächste Sequenz überlagert, die die Hangendpartien der vorherigen erodiert.

In den Tempestitlagen treten signifikant erhöhte Sr-Werte (Profil Forstweg Attems bis 2013 ppm, Kollerkogel bis 5350 ppm, St. Pankrazen bis 1010 ppm) gegenüber anderen Bänken auf, die nach EDER et al. (1986) bei schneller Sedimentation und dadurch ermöglichter Diagenese im „geschlossenen System“ erhalten bleiben.

Hinweise auf seichte Meeresareale liefern Algen, Algenlaminite und Mikritrindbildung an Biogenen (ALEXANDERSON, 1969; SWINCHATT, 1969). Die Tätigkeit endolithischer Algen an Biogenen (Abb. 33) dürfte ebenso als Indiz gerin-

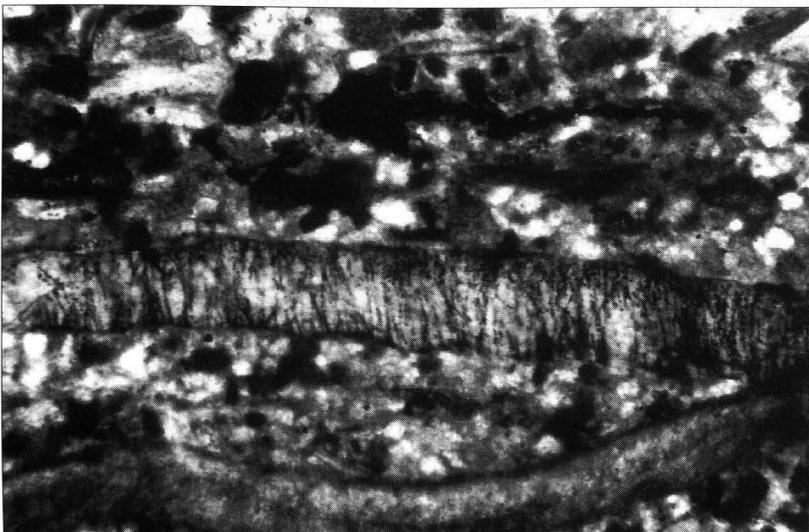


Abb. 33.
Bohrfähigkeit endolithischer Algen an einer (?) Molluskenschale.
Banknummer 22, Profil St. Pankrazen.

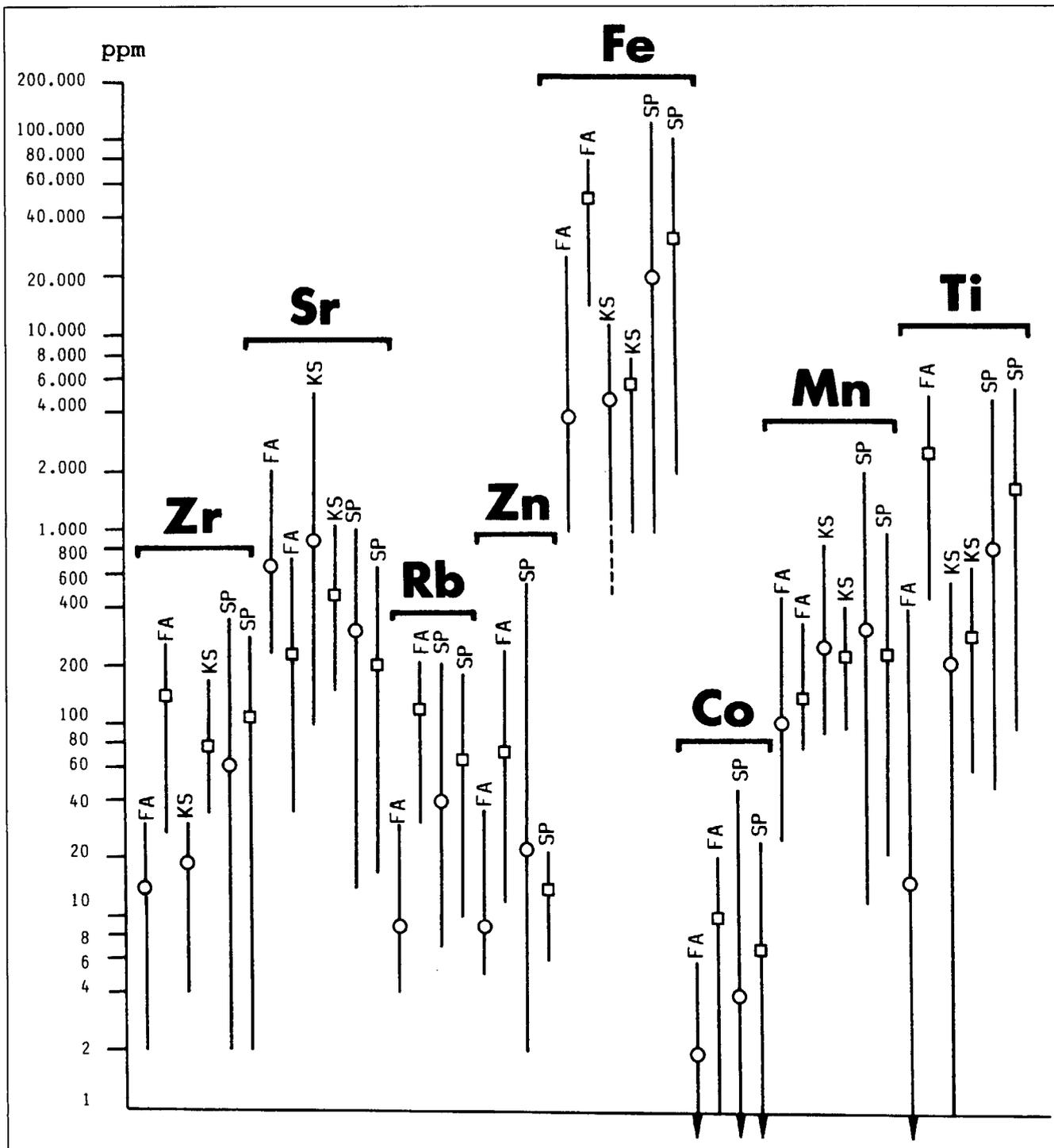


Abb. 34. Mittelwerte und Spannweiten der Spurenelementkonzentrationen. Kreissignaturen beziehen sich auf Werte von Kalken, Quadratsignaturen auf Mergel/Schiefer. Pfeile deuten Gehalte unter der Nachweisgrenze an. FA = Forstweg Attems (23 Kalkproben, 10 Mergel/Schieferproben), KS = Kollerkogel (21 Kalkproben, 9 Mergel/Schieferproben), SP = St. Pankrazen (55 Kalkproben, 16 Mergel/Schieferproben). Konzentrationen in ppm logarithmisch aufgetragen.

ger Meerestiefe zu bewerten sein. BATHURST (1967) schränkt entsprechende Phänomene auf maximale Wassertiefen um 50 m ein, SWINCHATT (1969) siedelt diese im Intervall zwischen 15 m und 20 m an.

Mit dem Auftreten von *Stachyodes* und *Calcisphaeren* ist lokal und temporär extremes Seichtwasser im Inter-/Subtidal-Grenzbereich anzunehmen (MAY, 1988, S. 182).

Für einen seichten, küstennahen Ablagerungsraum sprechen auch die Mn-Konzentrationen (Abb. 34), inter-

pretiert man diese im Sinne von BENCINI & TURI (1974) bzw. MARCHIG (1974).

11.3. Salinität

Neben Faunenassoziationen mit Korallen, Echinodermaten und Udoteaceen, die für euhaline Salinitätsbedingungen sprechen, geben spezielle Organismenkombina-

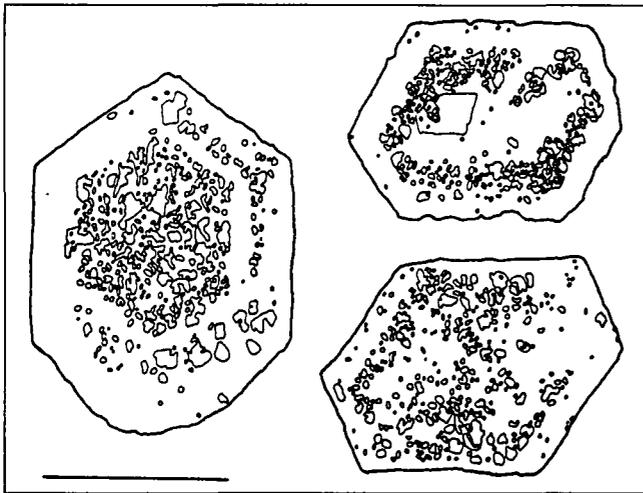


Abb. 35.
Querschnitte zonarer authigener Quarzkristalle (Plabutschbohrung II/3B/4-5).
Balkenlänge 0,1 mm.

tionen (z.B.: Amphiporen-Thamnoporen-Calcisphaeren-Vergesellschaftungen) Hinweise auf erhöhte bzw. erniedrigte Salinität (E. FLÜGEL & HÖTZL, 1971, 1976; KAZMIERCZAK, 1976b).

Auf zeitweilige Änderungen der pH- und Eh-Werte kann durch zonargebaute authigene Quarzkristalle (Abb. 35), die mehrphasigen Kristallbau erkennen lassen, geschlossen werden. Dabei erklärt sich die Quarz-Karbonat-Alteration der Kristalle als Ausdruck des Wechsels von Phasen übersäuerter Porenwässer (SiO_2 ist im Porenwasser nach MATTER in FREY et al. [1975, S. 64] mit 20–50 ppm gegenüber dem Meerwasser mit 5–10 ppm nach ENGELHARDT [1973, S. 239] angereichert) und solchen der biogenen Produktion, bei denen es zur pH-Erhöhung kommt, welche die SiO_2 -Präzipitation wieder stoppt. Simultanes Lösungsverhalten von SiO_2 bei Präzipitation von CaCO_3 tritt nach FRIEDMAN & SANDERS (1978, S. 136) bei pH-Werten von 9 bis 10 auf. Diese Werte können lokal oder regional (insbesondere in Bereichen erhöhter biologischer Produktivität; Riffe) ohne weiteres durch photosynthetische oder/und bakterielle Tätigkeit erreicht werden (FRIEDMAN & SANDERS, 1978).

11.4. Durchlichtung

Der teilweise sehr hohe Ton- und Mikritgehalt der Gesteine läßt auf keinen guten Durchlichtungsgrad des Meeres schließen. Die hohen Rückstandswerte könnten auch Ursache sein, weshalb in den Barrandeikalken potentielle Riffbildner keine rigiden Vertikalstrukturen (buildups) verwirklichten. Dies würde auch die verhältnismäßig geringprozentigen Anteile der Stromatoporen an der Gesamtfauna im Sinne von MANTON (1971) erklären.

Perioden höherer Rückstandsgehalte innerhalb der Formation hängen vermutlich ursächlich mit weiträumigen, überregionalen Transgressions-Regressionen im entsprechenden Zeitabschnitt der Ablagerungen zusammen: Vergleicht man eustatische Meeresspiegelschwankungen des Rheinischen Schiefergebirges (KREBS,

1979), die nach J.G. JOHNSON et al. (1985) im gesamten euramerikanischen Raum zum Ausdruck kommen mit den 5 Zyklen erhöhter Tonzufuhr, so wären diese den 5 Transgressionsphasen im Bereich oberstes Ems bis tiefstes Givet zuzuordnen.

Über das Liefergebiet der nichtkarbonatischen, kontinentaldetritischen Anteile können aufgrund wenig aussagekräftiger Schwermineralspektren keine Aussagen gemacht werden. Lediglich das Auftreten von „coatings“ indiziert semiarides Bildungsklima, ihre Entstehung wird auf unter oxidierenden Bedingungen in Lösung angeliefertes Eisen zurückgeführt, welches sich dann in Form hämatitischer Kornüberzüge ausscheidet.

Die teilweise sehr hohen Mikritanteile (Abb. 36) lassen schlechte Durchlichtung und weiches (schlammiges) Substrat, also ökologisch ungünstige Bedingungen vermuten.

12. Paläogeographie und Biogeographie

Paläontologische und -ökologische Gegebenheiten der Barrandeikalk-Formation lassen einen Ablagerungsraum im Bereich der 25°C-Meerwasserisotherme des „Rheischen Ozeans“ (Paläotethys), also innerhalb des rezent für Riffbauten charakterisierten geographischen Breitenintervalls von 30° nördlicher und südlicher Breite annehmen (HUBMANN, 1990a, 1991, 1992 a,b; H.W. FLÜGEL & HUBMANN, 1993).

Im Wesentlichen repräsentiert die Formation eine Entwicklung im seichten, offenen Plattformbereich. Diese Entwicklung wurde regional und temporär unterschiedlich unterbrochen, wobei sowohl Einflüsse des Plattformhanges und des Lagunenbereiches geltend wurden. Nach dem Biogehalt (dieser zeigt back-reef-Charakter) respektive den ökologischen Gegebenheiten der Fauna innerhalb der Profile und den schwankenden Mächtigkeiten der Abfolge muß, die Ergebnisse der Profile für den Gesamttraum verallgemeinert, ein in sich gegliederter Ablagerungsraum angenommen werden. Er umfaßt teilweise extreme Seichtwasserbereiche mit eingeschränktem lagunären Milieu, über lokale, kleindimensionale Korallen-„Riffkörper“-Bildungen (z.B. Fortsweg Attems) bis zu Entwicklungen im etwas tieferen und ruhigeren Wasser (z.B. Kollerkogel).

Allgemein überwiegen Bildungen der höherenergetischen, biogenreichen Schlammfazies.

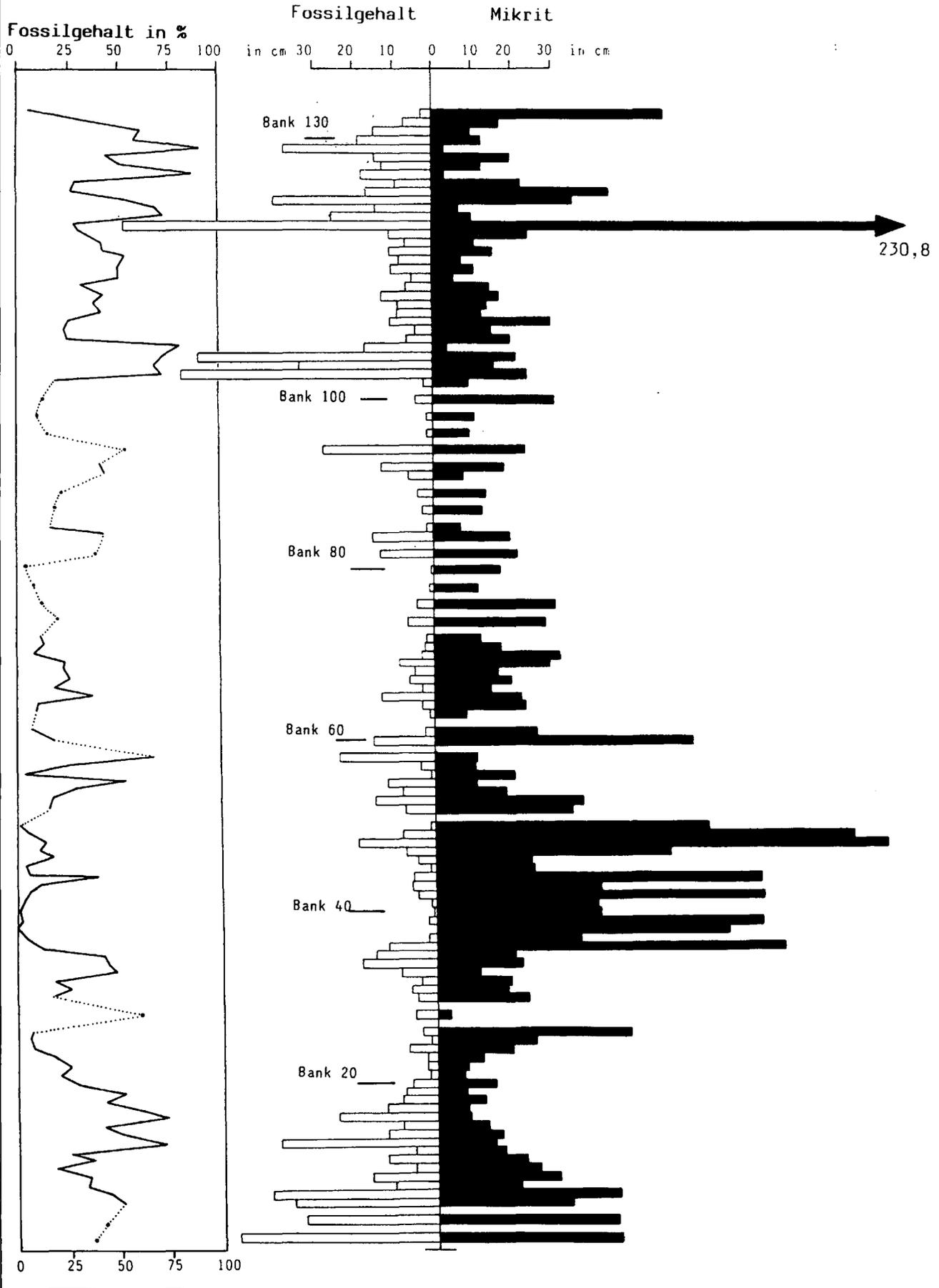
Charakteristisch für den gesamten Sedimentationsraum sind sturminduzierte Ablagerungen (Tempestite). Signifikant für alle Profile ist das Auftreten von Mergel/Schieferlagen, die aber nur wenig Einfluß auf die biogene Entwicklung zu haben scheinen. Eine zyklische Sedimentation ist für den gesamten Ablagerungsraum zu vermuten. Die Profile Pierer und Tyrnaueralm, vor allem letztgenanntes, zeichnen sich durch relativ hohe detritische Quarzgehalte in Kalken und Mergeln aus. Äolisch erfolgter Eintrag dieser Komponenten in den Sedimentationsraum wird vermutet.

Trotz einiger für Organismen ungünstiger Ökoparameter wie geringe Durchlichtung (hohe Mikrit- und Rückstandswerte; Mergellagen) und lokal/episodisch erhöhte Hydrodynamik (Tempestite, allochthone Schillbildungen)

Abb. 36.
Absolute Mikrit- und Fossilgehalte (auf Bankmächtigkeiten bezogen).

Auf den Seiten 439, 440 und 441 →

FORSTWEG ATTEMS (111 KALKBÄNKE)



ST.PANKRAZEN (55 KALKBÄNKE)

Fossilgehalt in %

Fossilgehalt

Mikrit

0 25 50 75 100 in cm

30 20 10 0 10 20 30 in cm

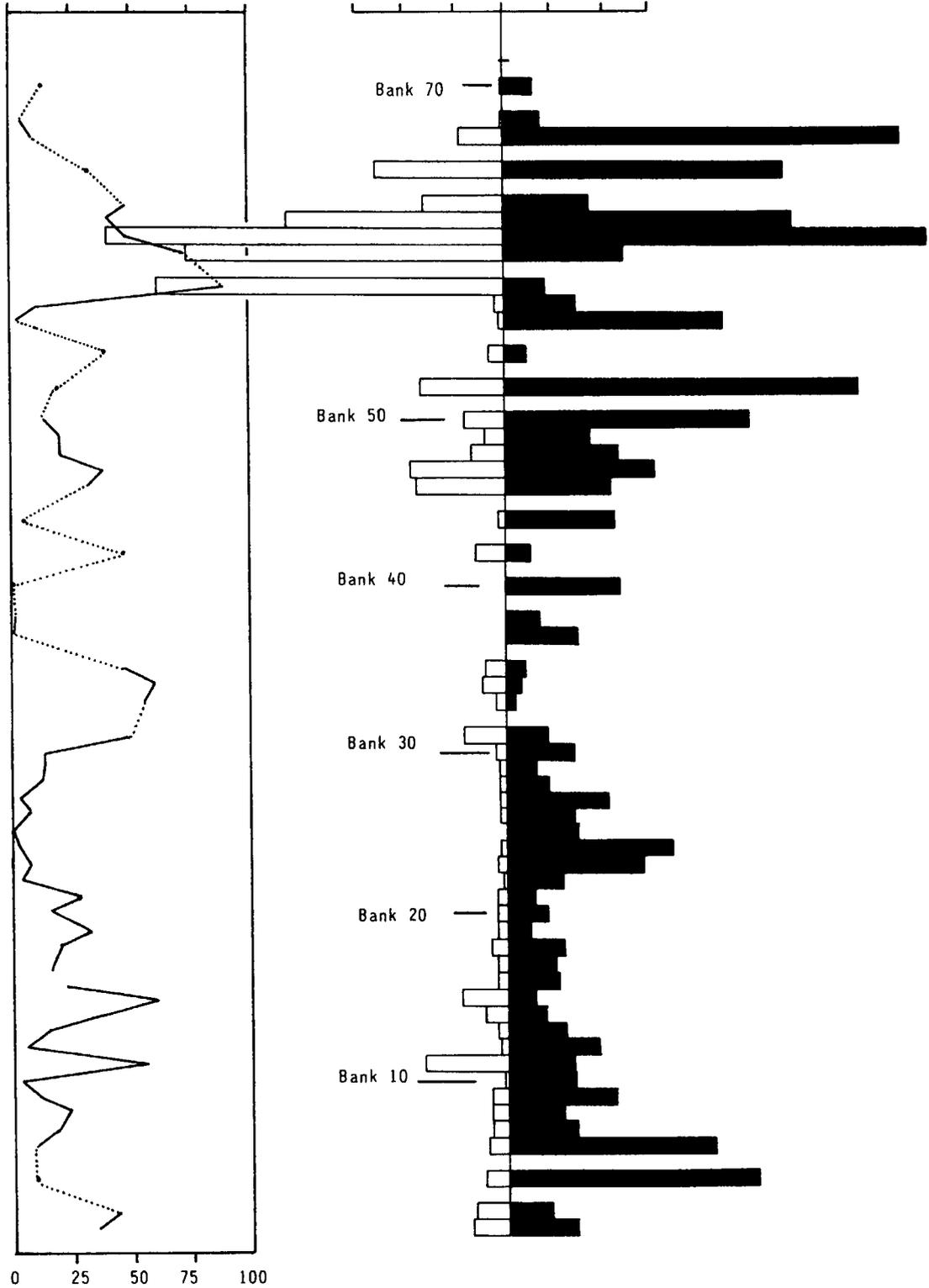


Abb. 36.
Fortsetzung.

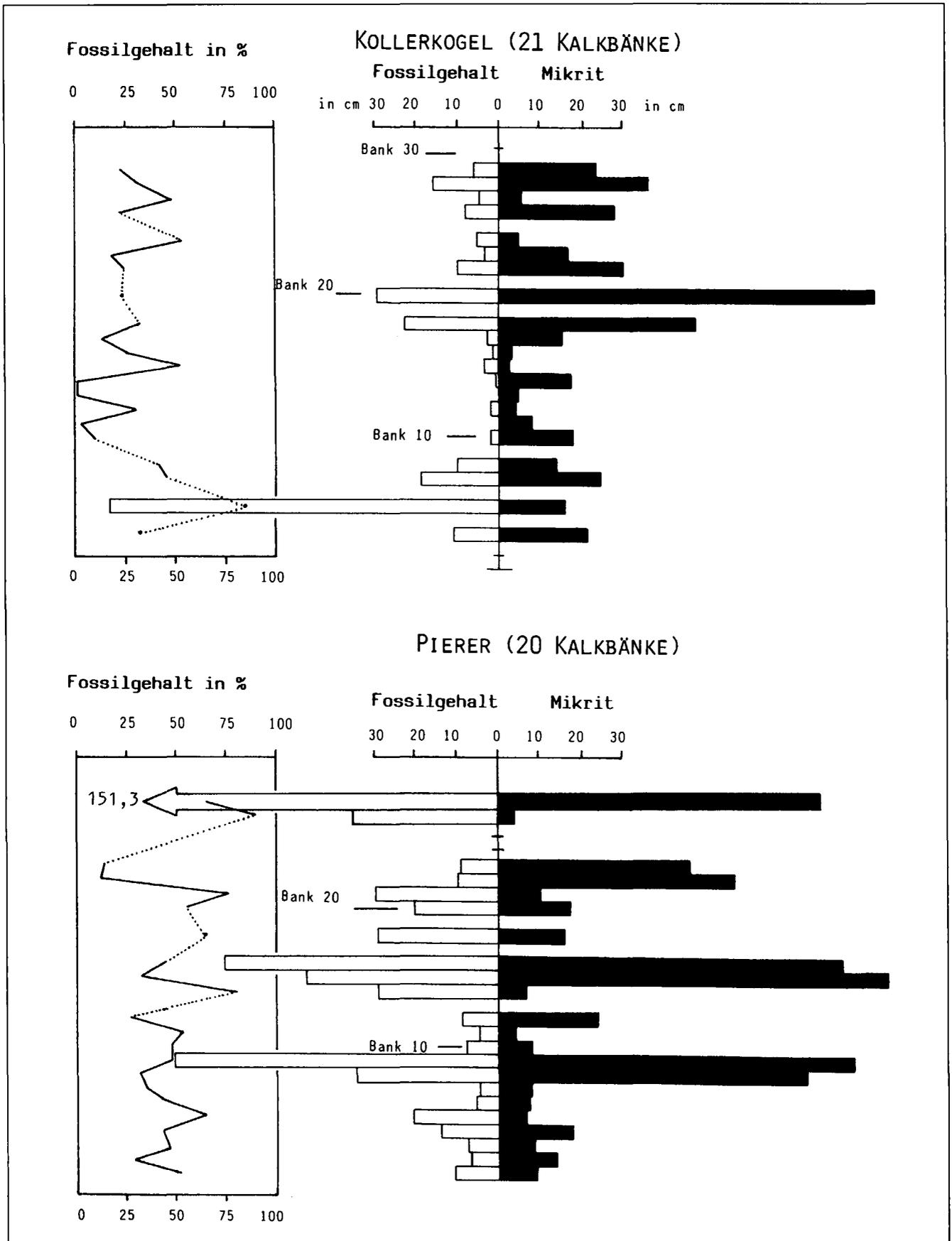


Abb. 36.
Fortsetzung.

des Ablagerungsraumes wurde mit dem Barrandeikalk die organismenreichste (individuenreichste und artendiverseste) Formation des Grazer Paläozoikums verwirklicht.

Versuche, überregionale Beziehungen zu anderen Ablagerungsräumen über faunistische Ähnlichkeiten herzustellen, reichen bis in das vorige Jahrhundert zurück (z.B. SUESS, 1868). Diese Beziehungen konnten sich aber auf Grund taxonomischer Unsicherheiten in der Fossilbestimmung, teils wegen zu langer stratigraphischer Reichweiten herangezogener Gattungen und Arten nicht halten. Besonders die „grob berippten Pentameren“ wurden für paläobiogeographische Überlegungen verwendet. Diesen Brachiopoden kommen mit der Zuweisung durch BOUCOT & SIEHL (1962) zur Gattung *Zdimir* neues Interesse zu, stellt diese doch eine wichtige Leitform für das Eifelium von Belgien und des Harzes dar (H.W. FLÜGEL, 1975).

Zur Zeit sind 15 Arten der Gattung *Zdimir* bekannt, die im Mitteldevon weltweit verbreitet sind (BOUCOT & SIEHL, 1962; SAPELNIKOV et al., 1981; BAI & BAI, 1988). Auffallend bei allen Vorkommen ist die offensichtlich geringe stratigraphische Verbreitung dieser Gattung. Folgt man den Vorstellungen von BAI & BAI (1988), dann erstreckt sich die Lebensdauer von *Zdimir* auf den Zeitbereich oberes Ems bis tiefere Eifel (*serotinus* bis *partitus* Conodontenzone).

Damit würden sich mit *Zdimir* für paläogeographische Überlegungen günstige Voraussetzungen ergeben: Zum einen treten sie in einem relativ kurzen Zeitbereich weltweit auf und zum anderen markieren sie einen speziellen engen Faziesbereich (BAI & BAI, 1988), der den Übergang der Dacryconariden-Ammoniten-Biofazies/Spiriferiden-Korallen-Biofazies, also ein mäßig bis stärker turbulentes Flachwasserenvironment charakterisiert. Sie zeigen paläogeographische Verbindungen in den Harz, nach Böhmen, Ural und China an.

Rugosa und Tabulata verdeutlichen ebenfalls die Beziehungen des Grazer Raumes zum rhenohertzynischen und osteuropäischen Raum (FLÜGEL 1975; HUBMANN, 1991).

Gemeinsame Florenelemente (HUBMANN, 1990) am Nordshelf von Gondwana und am Südschelf von Laurussia lassen äquatoriale Meeresströmungen zwischen dem Barrandeimeer und Südwestengland sowie der Eifel und Belgien vermuten.

13. Fazielle Position der Barrandeikalke im Grazer Paläozoikum

Das Grazer Paläozoikum besteht aus mehreren Fazies- bzw. Mehrfaziesdecken (H.W. FLÜGEL & NEUBAUER, 1984), deren ursprüngliche Beziehungen zueinander nicht eindeutig geklärt sind.

Eine Zusammenfassung zu Deckengruppen nach Ähnlichkeiten im Schichtinhalt, tektonischer Stellung und metamorpher Überprägung (FRITZ & NEUBAUER, 1990) ergibt eine tiefe, mittlere und hohe Deckengruppe.

Nach paläogeographischen Vorstellungen des Gesamt-raumes werden dabei die Rannach- und Hochlantschfazies als landnächste, die Laufnitzdorfgruppe als landfernste Entwicklung interpretiert. Die Schöckelgruppe nimmt nach dieser Vorstellung eine intermediäre Position ein.

Die der hohen Deckengruppe zugehörige Rannach-Decke und Hochlantsch-Decke beinhalten nur teilweise unterschiedliche Entwicklungen.

Die stratigraphische Reichweite der hohen Deckengruppe umfaßt Obersilur bis Unterkarbon. Ab dem obersten

Silur setzt eine progressive Karbonatproduktion ein, die mit klimatischen Ursachen (Erwärmung des Ablagerungsmilieus auf Grund einer äquatorialen Annäherung der Platte, zu der das Grazer Paläozoikum gehörte) in Zusammenhang gebracht wird (FRITZ & NEUBAUER, 1988).

Ab dem Devon ist eine weitgehend flachmarine Plattform entwickelt (EBNER et al., 1979; FENNINGER & HOLZER, 1978; FLÜGEL & NEUBAUER, 1984; FRITZ & NEUBAUER, 1988), die nicht nur die hohe, sondern auch die tiefe Deckengruppe (Schöckel-Gruppe) betrifft, während in der mittleren Deckengruppe (Laufnitzdorfdecke, Kalkschieferdecken) vom Ordovizium bis in das Oberdevon durchgehend eine pelagische Entwicklung, bzw. eine karbonatisch-klastische Schelfentwicklung anhält (GOLLNER et al., 1982; TSCHELAUT, 1984).

Charakteristisch für diese Plattformentwicklung ist ihr „permanent transgressiver Charakter“ nach H.W. FLÜGEL (1972) bis an die Wende Unterkarbon/Oberkarbon (EBNER, 1976).

Transgressiven Charakter zeigt auch die Sequenz der die Barrandeikalk-Formation unterlagernden Dolomitsandsteinfolge (FENNINGER & HOLZER, 1978):

Aus der Dolomitbank, die das hangende Member der Dolomitsandsteinfolge darstellt, gehen die Barrandeikalke aus hellen Dolomiten, bzw. Amphiporen-Dolomiten hervor, oder verzahnen sich mit diesen.

Mit dem Einsetzen der Barrandeikalk-Formation wechseln Bildungen des Supra- bis Subtidals bzw. geschützter Lagunenbereiche zu Bildungen des offenen Plattformbereiches mit temporären und/oder lokalen Verbindungen zum Plattformhang über.

Mit den überlagernden „Mitteldevondolomiten“, bzw. mit den Dolomiten im liegenden Abschnitt der Tyrnaueralmformation und dem Rauhwackenhorizont an der Basis der Kanzelkalke (H.W. FLÜGEL, 1975), die ohne deutlich erkennbare Übergänge auf den Barrandeikalk folgen, kann es zur Rekurrenz der Dolomitsandsteinfolge und damit zu einer Unterbrechung der transgressiven Tendenz kommen.

Eine chronostratigraphische Einordnung der „Mitteldevondolomite“ liegt noch nicht vor. Möglicherweise steht diese lithostratigraphische Einheit mit der aus dem Rheinischen Schiefergebirge bekannten „Odershausen-Regression“ (siehe KREBS, 1979) ursächlich in Verbindung, indem auch hier eustatische Meeresspiegelabsenkungen wirksam wurden und die Barrandeikalk-Plattformbereiche in lagunäre Gebiete umgewandelt wurden.

Mit einem neuerlich einsetzenden vermutlich eustatisch bedingten Meeresspiegelanstieg beginnt eine Entwicklung, die dem Still- und Flachwasserbereich (Kanzelkalke, Tyrnaueralmformation, Platzlkogelkalke), respektive ab dem höheren Mitteldevon und Oberdevon mit dem Auftreten pelagischer Faunenelemente und einer Vertiefung des Ablagerungsraumes (Steinbergkalke, Sanzenkogelschichten) einer landfernen Fazies zuzuweisen ist.

Die Position des Barrandeikalkes in Bezug auf isochrone fazielle Bildungen in den Ablagerungsräumen der verschiedenen Deckeneinheiten stößt aus mehreren Gründen auf Schwierigkeiten. Zum einen ist die prinzipielle Zugehörigkeit der einzelnen Decken zu einem ursprünglich gemeinsamen Sedimentationsraum ungewiß; entsprechend liegen über paläogeographische Beziehungen dieser zueinander nur Vermutungen vor. Zum anderen fehlen sowohl in Profilen sichtbare Bereiche der faziellen Verzahnung – sieht man von der der Dolomitsandsteinfolge mit Barrandeikalk ab – als auch genaue stratigraphische Anhaltspunkte der Abfolgen innerhalb der Decken, die eine

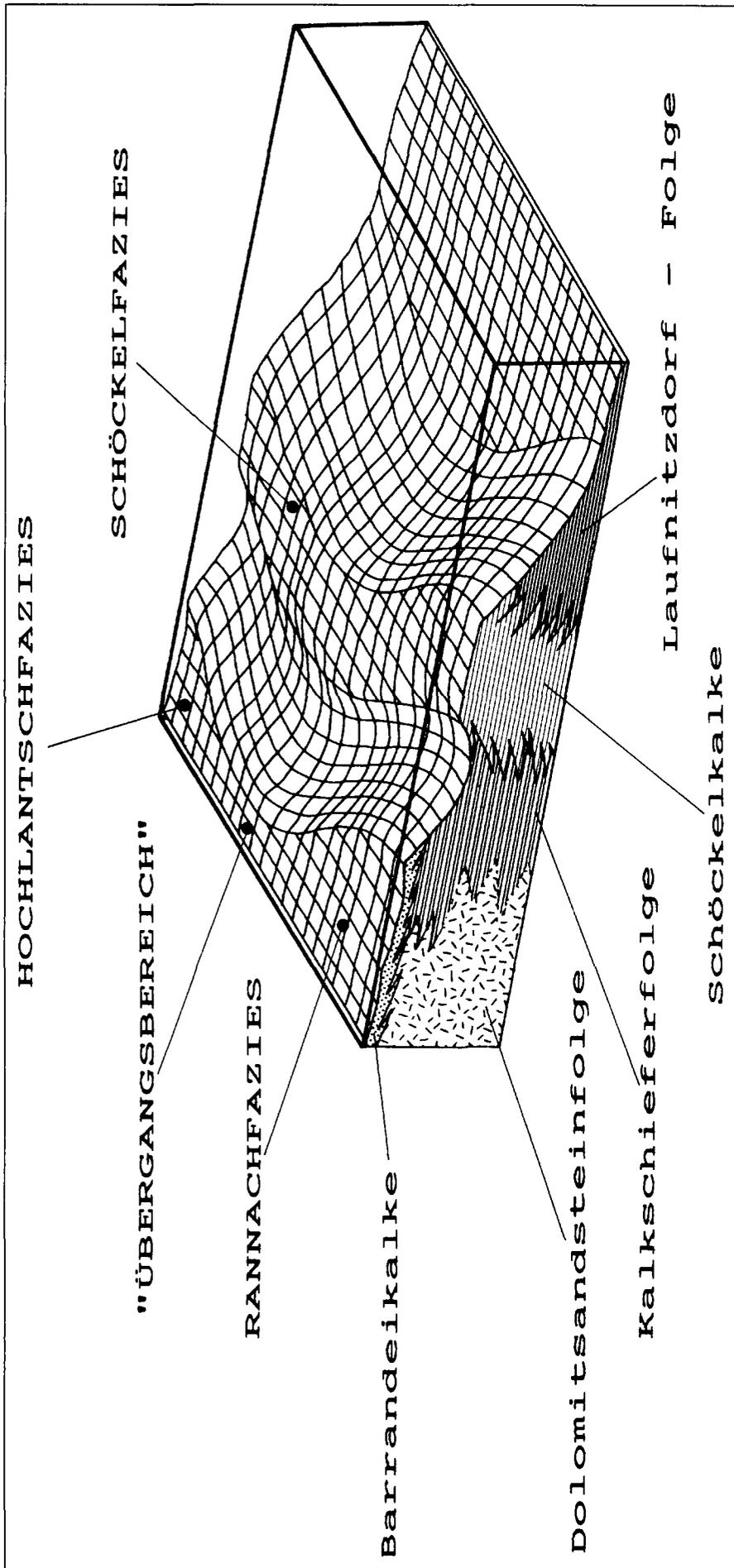


Abb. 37.
Mutmaßliche paläogeographische Situation des Grazer Mitteldevons.

Zuordnung zeitgleicher Formationen zu einem zeitlich-räumlich gemeinsamen Ablagerungsraum ermöglichen würden.

Entsprechend der erwähnten paläogeographischen Vorstellung der ursprünglichen Lage der Deckengruppen zueinander könnten die zeitgleichen Anteile der Kalkschieferfolge zur Barrandekalk-Formation die distale, tiefermarine, unterhalb der Sturmwellenbasis bei verminderter Karbonatproduktion gebildete Fazies, die Laufnitzdorf-Folge die dem Land fernste, pelagische Fazies darstellen. Dementsprechend würden die Schöckelkalke aus der tiefen Deckengruppe einen Bildungsraum repräsentieren, der eine der Kalkschieferfolge und Laufnitzdorf-Folge zwischengeschalteten Hochzone entspräche (Abb. 37).

Dank

Die Arbeit stellt einen Teil einer am Institut für Geologie und Paläontologie an der Grazer Universität durchgeführten Dissertation dar. Für zahlreiche Diskussionen, Anregungen und Hinweise bedanke ich mich bei meinen Betreuern Univ. Prof. H.W. FLÜGEL und Prof. A. FENNINGER, Prof. KOLMER (TU Graz) half mir in Fragen der Geochemie weiter. Bei den Schreibarbeiten unterstützte mich freundlicherweise Frau A. KRIEGER.

Profil FORSTWEG ATTEM S

	FOLK (1959, 1962)	DUNHAM (1962) EMBRY & KLOVAN (1972)	TSIEN (1984) HÜSSNER (1985)
1			
2	locker/dicht gepackter Ost(80)Bra(20)Mikrit	Ost-Bra-wacke/grainstone	eventstone (?)
3			
4	dicht gepackter Bra(80)Ost(12)Gas(6)Mikrit	Bra-Ost-rudstone	eventstone
5			
6	dicht gepackter Ech(76)Bra(20)Mikrit	Ech-Bra-rudstone	eventstone (?)
7	dicht gepackter Kor(100)Mikrit	Kor(Favositen)-baffle/framestone	
8	locker gepackter Bra(62)Ech(25)Pel(32)Mikrit	Bra-Ech-Pel-floatstone	
9	locker gepackter Bra(35)Kor(18)Ech(12)Mikrit	Bra-Kor-Ech-floatstone	
10	locker gepackter Ech(53)Kor(24)Bra(10)Mikrit	Ech-Kor-wacke/floatstone	
11	locker gepackter Kor(60)Str(30)Ech(10)Mikrit	Kor-Str-floatstone	
12	locker gepackter Ech(80)Bra(10)Mikrit	Ech-wacke/floatstone	
13	dicht gepackter Kor(60)Str(30)Mikrit	Kor-Str-floatstone	
14	dicht gepackter Kor(42)Ech(25)Bra(12)Mikrit	Kor-Ech-Bra-floatstone	
15	locker gepackter Ech(15)Ost(17)Bra(12)Mikrit	Ech-Ost-Bra-wackestone	
16	dicht gepackter Ech(60)Bra(28)Mikrit	Ech-Bra-wacke/floatstone	
17	dicht gepackter Ech(45)Bra(20)Kor(17)Mikrit	Ech-Bra-Kor-floatstone	
18	dicht gepackter Str(33)Kor(22)Ech(18)Mikrit	Str-Kor-Ech-floatstone	
19	locker gepackter Str(30)Kor(24)Ech(23)Mikrit	Str-Kor-Ech-floatstone	
20	locker gepackter Kor(60)Ech(14)Bra(12)Pel(38)Mikrit	Kor-Ech-Bra-Pel-floatstone	
21	dicht gepackter Kor(55)Ech(32)Bra(15)Mikrit	Kor-Ech-Bra-floatstone	
22	dicht gepackter Ech(60)Bra(10)Gas(10)Mikrit	Ech-wacke-floatstone	
23	locker gepackter Ech(80)Bra(10)Mikrit	Ech-wackestone	
24	Ech(27)Bra(12)fÜhrender Mikrit	Ech-Bra-fÜhrender mudstone	
25	Ech(39)Bra(20)fÜhrender Mikrit	Ech-Bra-fÜhrender mudstone	
26	Ech(75)Bra(15)fÜhrender Mikrit	Ech-Bra-fÜhrender mudstone	
27			
28	dicht gepackter Str(61)Kor(29)Ech(10)Mikrit	Str-Kor-float(/pack)stone	
29			
30	locker gepackter Ech(75)Cal(8)Mikrit	Ech-wackestone	
31	locker gepackter Ech(80)Bra(8)Ost(8)Mikrit	Ech-wackestone	
32	locker gepackter Ech(75)Bra(10)Gas(10)Mikrit	Ech-wacke/floatstone	
33	locker/dicht gepackter Ech(85)Cal(9)Mikrit	Ech-wacke/floatstone	
34	locker/dicht gepackter Ech(62)Kor(20)Bra(18)Mikrit	Ech-Kor-Bra-floatstone	
35	locker gepackter Gas(43)Bra(18)Ech(14)Mikrit	Gas-Bra-Ech-floatstone	
36	locker gepackter Bio-Mikrit	wackestone -	
37	Str(60)Ech(30)fÜhrender Pel(70)Mikrit	Str-Ech-Pel-grainstone	
38	fossilfreier Mikrit	mudstone	
39	Kor(35)Ech(20)fÜhrender Pel(52)Mikrit	mud(/Kor-Ech-fÜhrender Pel-wacke/grain)stone	
40	schwach Biogen-fÜhrender Mikrit	mudstone	
41	Kor(33)fÜhrender Mikrit	(Kor-fÜhrender) mudstone	
42	Bra(49)fÜhrender Mikrit	Bra-fÜhrender mudstone	
43	locker gepackter Kor(40)Bra(30)Str(25)Mikrit	Kor-Bra-Str-floatstone	
44	Kor(100)fÜhrender Mikrit	Kor-fÜhrender mudstone	
45	Ech(50)fÜhrender Mikrit	Ech-fÜhrender mudstone	
46	locker gepackter Ech(70)Bra(10)Ost(10)Mikrit	Ech-wackestone	
47	locker gepackter Ech(70)Bra(15)Gas(5)Mikrit	Ech-Bra-wacke/floatstone	
48	locker gepackter Kor(96)Mikrit	Kor-floatstone	
49	Kor(45)Str(40)fÜhrender Mikrit	Kor-Str-fÜhrender mudstone	
50	schwach Biogen-fÜhrender Mikrit	mudstone	
51			
52	locker gepackter Bra(25)Ech(25)Mikrit	Bra-Ech-wackestone	
53	locker gepackter Kor(72)Gas(9)Mikrit	Kor-float(/?frame)stone	
54	locker gepackter Ech(75)Bra(8)Mikrit	Ech-wackestone	
55	dicht gepackter, verwühlter Ech(75)Bra(8)Pel(27)Mikrit	bioturbater Ech-Pel-packstone	
56	Ech(65)Bra(23)fÜhrender Mikrit	Ech-Bra-fÜhrender mudstone	
57	locker gepackter Ech(30)Gas(20)Bra(20)Mikrit	Ech-Gas-Bra-wacke/floatstone	
58	dicht gepackter Kor(55)Bra(20)Ech(15)Mikrit	Kor-Bra-Ech-floatstone	
59			
60	locker gepackter Ech(80)Bra(15)Gas(5)Mikrit	Ech-Bra-wackestone	
61	Ech(58)Bra(13)fÜhrender Mikrit	Ech-Bra fÜhrender mudstone	
62			
63	Kor(30)Bra(30)Ech(13)fÜhrender Mikrit	Kor-Bra-Ech-fÜhrender mudstone/wacke(float)stone	
64	locker gepackter Ech(65)Bra(25)Str(5)Mikrit	Ech-Bra-wacke/floatstone	
65	locker gepackter Bra(65)Ech(32)Mikrit	Bra-Ech-floatstone	
66	locker gepackter Ech(90)Mikrit	Ech-wackestone	
67	locker gepackter Kor(42)Str(38)Ech(10)Mikrit	Kor-Str-floatstone	
68	locker gepackter Str(38)Kor(31)Bra(23)Mikrit	Str-Kor-Bra-floatstone	
69	locker gepackter Ech(41)Kor(25)Str(22)Mikrit	Ech-Kor-Str-floatstone	

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Alg = Algen, Bra = Brachiopoden (+ indet. Schalenbruch), Cal = Calcisphaeren (+ ?Spicula; indet. Mikrofossilien), Ech = Echinodermaten (Crinoidenstielglieder), Gas = Gastropoden, Kor = Korallen (Rugosa, Tabulata, Heliolitida), Ost = Ostracoden (+ Eridostracoen), Pel = Pellets (hauptsächlich fecal pellets), Str = Stromatoporen.
Zahlen in der linken Spalte geben Banknummern der Profile an. Leerstellen repräsentieren Schiefer/Mergellagen. Zahlen in Klammer nach der Biogen-Abkürzung geben die jeweilige prozentuelle Häufigkeit des Fossils am Gesamt-Biogenanteil wieder.
Für „/“ lies „bis“.

70	Kor(40)Bra(35)Ech(25)Führender Mikrit	Kor-Bra-Ech-führender mudstone	
71	locker gepackter Kor(43)Bra(30)Ech(18)Mikrit	Kor-Bra-Ech-floatstone	
72	locker gepackter Bra(58)Ech(31)Mikrit	Bra-Ech-wacke/floatstone	
73			
74	locker gepackter Str(78)Ech(12)Bra(10)Mikrit	Str-Ech-Bra-floatstone	
75			
76	locker gepackter Kor(68)Ech(30)Mikrit	Kor-Ech-floatstone	
77			
78	Kor(42)Ech(28)Bra(18)Führender Mikrit	Kor-Ech-Bra-führender mudstone	
79			
80	Ech(80)Führender Mikrit	Ech-führender mudstone	
81			
82	locker gepackter Kor(27)Alg(25)Ech(23)Mikrit	Kor-Alg-Ech-wacke/floatstone	
83			
84	dicht gepackter Kor(45)Str(26)Bra(12)Pel(28)Mikrit	Kor-Str-Bra-Pel-float/rudstone	
85	locker gepackter Alg(80)Pel(58)Mikrit	Alg-Pel-boundstone	
86			
87	locker/dicht gepackter Alg(79)Kor(11)Mikrit	Alg-Kor-wacke/grainstone	
88			
89	locker gepackter Alg(85)Bra(10)Ech(5)Mikrit	Alg-Bra-float(bound)stone	
90			
91	locker/dicht gepackter Alg(75)Str(15)Kor(7)Mikrit	Alg-Str-wacke/grainstone	
92	locker/dicht gepackter Alg(68)Str(19)Kor(9)Mikrit	Alg-Str-wacke/grainstone	
93			
94	dicht gepackter Kor(63)Ech(37)Pel(58)Mikrit	Alg-Pel-boundstone	
95			
96	locker gepackter Alg(25)Kor(20)Cal(17)Mikrit	Alg-Kor-Cal-wackestone	
97			
98	Kor(44)Alg(28)Str(18)Führender Mikrit	Kor-Alg-Str-führender mud/float(wacke)stone	
99			
100	locker gepackter Ech(52)Kor(25)Str(19)Pel(27)Mikrit	Ech-Kor-Str-Pel-float(/pack)stone	
101			
102	locker gepackter Kor(43)Ech(35)Bra(10)Mikrit	Kor-Ech-(wacke/)floatstone	
103	dicht gepackter Ech(91)Kor(5)Mikrit	Ech-packstone	eventstone ?
104	dicht gepackter Kor(82)Ech(18)Mikrit	Kor-Ech-float/rudstone	
105	dicht gepackter Ech(40)Bra(30)Kor(25)Mikrit	Ech-Bra-Kor-float/rudstone	
106	dicht gepackter Ech(29)Str(27)Kor(12)Pel(27)Mikrit	Ech-Str-Kor-Pel-packstone	
107	locker gepackter Str(42)Ech(42)Kor(16)Mikrit	Str-Ech-Kor-floatstone	
108	locker gepackter Ech(44)Str(24)Kor(22)Mikrit	Ech-Str-Kor-floatstone	
109	locker gepackter Ech(19)Bra(16)Gas(14)Pel(20)Mikrit	Ech-Bra-Gas-Pel-wacke/float(/grain/rud)stone	
110	locker/dicht gepackter Str(65)Kor(12)Ech(12)Mikrit	Str-Kor-Ech-float/rudstone	
111	locker gepackter Ech(50)Kor(34)Mikrit	Ech-Kor-floatstone	
112	locker/dicht gepackter Kor(42)Ech(28)Str(15)Mikrit	Kor-Ech-Str-floatstone	
113	locker gepackter Kor(44)Ech(23)Alg(13)Mikrit	Kor-Ech-Alg-wacke/floatstone	
114	dicht gepackter Str(39)Kor(20)Ech(9)Mikrit	Str-Kor-Ech-floatstone	
115	dicht gepackter Br(32)Ech(25)Kor(23)Mikrit	Bra-Ech-Kor-floatstone	
116	dicht gepackter Kor(22)Str(19)Ost(15)Dismikrit	Kor-Str-Ost-float(/pack)stone	
117	locker/dicht gepackter Bra(34)Kor(34)Str(20)Mikrit	Bra-Kor-Str-floatstone	
118	locker gepackter Str(50)Kor(31)Bra(11)Mikrit	Str-Kor-Bra-floatstone	
119	locker gepackter Kor(43)Bra(22)Ech(15)Mikrit	Kor-Bra-Ech-floatstone	
120	locker gepackter Ech(38)Bra(20)Kor(18)Mikrit	Ech-Bra-Kor-wacke/floatstone	
121	dicht gepackter Ech(31)Alg(15)Str(15)Pel(19)Mikrit	Ech-Alg-Str-Pel-float/rudstone	
122	dicht gepackter Kor(52)Str(26)Bra(15)Mikrit	Kor-Str-Bra-floatstone	
123	dicht gepackter Str(45)Ech(35)Bra(11)Mikrit	Str-Ech-Bra-floatstone	
124	locker gepackter Kor(62)Bra(8)Ech(8)Mikrit	Kor-floatstone	
125	locker gepackter Ech(40)Bra(25)Kor(25)Mikrit	Ech-Bra-Kor-floatstone	
126	dicht gepackter Kor(75)Str(15)Ech(10)Mikrit	Kor-Str-rudstone	
127	locker/dicht gepackter Kor(49)Ech(21)Str(16)Mikrit	Kor-Ech-Str-floatstone	
128	locker gepackter Kor(80)Bra(10)Pel(22)Mikrit	Kor-Bra-Pel-floatstone	
129	dicht gepackter Ech(76)Bra(10)Sparit	Ech-grainstone	(eventstone ?)
130	dicht gepackter Kor(87)Ech(13)Mikrit	Kor-floatstone (?-bafflestone)	
131	dicht gepackter Str(80)Bra(10)Ech(10)Mikrit	Str-Bra-Ech-"bindstone"	coverstone
132	locker gepackter Ech(48)Kor(24)Bra(8)Mikrit	Ech-Kor-Bra-wacke/floatstone	
133	Ech(80)Führender Mikrit	Ech-führender mudstone	

Profil	S T. P A N K R A Z E N		DUNHAM (1962) EMBRY & KLOVAN (1972)	TSIEN (1984) HÜSSNER (1985)
	FOLK (1959,1962)			
1	locker gepackter Ech(37)Bra(15)Ost(15)Mikrit		Ech-Bra-Ost-wackestone	
2	locker gepackter Ech(68)Str(8)Mikrit		Ech-Str-wacke/floatstone	
3				
4	Gas(35)Ech(28)Cal(27)Führender,verwühlter Mikrit		bioturbater mud/Gas-wackestone	
5				
6	Gas(84)?Onk(8)Führender Mikrit		mud/Gas-wackestone	
7	locker gepackter Str(40)Kor(40)Ech(20)Mikrit		Str-Kor-Ech-floatstone	
8	locker gepackter Ech(42)Kor(23)Str(9)Mikrit		Ech-Kor-wacke/floatstone	
9	locker gepackter Ech(78)Cal(7)Mikrit		Ech-wackestone	
10	Str(44)Bra(35)Führender Mikrit		(Str-Bra-führender) mudstone	
11	dicht gepackter Ech(45)Bra(20)Kor(15)Mikrit		Ech-Bra-Kor-floatstone	(eventstone ?)
12	Ech(18)Gas(15)Bra(15)Führender Mikrit		Ech-Gas-Bra-führender mud/wackestone	
13	locker gepackter Ech(75)Tri(25)Mikrit		Ech-Tri-wackestone	
14	locker gepackter Ech(65)Tri(10)Mikrit		Ech-wackestone	
15	dicht gepackter,verwühlter Bra(49)Ech(15)Gas(15)Pel(29)Mikrit		bioturbater Bra-Ech-Gas-floatstone	
16	locker gepackter Str(53)Kor(45)Mikrit		Str-Kor-floatstone	
17	lockergepackter Kor(36)Ech(27)Mikrit		Kor-Ech-floatstone	
18	locker gepackter Ech(58)Kor(27)Bra(15)Mikrit		Ech-Kor-Bra-floatstone	
19	locker gepackter Kor(49)Ech(45)Bra(6)Mikrit		Kor-Ech-floatstone	
20	locker gepackter Ech(75)Cal(10)Mikrit		Ech-wackestone	
21	dicht gepackter Bra(32)Kor(26)Ech(10)Mikrit			eventstone
22	dicht gepackter Bra(35)Kor(21)Gas(17)Mikrit(-Sparit)			eventstone
23	Kor(38)Ech(25)Str(20)Führender Mikrit		Kor-führender mudstone	
24	Ech(73)Führender Mikrit		Ech-führender mudstone	
25	schwach Biogen-führender Mikrit		mudstone	
26	Ech(73)Führender Mikrit		Ech-führender mudstone	
27	Ech(87)Führender Pel(52)Mikrit		Ech-führender mudstone/Pel-grainstone	
28	locker gepackter Ech(45)Gas(9)Cal(9)Mikrit		Ech-wackestone	
29	locker gepackter Ech(52)Kor(24)Cal(12)Mikrit		Ech-Kor-Cal-wacke/floatstone	
30	locker gepackter Bra(88)Gas(8)Ech(8)Mikrit		Bra-wacke/floatstone	
31	dicht gepackter Kor(86)Mikrit		Kor-float(/?baffle)stone	
32				
33	dicht gepackter Bra(75)Gas(5)Ech(5)Mikrit		Bra-rudstone	eventstone
34	dicht gepackter Bra(85)Ech(8)Gas(7)Mikrit		Bra-rudstone	eventstone
35	dicht gepackter Bra(45)Kor(29)Ech(13)Mikrit		Bra-Kor-float/rudstone	eventstone
36				
37	verwühlter,schwach Bra(80)Führender Mikrit		bioturbater mudstone	
38	Ech(100)Führender Mikrit		(ech-führender) mudstone	
39				
40	schwach Biogen-führender Pel(65)Mikrit		mud/Pel-wacke/grainstone	
41				
42	locker/dicht gepackter Kor(48)Ech(17)Bra(15)Mikrit		Kor-Ech-Bra-floatstone	
43				
44	Ech(80)Bra(10)Führender Mikrit		Ech-führender mudstone	
45				
46	locker gepackter Kor(70)Bra(10)Ech(10)Mikrit		Kor-floatstone	
47	locker gepackter Ech(85)Bra(15)Mikrit		Ech-Bra-wacke/floatstone	
48	locker gepackter Ech(65)Str(15)Mikrit		Ech-Str-floatstone	
49	locker gepackter Ech(49)Bra(25)Gas(9)Mikrit		Ech-Bra-wacke/floatstone	
50	locker gepackter Ech(94)Mikrit		Ech-wackestone	
51				
52	locker gepackter Kor(60)Ech(40)Mikrit		Kor-Ech-floatstone	
53				
54	locker gepackter Ech(52)Kor(32)Mikrit		Ech-Kor-floatstone	
55				
56	Ech(50)Bra(50)Führender Mikrit		(Ech-Bra-führender) mudstone	
57	locker gepackter Ech(30)Bra(10)Mikrit		Ech-Bra-floatstone	
58	dicht gepackter Kor(45)Str(35)Ech(12)?Mikrit		Kor-Str-Ech-float/packstone	
59				
60	dicht gepackter Bra(37)Kor(26)Ech(15)Mikrit		Bra-Kor-Ech-packstone	(eventstone?)
61	locker/dicht gepackter Bra(50)Kor(17)Str(10)Ech(10)Mikrit		Bra-Kor-float(/pack)stone	
62	locker/dicht gepackter Bra(25)Gas(21)Ech(20)Mikrit		Bra-Gas-Ech-floatstone	
63	locker/dicht gepackter Kor(30)Bra(20)Ech(20)Mikrit		Kor-Bra-Ech-floatstone	
64				
65	locker gepackter Ech(28)Kor(27)Bra(25)Mikrit		Ech-Kor-Bra-floatstone	
66				
67	locker gepackter Kor(35)Ech(35)Bra(20)Mikrit		oigenführender mudstone/Kor-Ech-Bra-floatstone	
68	Kor(39)Führender Mikrit		Kor-führender mudstone	
69				
70	locker gepackter Kor(67)Ech(21)Mikrit		Kor-Ech-floatstone	
71				

Profil T Y R N A U E R A L M			
FOLK (1959, 1962)		DUNHAM (1962) EMBRY & KLOVAN (1972)	TSIEN (1984) HÜSSNER (1985)
1	dicht gepackter Ech(70)Gas(10)Bra(10)Mikrit	Ech-Gas-Bra-wacke/float(grain/pack)stone	
2	locker gepackter Kor(44)Ech(37)Cal(10)Mikrit	Kor-Ech-floatstone	
3	dicht gepackter Ech(42)Bra(30)Cal(15)Mikrit	Ech-Bra-Cal-float/packstone	
4	dicht gepackter Ech(38)Bra(12)Cal(10)Mikrit	Ech-Bra-Cal-float/packstone	
5	dicht gepackter Str(35)Ech(27)Kor(19)Mikrit	Str-Ech-Kor-floatstone	
6	locker/dicht gepackter Ech(59)Ost(20)Cal(10)Mikrit	Ech-Ost-wackestone	
7	locker gepackter Ech(80)Bra(20)Mikrit	Ech-Bra-wacke/floatstone	
8	locker gepackter Kor(47)Str(18)Ech(15)Mikrit	Kor-Str-Ech-floatstone	
9	locker gepackter Ech(72)Mikrit	Ech-wackestone	
10	locker gepackter Ech(55)Kor(12)Cal(10)Mikrit	Ech-Kor-wacke(/float)stone	
11			
12	locker gepackter Kor(80)Ech(10)Pel(17)Mikrit	Kor-Pel-floatstone	
13	locker gepackter Ech(41)Kor(27)Str(12)Mikrit	Ech-Kor-Str-floatstone	
14	dicht gepackter Ech(45)Kor(12)Cal(10)Mikrit	Ech-Kor-floatstone	
15	dicht gepackter Ech(30)Kor(25)Bra(14)Pel(23)Mikrit	Ech-Kor-Bra-Pel-grain/packstone	
16	locker gepackter Bra(35)Ech(30)Kor(15)Dismikrit	Bra-Ech-Kor-floatstone	
17	(locker gepackter Kor(48)Bra(15)Ost(10)Mikrit	Kor-Bra-floatstone)	
18	locker gepackter Bra(46)Gas(35)Ech(9)Mikrit	Bra-Gas-wackestone	
19	Gas(80)Führender Mikrit	Gas-Führender mudstone	
20	???		
21	locker gepackter Ech(46)Bra(32)Gas(22)Mikrit	Ech-Bra-Gas-floatstone	
22	locker gepackter Ech(62)Ost(10)Mikrit	Ech-Ost-wackestone	
23	(locker gepackter Ech(48)Kor(15)Gas(15)Mikrit	Ech-Kor-Gas-wacke/floatstone)	
24	(locker gepackter Ech(65)Kor(12)Mikrit	Ech-Kor-wackestone)	
25			
26	locker gepackter Kor(39)Bra(25)Str(15)Mikrit	Kor-Bra-Str-floatstone	
27	???		
28	???		
29	'Sandstein'		
30	'Sandstein' tw. Pellet-reich		
31	'Sandstein'		
32	'Sandstein'		
33	'Sandstein'		
34			
35	'Sandstein'		
36	'Sandstein'		
37	dicht gepackter Ech(50)Bra(20)Gas(20)Mikrit	Ech-Bra-Gas-wacke/grainstone	
38			
39	'Sandstein'		
40			
41	locker gepackter Ech(70)Bra(20)Gas(10)Pel(65)Mikrit	Ech-Bra-Pel-(wacke/)floatstone	
42	'Sandstein'		
43	'Sandstein' stark Pellet-führend	(Pellet-grainstone)	
44	locker gepackter Ech(48)Kor(35)Bra(12)Pel(27)Mikrit	Ech-Kor-Bra-Pel-floatstone	
45	locker gepackter Ech(58)Bra(22)Mikrit	Ech-Bra-wacke/floatstone	
46	dicht gepackter Ech(78)Cal(8)Mikrit	Ech-wacke/grainstone	
47	locker/dicht gepackter Ech(65)Cal(10)Mikrit	Ech-wackestone	
48			
49	dicht gepackter Gas(55)Bra(20)Ech(20)Pel(-23)/Dis/Mikrit	Gas-Bra-Ech-floatstone	eventstone (?)
50	'Sandstein'		
51	'Sandstein'		
52	???		
53	???		
54	???		
55	'Sandstein'		
56	???		
57	???		
58	???		
59	???		
60			
61	locker gepackter Ech(44)Bra(25)Cal(11)Pel(37)Mikrit	Ech-Bra-(Cal)-Pel-floatstone	
62			
63	Ech(45)Führender Mikrit	Ech-Führender mudstone	
64	schwach Ech(80)Führender Mikrit	mudstone	
65	Str(50)Führender Mikrit	Str-Führender mudstone	
66	???		
67	???		
68	???		
69	'Sandstein'		
70	???		
71	???		
72	???		
73	locker gepackter Ech(55)Kor(15)Bra(10)Gas(10)(Dis)Mikrit	Ech-Kor-wacke/floatstone	
74	locker gepackter Kor(27)Bra(22)Ech(15)Gas(15)Mikrit	Kor-Bra-Ech-Gas-wacke/floatstone	

Profil K O L L E R K O G E L

	FOLK (1959,1962)	DUNHAM (1962) EMBRY & KLOVAN (1972)	TSIEN (1984) HÜSSNER (1985)
1			
2			
3	locker gepackter Ech(80)Bra(5)Str(5)Mikrit	Ech-wacke/floatstone	
4			
5	dicht gepackter Ech(72)Alg(10)Bra(5)Mikrit	Ech-Alg-floatstone	
6			
7	locker/dicht gepackter Ech(47)Kor(17)Gas(8)Mikrit	Ech-Kor-floatstone	
8	locker/dicht gepackter Ech(80)Mikrit	Ech-wackestone	
9			
0	locker gepackter Ech(70)Ost(18)Mikrit	Ech-Ost-mud/wackestone	
1	Ech(76)Führender Mikrit	mudstone	
2	locker gepackter Kor(40)Ech(14)Gas(8)Mikrit	Kor-Ech-floatstone	
3	Gas(36)Führender Mikrit	(Gas)-mudstone	
4	Bra(60)Führender Mikrit	(Bra)-mudstone	
5	dicht gepackter Kor(80)Ech(15)Mikrit	Kor-Ech-rudstone	eventstone (?)
6	locker gepackter Ech(60)Kor(10)Str(7)Dismikrit	Ech-Kor-floatstone	
7	locker gepackter Ech(60)Kor(14)Br(10)Mikrit	Ech-Kor-floatstone	
8	locker gepackter Ech(50)Kor(10)Mikrit	Ech-Kor-wacke/floatstone	
9			
0	locker gepackter Ech(80)Mikrit	Ech-wacke/floatstone	
1			
2	locker gepackter Ech(62)Kor(12)Bra(12)Mikrit	Ech-Kor-Bra-floatstone	
3	locker gepackter Ech(94)Mikrit	Ech-wackestone	
4	dicht gepackter Kor(40)Gas(27)Ech(12)Pel(27)Mikrit	Kor-Gas-Ech-Pel-float/rudstone	
5			
6	locker gepackter Str(80)Ech(20)Mikrit	(bindstone)	coverstone
7	locker/dicht gepackter Bra(58)Ech(23)Gas(12)Mikrit	Bra-Ech-Gas-floatstone	
8	locker gepackter Ech(40)Kor(28)Bra(20)Mikrit	Ech-Kor-Bra-floatstone	
9	locker gepackter, verwühlter Ech(95)Mikrit	bioturbater Ech-wackestone	
n			

Profil P I E R E R (TEICHALPE)

	FOLK (1959,1962)	DUNHAM (1962) EMBRY & KLOVAN (1972)	TSIEN (1984) HÜSSNER (1985)
1	locker/dicht gepackter Ech(78)Cal(16)Bra(4)Mikrit	Ech-Cal-wacke/floatstone	eventstone
2	locker gepackter Str(61)Ech(9)Cal(7)Mikrit	Str-floatstone (teilweise ?bafflestone)	
3	locker gepackter Str(46)Kor(22)Bra(12)Mikrit	Str-Kor-floatstone	eventstone ?
4	locker/dicht gepackter Str(34)Kor(15)Ech(13)Mikrit	Str-Kor-Ech-float/packstone	eventstone (?)
5	dicht gepackter Str(11)Kor(9)Ech(9)Mikrit	Str-Kor-Ech-float(/pack)stone	
6	locker/dicht gepackter Kor(30)Ech(30)Str(20)Mikrit	Kor-Ech-Str-(float/)packstone	(?eventstone)
7	locker gepackter Cal(72)Ech(11)Bra(5)Mikrit	Cal-Ech-wackestone	
8	locker gepackter Cal(50)Kor(17)Ech(14)Mikrit	Cal-Kor-Ech-wacke/floatstone	
9	locker/dicht gepackter Str(71)Ech(19)Cal(8)Mikrit	Str-Ech-floatstone	
10	locker/dicht gepackter Ech(65)Cal(32)Mikrit	Ech-Cal-wackestone	
11	dicht gepackter Kor(36)Ech(20)Gas(12)Pel(31)Mikrit	Kor-Ech-Gas-Pel-floatstone(zT.packstone)	
12	locker gepackter Str(81)Kor(15)Mikrit	Str-Kor-floatstone	
13			
14	dicht gepackter, verwühlter Biogen-Pel(12)Mikrit	bioturbater Pel-wacke(/grain)stone	
15	locker gepackter Kor(87)Str(10)Mikrit	Kor-Str-"boundstone"	coverstone
16	locker/dicht gepackter Gas(60)Str(30)Bra(8)Mikrit	Gas-Str-wackestone	
17			
18	dicht gepackter Ech(75)Kor(10)Str(10)Pel(21)Mikrit	Ech-Kor-Str-Pel-float(/pack)stone	
19			
20	dicht gepackter Ech(54)Kor(37)Bra(5)Pel(37)Mikrit	Ech-Kor-Pel-float(/pack)stone	
21	dicht gepackter Ech(52)Kor(13)Str(11)Mikrit	Ech-Kor-Str-wacke/floatstone	
22	locker gepackter Ech(70)Bra(21)Mikrit	Ech-Bra-wacke(/float)stone	
23	dicht gepackter Str(30)Ech(28)Kor(26)Pel(9)Mikrit	Str-Ech-Kor-Pel-float/mudstone	
24			
25			
26			
27	dicht gepackter Ech(92)Mikrit	Ech-wacke/grainstone	
28	dicht gepackter, verwühlter Ech(42)Str(28)Bra(18)Pel(27)Mikrit	bioturbater Ech-Str-Bra-Pel-floatstone	

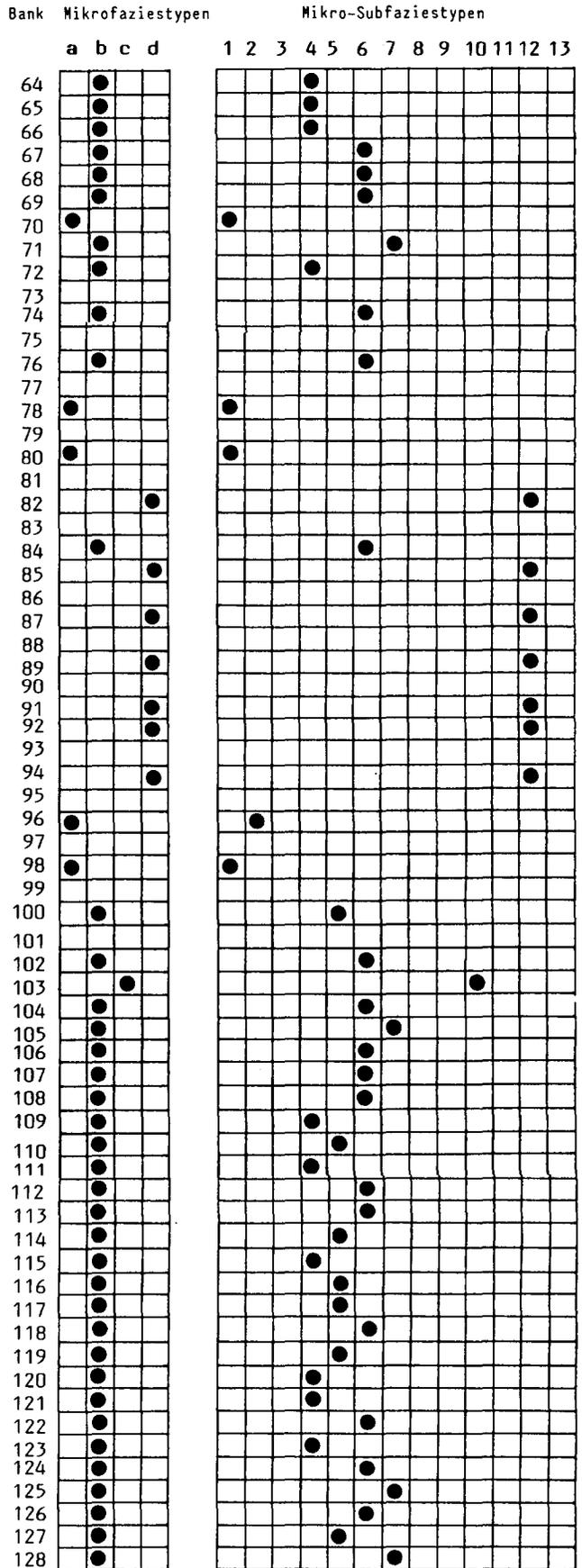
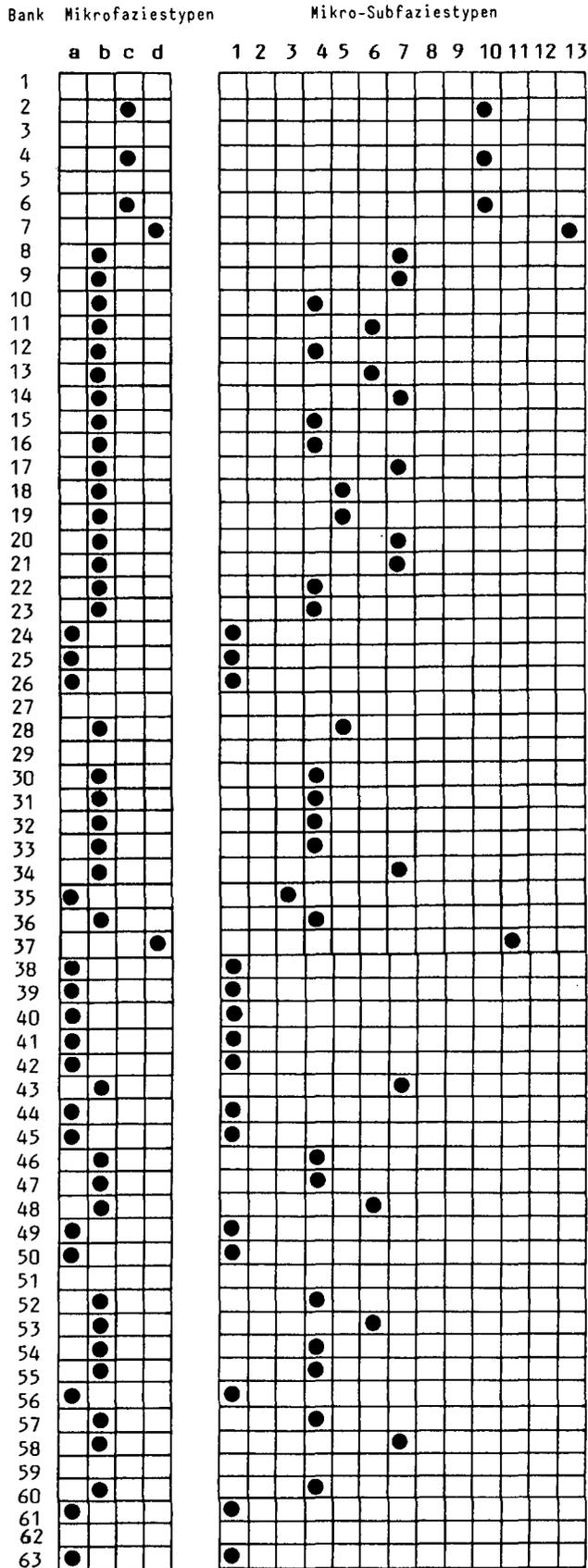
Tabelle 2.

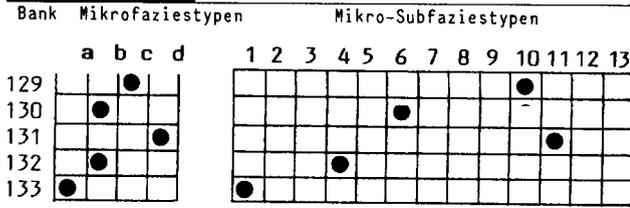
Auflistung der bankweisen Abfolge der Mikrofaziestypen und Mikrosubfaziestypen der Profile.

a = Niederenergetische Schlammfazies, b = Höherenergetische Schlammfazies, c = Hochenergetische Schuttfazies, d = „Riff“-Fazies.

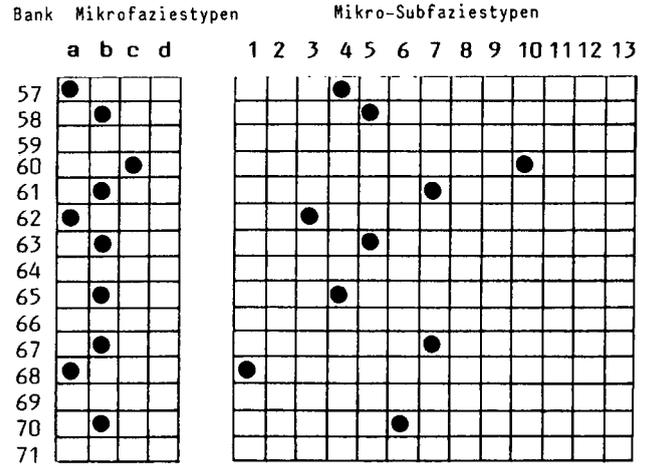
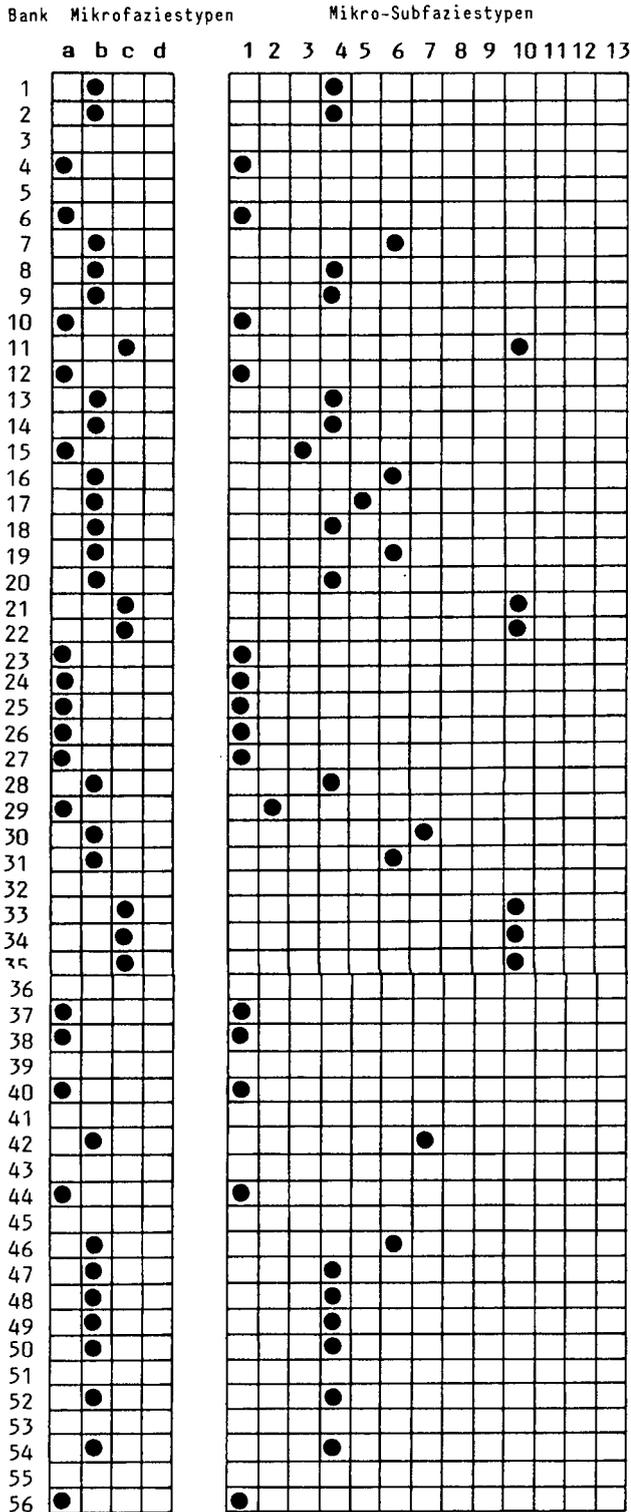
Weitere Erläuterungen auf Seite 451.

PROFIL FORSTWEG ATTEMS





PROFIL ST. PANKRAZEN



PROFIL TYRNAUER ALM

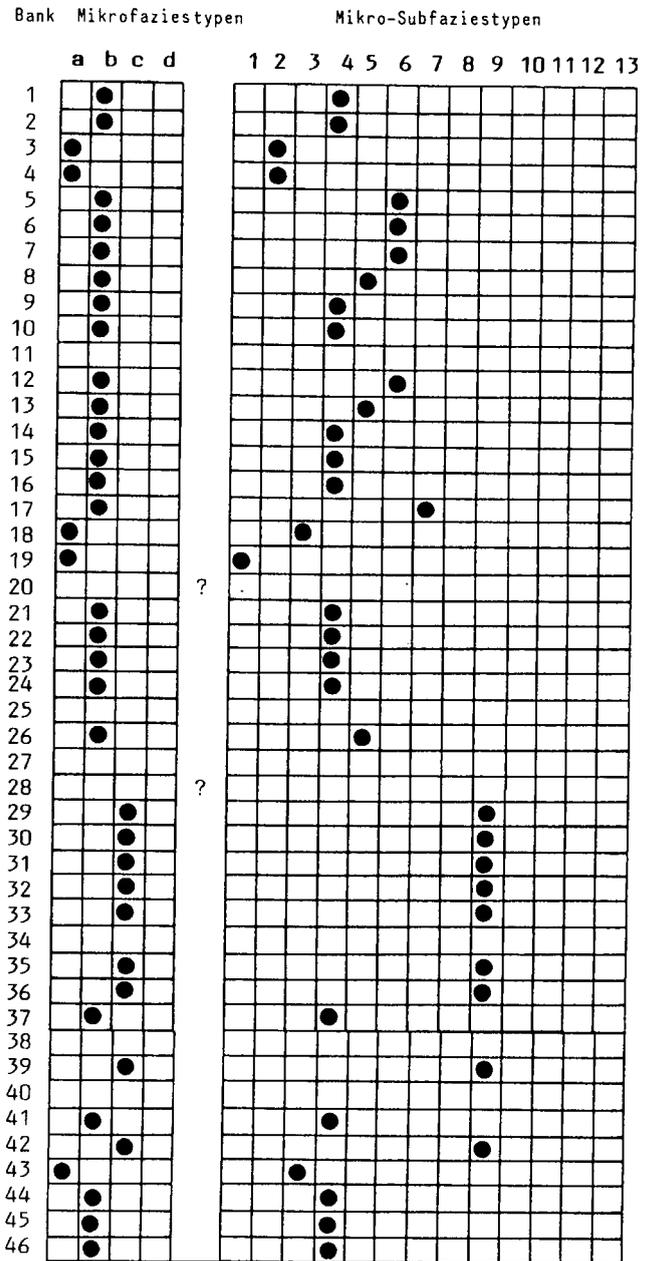
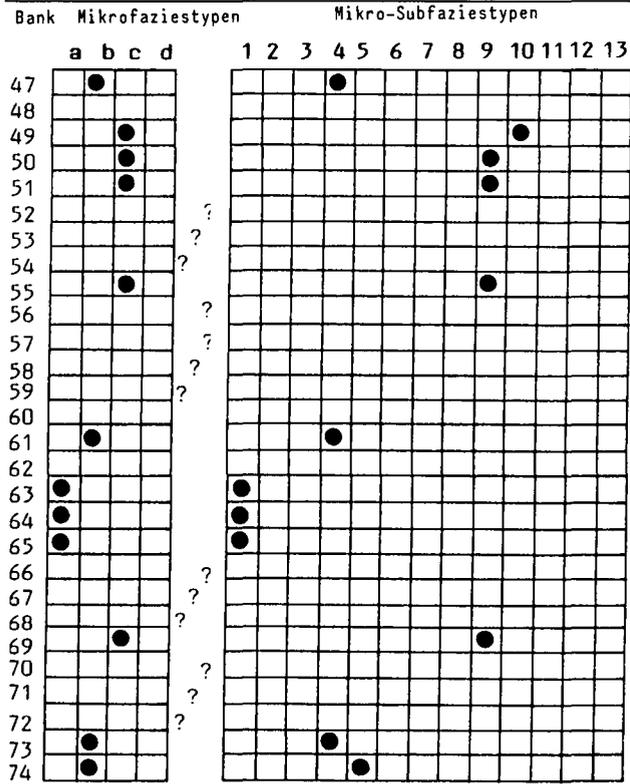
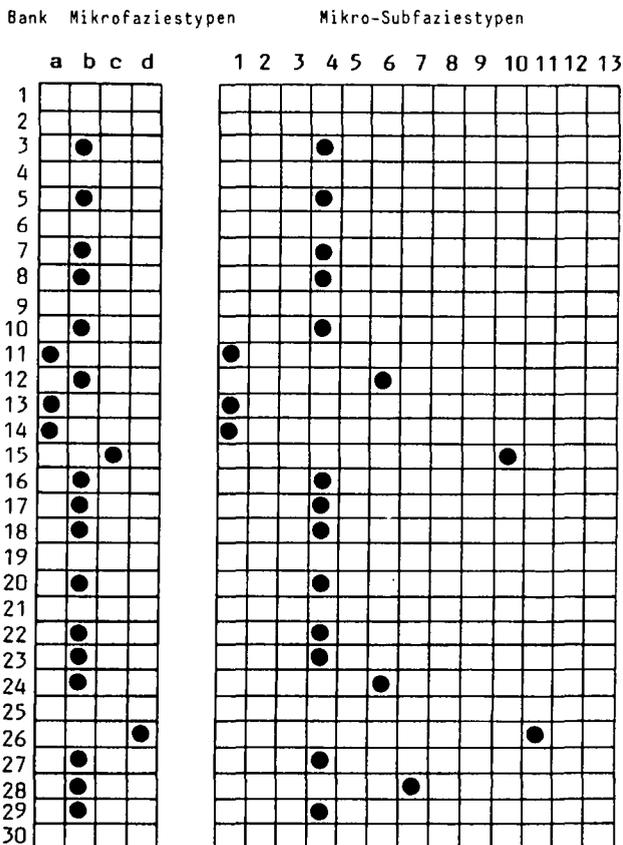


Tabelle 2 (Fortsetzung).

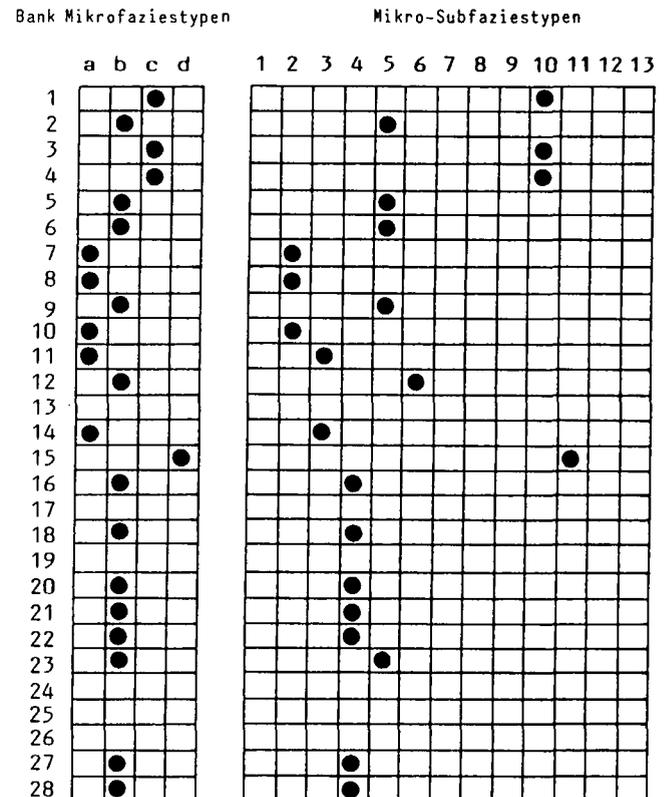


- 1 = Mudstone-Subfazies.
- 2 = Calcisphaeren-wackestone-Subfazies.
- 3 = Gastropoden-Pellet-wacke/grainstone-Subfazies.
- 4 = Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Subfazies.
- 5 = „Amphiporen“/„Thamnoporen“-floatstone-Subfazies.
- 6 = Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies.
- 7 = Brachiopoden-Korallen-floatstone-Subfazies.
- 8 = Crinoidenschutt-Subfazies.
- 9 = Grobsilt-Pellet-Subfazies.
- 10 = Eventstone-Subfazies.
- 11 = Coverstone-Subfazies.
- 12 = Algen-wacke/float bis bound(baffle)stone-Subfazies.
- 13 = Korallen-baffle(frame)stone-Subfazies.

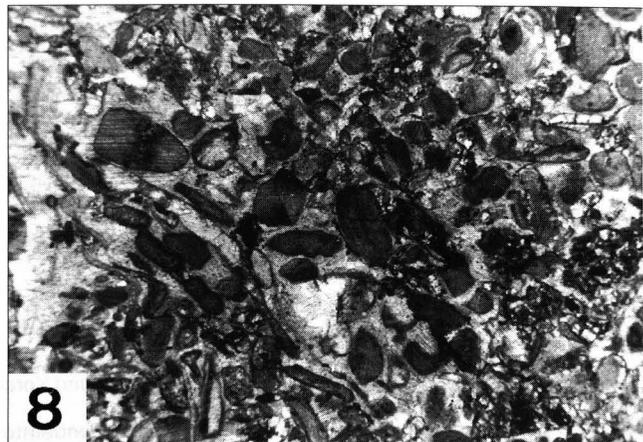
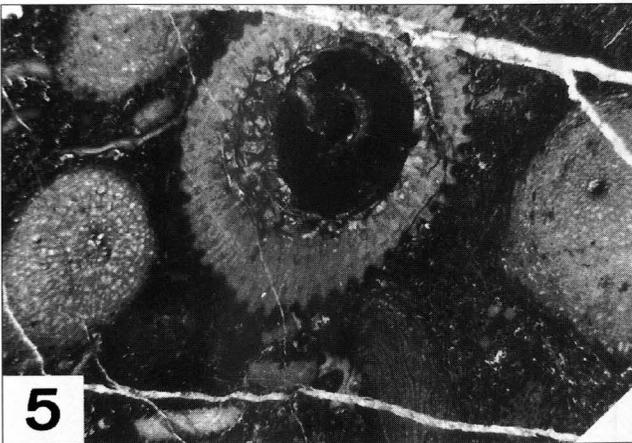
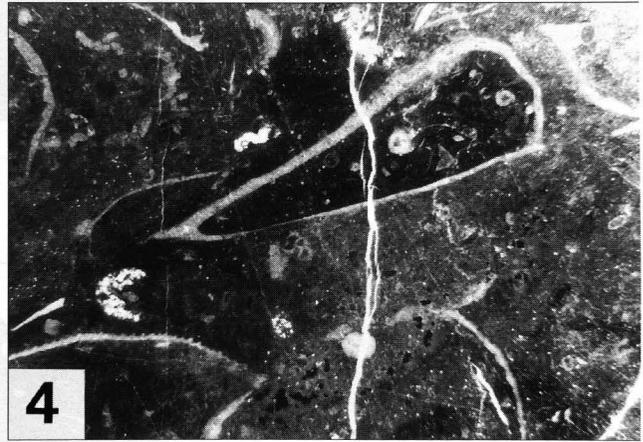
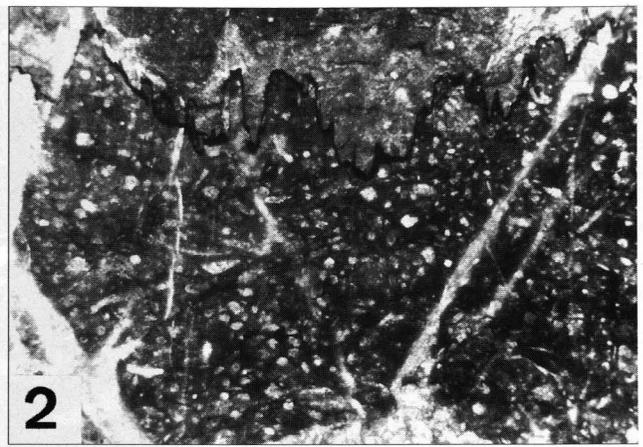
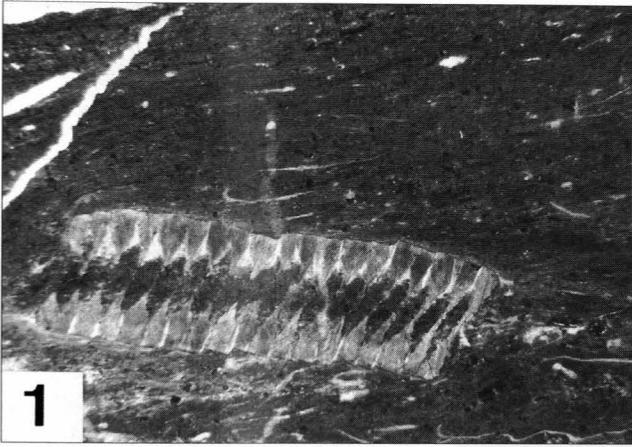
PROFIL KOLLERKOGEL



PROFIL PIERER



- Fig. 1: **Mudstone-Subfazies. Im Verband befindliche Columnalia.**
 Lokalität: Plabutschbohrung II/3B, Schliff ii/3B 5/2.
 Vergrößerung: 3,5 ×.
- Fig. 2: **Calcisphaeren-wackestone-Subfazies.**
 Lokalität: Aufschluß Pierer/Teichalpe, Schliff TP 5.
 Vergrößerung: 12,6 ×.
- Fig. 3: **Gastropoden-Pellet-wacke/grainstone-Subfazies.**
 Lokalität: Profil Tyrnaueralm, Bank 49.
 Vergrößerung: 6,7 ×.
- Fig. 4: **Crinoiden-Brachiopoden-wacke/floatstone-Subfazies.**
 Dünnschalige Brachiopoden mit (radialer) Berippung (*Chonetes* ?).
 Lokalität: Forstweg Attems, Bank 8.
 Vergrößerung: 3,5 ×.
- Fig. 5: **„Amphiporen“-„Thamnoporen“-floatstone-Subfazies.**
 Bildmitte: *Thamnophyllum* sp. mit postmortalem Aufwuchs im Kelchinneren.
 Lokalität: Aufschluß Pierer/Teichalpe Schliff TP 23.
 Vergrößerung: 3,5 ×.
- Fig. 6: **Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies.**
 In Bildmitte wächst eine lamellare Stromatopore (*Actinostroma* sp.) auf eine dendroide tabulate Koralle auf, die als Hartsubstrat fungiert.
 Lokalität: Pierer/Teichalpe Schliff TP 10.
 Vergrößerung: 3,5 ×.
- Fig. 7: **Brachiopoden-Korallen-floatstone-Subfazies.**
 Charakteristisch sind dickschalige, impunctate Brachiopoden (Typ *Pentamerus*).
 Lokalität: Profil St. Pankrazen, Bank 60.
 Vergrößerung: 3,5 ×.
- Fig. 8: **Crinoiden-Schutt-Subfazies.**
 Lokalität: Tyrnaueralmforststraße, Sh=1220 m, Schliff Ts 5.
 Vergrößerung: 13,3 ×.



Tafel 2

Fig. 1: Grobsilt-Pellet-Subfazies.

Lokalität: Profil Tyrnaueralm, Bank 34.
Vergrößerung: 3,5 X.

Fig. 2: Eventstone (Tempestit)-Subfazies.

Lokalität: Profil St. Pankrazen, Bank 22.
Vergrößerung: 3,5 X.

Fig. 3: Algen-(float)/bafflestone-Subfazies.

Verschiedenste Schnittlagen durch Thalli von *Pseudopalaeoporella lummatonensis* (ELLIOTT, 1961).
Lokalität: Forstweg Attems Schliff A39.
Vergrößerung: 10,7 X.

Fig. 4: Korallen-frame/bafflestone-Subfazies.

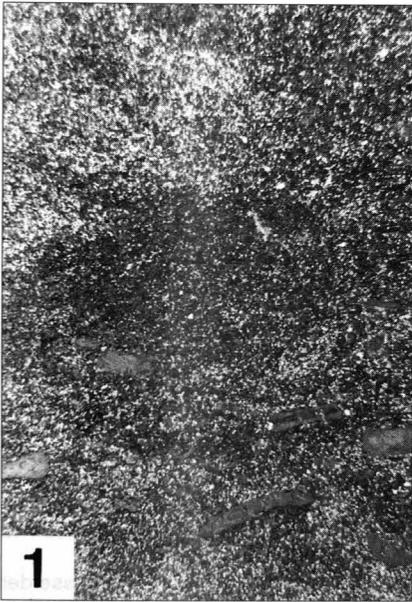
Auloporida-Kolonie.
Lokalität: Madersberg (Thalergraben), Schliff M 4.
Vergrößerung: 3,5 X.

Fig. 5: Coverstone-Subfazies.

Gegenüberstellung von coverstone-Subfazies (A) und Korallen-Stromatoporen-floatstone-Subfazies (B).
Lokalität: beide Plabutschbohrung II/3B.

Weiß: Biogene; schwarz: Matrix (und feinsten Biogendetritus).

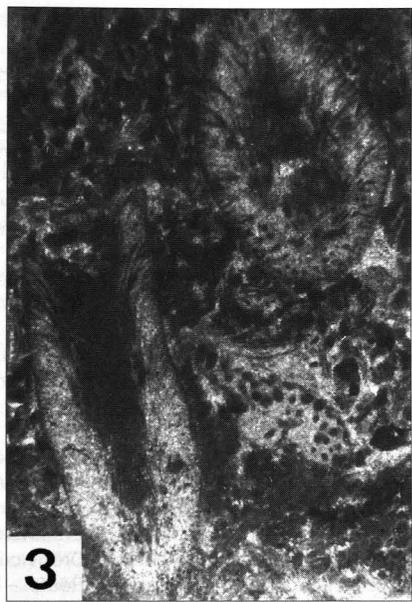
he = Helioliten, r = Rugosa, s = Schalenbruch (Brachiopoden), t = Thamnoporen, unbezeichnet in weiß = Stromatoporen.



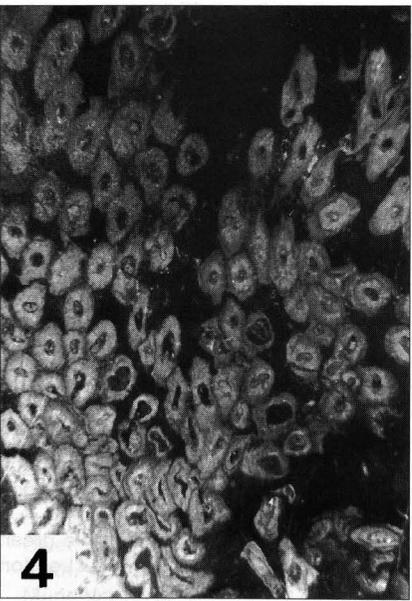
1



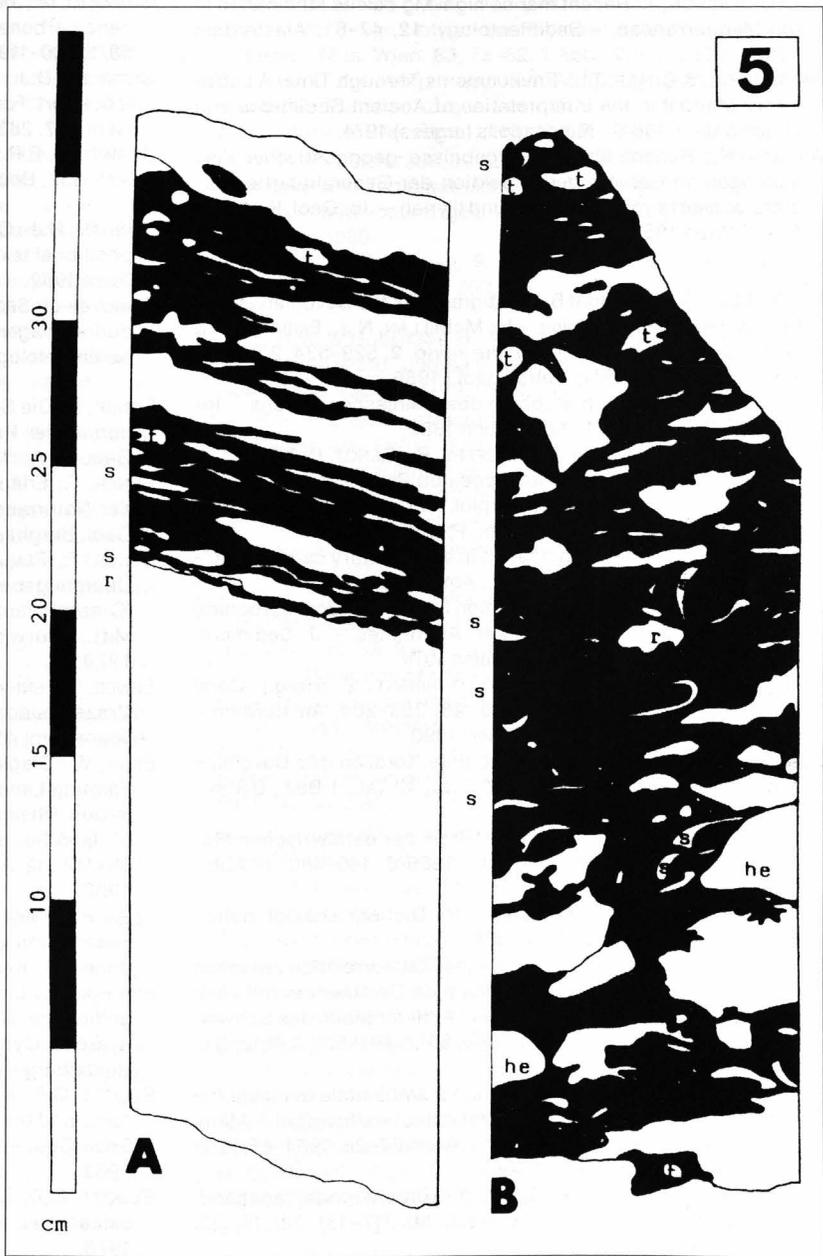
2



3



4



5

A

B

cm

Literatur

- ABBOT, B.M.: Terminology of Stromatoporida Shapes. – *J. Paleont.*, **47**, 805–806, 1 Taf., Tulsa 1973.
- AGER, D.V.: Storm deposits in the Jurassic of the Moroccan High Atlas. – *Palaeogeograph., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **15**, 83–93, 4 Abb., Amsterdam 1974.
- AIGNER, T.: Schill-Tempestite im oberen Muschelkalk (Trias, SW-Deutschland). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **157**, 326–343, 7 Abb., Stuttgart 1979.
- AIGNER, T.: Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M. Trias), South German Basin. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **169/2**, 127–159, 14 Abb., Stuttgart 1984.
- AIGNER, T.: Storm Depositional Systems. Dynamic Stratigraphy in Modern and Ancient Shallow-Marine Sequences. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, 174 S., 83 Abb., Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo (Springer) 1985.
- AIGNER, T. & FUTTERER, E.: Kalk-Töpfe und -Rinnen (pot and gutter casts) im Muschelkalk – Anzeiger für Wattenmeer?. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **156/3**, 285–304, 10 Abb., Stuttgart 1978.
- ALBERSTADT, L.P., WALKER, K.R. & ZURAWSKI, R.P.: Patch Reefs in the Carter Limestone (Middle Ordovician) In Tennessee and Vertical Zonation in Ordovician Reefs. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **83/2**, 1171–1182, Boulder 1974.
- ALEXANDERSSON, T.: Recent marine high-Mg calcite lithification in the Mediterranean. – *Sedimentology*, **12**, 47–61, Amsterdam 1969.
- ANSTEY, R.L. & CHASE, T.L.: Environments Through Time. A Laboratory Manual in the Interpretation of Ancient Sediments and Organisms. – 136 S., Minneapolis (urgess) 1974.
- ANDRAE, K.: Bericht über die Ergebnisse geognostischer Forschungen im Gebiete der 9. Sektion der Generalquartiermeisterstabkarte von Steiermark und Illyrien. – *Jb. Geol. R.-Anst.*, **5**, 437, Wien 1854.
- BAI, Z. & BAI, S.: Conodont Biostratigraphy of the Devonian Zdimir from Bahe, Guangxi, China. – In: McMILLAN, N.J., EMBRY, A.F. & GASS, D.J. (Eds.): *Devonian of the world*, **2**, 529–534, 2 Abb., 1 Taf., Calgary (Can. Soc. Petrol. geol.) 1988.
- BARGATZKY, A.: Die Stromatoporen des rheinischen Devons. – *Inaugural-Diss.*, 76 S., 11 Abb., Bonn 1881.
- BASSOULLET, J.P., BERNIER, P., DELOFFRE, R., GENOT, P., PONCET, J. & ROUX, A.: Les Algues Udoteacees du Paleozoique au Cenozoique. – *Bull. Centres Rech. Explor. – Prod. Elf Aquitaine*, **7/2**, 449–621, 16 Taf., 13 Abb., 13 Tab., Pau 1983.
- BATHURST, R.G.C.: Depth indicators in sedimentary carbonates. – *Marine Geol.*, **5**, 447–471, 4 Tab., Amsterdam 1967.
- BENCINI, A. & TURI, A.: Mn-Distribution in the Mesozoic carbonate rocks from Lima Valley, Northern Apennines. – *J. Sediment. Petrol.*, **44/3**, 774–782, 2 Abb., Tulsa 1974.
- BERNER, T.: Coral-reef algae. – In: DUBINSKY, Z. (Hrsg.): *Coral Reefs, Ecosystems of the world*, **25**, 253–264, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo (Elsevier) 1990.
- BIRENHEIDE, R.: Chaetetida und tabulate Korallen des Devons. – *Leitfossilien* **3**, 249S., 87 Abb., 2 Tab., 42 Taf., 1 Beil., Berlin – Stuttgart (Borntraeger) 1985.
- BLIND, W.: Dolomit in Lithothamnien-Kalk der ostbayrischen Molasse. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **1965/8**, 460–480, 12 Abb., Stuttgart 1965.
- BLAINVILLE, H.M.D. DE: Zoophytes. – In: *Dictionnaire Sci. natur.*, **60**, 546 S., Strasbourg-Paris 1830.
- BOLLINGER, W. & BURRI, P.: Versuch einer Zeitkorrelation zwischen Plattformcarbonaten und tiefermarinen Sedimenten mit Hilfe von Quarz-Feldspät-Schüttungen (mittlerer Malm des Schweizer Jura). – *Eclologiae geol. Helvetiae*, **60/2**, 491–507, 4 Abb., Basel 1967.
- BOSELLINI, A.: Sul significato genetico e ambientale di alcuni tipi di rocce calcaree in base alle piu recenti classificazioni. – *Mem. Mus. Soria Nat. Venezia Tridentina*, Anno 27–28, 1964–65, **15/2**, 1–58, 6 Abb., 8 Taf., Trento 1964.
- BOUCOT, A. & SIEHL, A.: *Zdimir BARRANDE* (Brachiopoda) redefined. – *Notizbl. hess. Landesamt. Bodenf.*, **80**, 117–131, Taf. 15–20, Wiesbaden 1962.
- BROSCH, F.J., KLIMA, K. & PÖLSER, P.: Baugeologische Erfahrungen beim Ausbruch des Plabutschunnel-Sondierstollens der A9 Pyrhautobahn. – *Felsbau* **2/3**, 151–165, 16 Abb., Essen 1984.
- BURCHETTE, T.P.: European Devonian Reefs: A Review of Current Concepts and Models. – In: TOOMEY, D.F. (Ed.): *European Fossil Reef Models*, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., **30**, 85–142, 24 Abb., Tulsa 1981.
- CARLS, P. & GANDL, J.: Stratigraphie und Conodonten des Unterdevons der östlichen Iberischen Ketten (NE-Spanien). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **132**, 155–218, 3 Abb., 20 Taf., Stuttgart 1969.
- CHATTERTON, B.D.E.: Distribution and paleoecology of Eifelian and early Givetian conodonts from Western and Northwestern Canada. – In: BARNES, C.R. (Ed.): *Conodont Paleoecology*, Spec. Pap. Assoc. Can., **15**, 143–157, Toronto 1976.
- CHILINGAR, G.V., BISSELL, H.J. & WOLF, K.H.: Diagenesis of carbonate rocks. – *Developm. Sedimentol.*, **8**, 179–322, 21 Abb., 12 Tab., Amsterdam-Oxford-New York (Elsevier) 1967.
- CLAR, C.: Kurze Übersicht der geotektonischen Verhältnisse der Grazer Devonformation. – *Verh. Geol. R.-A.*, **62–65**, Wien 1874.
- CONIGLIO, M., JAMES, N.P. & AISSAOUI, D.M.: Dolomitization of miocene carbonates, Gulf of Suez, Egypt. – *J. Sediment. Petrol.*, **58/1**, 100–119, 16 Abb., Tulsa 1988.
- CROWLEY, D.J.: Middle Silurian patch reefs in Gasport Member (Lockport Formation), New York. – *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **57**, 283–300, Tulsa 1973.
- CUMMINGS, E.R.: Reefs or Bioherms? – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **43**, 331–352, Boulder 1932.
- DUNHAM, R.J.: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – *Mem. Amer. Ass. Geol.*, **1**, 108–121, 7 Taf., Tulsa 1962.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. – *Sedimentology*, **15**, 281–346, Amsterdam 1970.
- EBNER, F.: Die Schichtfolge an der Wende Unterkarbon Oberkarbon in der Rannachfazies des Grazer Paläozoikums. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1976**, 65–93, 3 Abb., 4 Tab., 3 Taf., Wien 1983.
- EBNER, F.: Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1:50.000 der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murtal". – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **29**, 99–131, Wien 1983.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L.: Die Schichtfolge im Übergangsbereich Rannach-Fazies – Hochlantsch-Fazies (Grazer Paläozoikum) im Raume St. Pankrazen – Großstübing. – *Mitt. naturwiss. Ver. Stmk.*, **109**, 85–95, 2 Abb., 5 Tab., Graz 1979.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L.: Die Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. Abt. Geol. Bergbau Landesmus. Joanneum*, **41**, 49–65, 4 Abb., 1 Tab., Graz 1979.
- EDER, W.: Diagenetic Redistribution of Carbonate, a Process in Forming Limestone-Marl Alternations (Devonian and Carboniferous, Rheinisches Schiefergebirge, W. Germany). – In: EINSELE, G. & SEILBACHER, A. (Eds.): *Cyclic and Event Stratification*, 98–112, 12 Abb., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1982.
- EDER, F.W., MEISCHNER, D. & WEDEPOHL, K.H.: Erhaltung hoher Sr-Werte in mitteldevonischem Riffdetritus. – 1. Treffen dtSpr. Sedimentol., Kurzf., S. 34, Freiburg 1986.
- EINSELE, G.: Limestone-Marl Cycles (Periodites): Diagnosis Significance, Causes – a Review. – In: EINSELE, G. & SEILBACHER, A. (Eds.): *Cyclic and Event Stratification*, 8–53, 14 Abb., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1982.
- ELLIOTT, G.F.: A new British Devonian alga, *Palaeoporella lummatonensis* and the brachiopod evidence of the age of the Lummaton Shell-Bed. – *Proc. Geol. Ass.*, **72/2**, 251–259, 2 Taf., London 1961.
- ELLIOTT, G.F.: Ecological significance of post-Palaeozoic green calcareous algae. – *Geol. Mag.*, **115/6**, 437–442, London 1978.

- ELLIOTT, G.F.: Influence of organic reefs on the evolution of post-Palaeozoic algae. – *Geol. Mag.*, **116/5**, 375–383, London 1979.
- ELLIOTT, G.F.: Modern developments in the classification of some fossil green algae. – In: IRVINE, D.E.G. & JOHN, D.M. (Hrsg.): *Systematics of the Green Algae*, 297–302, New York – London (Academic Press) 1984.
- EMBRY, A. & KLOVAN, J.E.: Absolute water depth limits of late Devonian paleoecological zones. – *Geol. Rdsch.*, **61**, 672–686, 10 Abb., Stuttgart 1972.
- ENDEAN, R.: Destruction and recovery of coral reef communities. – In: JONES, O.A. & ENDEAN, R. (Eds.): *Biology and Geology of Coral Reefs*, 215–255, New York (Academic Press) 1976.
- ENGELHARDT, W.: Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. – *Sediment-Petrologie*, **3**, 378 S., 75 Abb., 16 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1972.
- EPSTEIN, C.M.: Brachiopod shell morphology and its relationship to environment: a Q-mode factor analysis of the Helderberg Group (Lower Devonian) of New York. – *Geol. Soc. Amer. Abstr. Meeting*, S. 206, Lexington 1970.
- FABER, P.: Fazies-Gliederung und -Entwicklung im Mittel-Devon der Eifel (Rheinisches Schiefergebirge). – *Mainzer Geowiss. Mitt.*, **8**, 83–149, 31 Abb., 2 Tab., Mainz 1980.
- FAGERSTROM, J.A.: Diversity, Speciation, Endemism and Extinction in Devonian reef and level-bottom communities, eastern North America. – *Coral Reefs*, **2**, 65–70, Heidelberg – Berlin (Springer) 1983.
- FAGERSTROM, J.A.: *The Evolution of Reef Communities*. – 600 S., 51 Taf., New York – Chichester etc., (J. Wiley) 1983.
- FENNINGER, A.: Forstaufschließungsweg Attems. – In: FLÜGEL, H.W. (Ed.): *Das Paläozoikum von Graz, Exkursionsf.*, 42. Jahresvers., Paläont. Ges., 134–136, Graz 1972.
- FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L.: Die Genese der Dolomitsandstein-Folge des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **69/1976**, 109–162, 11 Abb., 8 Tab., 10 Taf., Wien 1968.
- FISCHBUCH, N.R.: Stratigraphy, Devonian Swan Hills reef complex of central Alberta. – *Bull. Can. Petrol. Geol.*, **16**, 446–587, Calgary 1968.
- FISCHBUCH, N.R.: Amphipora and Euryamphipora (Stromatoporida) from the Devonian of Western Canada. – *Palaeontology*, **13**, 64–75, 2 Abb., Taf. 14–17, London 1969.
- FLAJS, G.: Skeletal structure of some calcifying algae. – In: FLÜGEL, E. (Hrsg.): *Fossil algae. Recent Results and Developments*, 225–231, Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1977 a.
- FLAJS, G.: Die Ultrastrukturen des Kalkalgenskeletts. – *Palaeontogr. B*, **160/4–6**, 62–128, Stuttgart 1977 b.
- FLICK, H. & SCHMIDT, J.: Eine Vulkaninsel mit Saumriff im Devon des südlichen Rheinischen Schiefergebirges. – *Facies*, **17**, 67–72, 1 Abb., Erlangen 1987.
- FLÜGEL, E.: Die paläozoischen Stromatoporen-Faunen der Ostalpen. Verbreitung und Stratigraphie. – *Jb. Geol. B.-A.*, **101**, 167–186, Wien 1958.
- FLÜGEL, E.: Fossile Hydrozoen – Kenntnisstand und Probleme. – *Paläont. Z.*, **49/4**, 369–406, 13 Abb., Stuttgart 1975.
- FLÜGEL, E.: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. – 454 S., 68 Abb., 57 Tab., 33 Taf., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1978.
- FLÜGEL, E.: Microfacies Analysis of Limestones. – 633 S., 78 Abb., 58 Tab., 53 Taf., Berlin-Heidelberg-New York (Springer) 1982.
- FLÜGEL, E. & HÖTZL, H.: Foraminiferen, Calcisphaeren und Kalkalgen (Givet) von Letmathe im Sauerland. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **137/3**, 358–395, 5 Abb., 16 Tab., Stuttgart.
- FLÜGEL, E., HOMANN, W. & TIETZ, G.-F. (1971): Litho- und Biofazies eines Detailprofiles in den Oberen Pseudoschwagerinenschichten (Unter-Perm) der Karnischen Alpen. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1971/1**, 10–42, 6 Abb., 4 Tab., Wien 1971.
- FLÜGEL, E. & HÖTZL, H.: Palökologische und statistische Untersuchungen in mitteldevonischen Schelf-Kalken (Schwelmer Kalk, Givet; Rheinisches Schiefergebirge). – *Bayr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abh.*, N.F. **156**, 70 S., 29 Abb., 17 Tab., München 1976.
- FLÜGEL, H.W.: 140 Jahre geologische Forschung im Grazer Paläozoikum. – *Mitt. naturwiss. Ver. Stmk.*, **88**, 51–78, Graz 1958 a.
- FLÜGEL, H.W.: In: MAURIN, V. & FLÜGEL, H.W.: Aufnahme 1957 auf Blatt „Grazer Bergland“ 1:100.000. – *Verh. Geol. B.-A.*, **223–226**, Wien 1958 b.
- FLÜGEL, H.W.: Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes, 1:100.000. – *Geol. B.-A.*, Wien 1960.
- FLÜGEL, H.W.: Die Geologie des Grazer Berglandes. 1. Aufl. – *Mitt. Abt. Geol. Joanneum*, **23**, 212 S., Graz 1961.
- FLÜGEL, H.W.: Barrandei-Kalk. – In: KÜHN, O.: *Autriche*; In: PRUVOST, P. (Ed.): *Europe, Lexique Stratigr. internat.*, **1/8**, 646 S., Paris 1962.
- FLÜGEL, H.W.: Some notes on the insoluble residues in limestones. – In: MÜLLER, G. & FRIEDMANN, G. (Eds.): *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, 46–54, 2 Abb., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1968.
- FLÜGEL, H.W.: Das Paläozoikum von Graz. – In: FLÜGEL, H.W. (Ed.): *Ex.-Führer 42. Jahresvers., Paläont. Ges.*, 239 S., Graz 1972.
- FLÜGEL, H.W.: Die Geologie des Grazer Berglandes. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, 2. Neubearb. Aufl., Sh **1**, 288 S., Graz 1975.
- FLÜGEL, H.W.: *Caceola sandalina* aus den Hubenhalt-Kalken der Teichalpe (Grazer Paläozoikum, Eifelium). – *Mitt. naturwiss. Ver. Stmk.*, **110**, 57–58, 1 Taf., Graz 1980 a.
- FLÜGEL, H.W.: Einige Notizen zur Phylogenie der Rugosa. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **83**, 73–82, 1 Abb., Wien 1980 b.
- FLÜGEL, H.W.: Zur neogen-quartären Morphogenese und Verkärstung des Plabutschuges westlich von Graz (Steiermark). – *Mitt. naturwiss. Ver. Stmk.*, **113**, 15–23, 1 Abb., Graz 1983.
- FLÜGEL, H.W., MAURITSCH, H.J., HEINZ, H. & FRANK, W.: Paläomagnetische und radiometrische Daten aus dem Grazer Paläozoikum. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **71/72**, 201–211, 5 Abb., 1 Tab., Wien 1980.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Steiermark 1:200.000. – 127 S., Wien (Geol.B.-A.) 1984.
- FLÜGEL, H.W. & HUBMANN, B.: Paläontologie und Plattentektonik am Beispiel proto- und paläotethyder Korallenfaunen. – *Jahrb. Geol. B.-A.*, **136/1**, 27–39, 9 Abb., Wien 1993.
- FOLK, R.L.: Practical petrographic classification of limestones. – *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **43**, 1–38, Tulsa 1959.
- FOLK, R.L.: Spectral subdivision of limestone types. – *Amer. Ass. Petrol., Geol. Mem.*, **1**, 62–84, 7 Abb., 1 Taf., Tulsa 1962.
- FOLK, R.L.: Some Aspects of Recrystallisation in Ancient Limestones. – *Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ.* **13**, 14–18, 14 Abb., Tulsa 1965.
- FOLK, R.L.: The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesium content and salinity. – *J. Sediment. Petrol.*, **44/1**, 40–53, 9 Abb., 1 Tab., Tulsa 1974.
- FOLK, R.L.: Detection of organic matter in thin-sections of carbonate rocks using a white card. – *Sediment. Geol.*, **54**, 193–200, 3 Abb., 1 Tab., Amsterdam 1987.
- FOLK, R.L. & LAND, L.S.: Mg/Ca ratio and salinity: Two controls over crystallization of dolomite. – *Amer. Ass. Petrol., Geol. Bull.*, **59/1**, 60–68, 2 Abb., Tulsa 1975.
- FRECH, F.: Über das Devon der Ostalpen. – *Z. dt. geol. Ges.*, **39**, 659–738, Berlin 1887.
- FREY, M.: A Mixed-Layer Paragonite/Phengite of Low-Grade Metamorphic Origin. – *Contr. Miner. Petrol.*, **24**, 63–65, 1 Abb., 1 Tab., Berlin – Heidelberg 1969 a.
- FREY, M.: Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmanier-Gebiet (Veränderungen tonig-mergeliger Gesteine vom Bereich der Diagenese bis zur Staurolith-Zone). – *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.*, **137**, 160 S., Zürich 1969 b.
- FREY, M.: Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. – In: FREY, M. (Ed.): *Low temperature metamorphism*, 351 S., Glasgow – London (Blackie) 1987 a.
- FREY, M.: The reaction-isograd kaolinite + quartz = pyrophyllite + H₂O, Helvetic Alps, Switzerland. – *Schweiz. miner. petrogr. Mitt.*, **67**, 1–11, 4 Abb., 1 Tab., Zürich 1987 b.
- FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E.: *Principles of Sedimentology*. – 792 S., New York etc. (Wiley & sons) 1978.

- FRITZ, H.: Zur Geologie des nordöstlichen Grazer Paläozoikums (im Bereich Schartnerkogel – Parmaseggkogel). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 209 S., Graz 1986.
- FRITZ, H. & NEUBAUER, F.: Geodynamic aspects of the Silurian and early Devonian Sedimentation in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **68**, 359–367, 7 Abb., Zürich 1988.
- FRITZ, H. & NEUBAUER, F.: „Grazer Paläozoikum“. – Exk.-Führer, TSK III, 3. Symp. Tektonik, Strukturgeol. Kristallingeol., 24 S., Graz 1990.
- FÜCHTBAUER, H.: Transportvorgänge und Sedimentstrukturen. – In: FÜCHTBAUER, H. (Hrsg.): Sedimente und Sedimentgesteine. Sedimentpetrologie Teil II., 779–862, Stuttgart (Schweizerbart) 1988.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sedimente und Sedimentgesteine (3. Aufl.). – 748S., Stuttgart (Schweizerbart) 1977.
- GALLI, G.: Depositional Environments in the Devonian Limestone Succession of the Cima Ombladet (Carnic Alps, Italy). – Facies, **12**, 97–112, 5 Abb., Taf. 9–10, Erlangen 1985.
- GERMANN, K.: Ablauf und Ausmaß diagenetischer Veränderungen im Wettersteinkalk (alpine Trias). – Diss. Univ. München, 122 S., 17 Taf., München 1966.
- GINSBURG, R.N.: Environmental relationships of grain size and constituent particles in some South Florida carbonate grains. – Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. **40**, 2384–2417, Tulsa 1956.
- GINSBURG, R., REZAK, R., & WRAY, J.L.: Geology of Calcareous Algae. Notes for a Short Course. – Sedimenta, **1**, 78 S., Univ. Miami, Lab. Marine Geol. Geophys., Miami 1972.
- GIPFNER, J.: Chemisch-petrographische Untersuchungen an Ostalpengesteinen. Ein Betrag zur Kenntnis der Beziehungen heteromorpher Gesteine. – 164 S., Unveröff. Diss. Univ. Graz (verschollen) 1940.
- GOLLNER, H.: Geologie des Hochlantschstockes. – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 251 S., Graz 1983.
- GOSSELET, J.: Le calcaire Dévonien Supérieur dans le nord-est de l'arrondissement d'Avesnes. – Ann. Soc. géol. Nord, **4**, 238–320, 1 Abb., Taf. 3–4, Lille 1878.
- GROVER, G. & READ, J.E.: Paleoquifer and deep burial related cements defined by regional cathodoluminescent patterns, Ordovician carbonate, Virginia. – Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull. **67/8**, 1275–1303, 15 Abb., Tulsa 1983.
- GRÜNDEL, J. & RÖSLER, H.J.: Zur Entstehung der oberdevonischen Kalkknollengesteine Thüringens. – Geologie, **12/9**, 1009–1038, 23 Abb., 5 Tab., Berlin 1963.
- HAFNER, H.: Die Geologie der Hohen Rannach bei Graz (Grazer Paläozoikum, Steiermark). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 156 S., Graz 1983.
- HAINES, P.W.: Storm-dominated mixed carbonate/siliciclastic shelf sequence displaying cycles of hummocky cross-stratification, late Proterozoic Wonoka Formation, South Australia. – Sediment. Geology, **58**, 237–254, 8 Abb., Amsterdam 1988.
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung III. Die Tonsandsteine von der Thaler-Mühle. – Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. (I), **162**, 1–9, Wien 1953.
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung IV. Die Chonetenschiefer vom Frauenkogel bei Gösting (Tonige Chonetenschiefer). – ANGEL-Festschrift, Naturwiss. Ver. Kärnten u. Steiermark, 69–73, Graz 1956.
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung VIII. Der devonische Illit-Schieferton vom Kollerkogel bei Graz. – Anz. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., **95**, 127–139, Wien 1957 a.
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung IX. Die Chonetenschiefer des Grazer Paläozoikums. – Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. (I). 1956, 19–24, Wien 1957 b.
- HASENHÜTTL, Ch. & RUSSEGGGER, B.: Niedriggradige Metamorphose im Grazer Paläozoikum. – Jahrb. Geol. B.-A., **135/1**, 287–299, 5 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Wien 1992.
- HAUER, A. VON: Über die Gliederung der geschichteten Gebirgsbildungen in den Ostalpen und Karpathen. – Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss., Wien 1850.
- HAUSER, A.: Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks. Die Lehme und Tone Steiermarks. – 39 S., 15 Abb., Techn. Hochschule Graz 1952.
- HAUSER, A.: Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks. Die Lehme und Tone Steiermarks. II. Teil. – 68 S., 16 Abb., 8 Taf., Techn. Hochschule Graz 1954.
- HECKEL, P.H.: Carbonate Buildups in the Geologic Record: A Review. – In: LAPORTE, L. (Hrsg.): Reefs in Time and Space, Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., **18**, 90–154, 9 Abb., Tulsa 1974.
- HECKEL, P.H. & WITZKE, B.J.: Devonian world palaeogeography determined from distribution of carbonates and related palaeoclimatic indicators. – Spec. Pap. Palaeont., **23**, 99–123, London 1979.
- HEDBERG, H.D. (Hrsg.): International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure. – 200 S., 14 Abb., New York – London – Sydney – Toronto (Wiley & Sons) 1976.
- HELING, D.: Ton- und Siltsteine. – In: FÜCHTBAUER, H. (Ed.): Sedimente und Sedimentgesteine. Sedimentpetrologie Teil II, 185–231, Stuttgart (Schweizerbart) 1988.
- HERITSCH, F.: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz. I. Teil. Die Fauna und Stratigraphie der Schichten mit *Heliolites barrandei*. – Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. **92**, 551–614, Wien 1915.
- HERITSCH, F.: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz. Zweiter Teil. Die geologische Stellung der Schichten mit *Heliolites barrandei* in der Umgebung von Graz (mit Ausschluß des Hochlantschgebietes). – Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., **94**, 52–112, Wien 1917 a.
- HERITSCH, F.: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz III. Das Devon der Hochlantschgruppe, IV. Die tieferen Stufen des Paläozoikums von Graz. – Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., **94**, 313–374, Wien 1917 b.
- HERITSCH, F.: Die Fauna des unterdevonischen Korallenkalkes von Mittelsteiermark nebst Bemerkungen über das Devon der Ostalpen. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., **54**, 7–52, Graz 1918.
- HERITSCH, F.: Eine neue Stratigraphie des Paläozoikums von Graz. – Verh. Geol. B.-A., 223–228, Wien 1927.
- HERITSCH, F.: Oberstes Unterdevon und unterstes Mitteldevon bei Graz. – Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. **144**, 187–197, Wien 1935.
- HERITSCH, F.: Das Paläozoikum. Erster Band. – In: HERITSCH, F. & KÜHN, O.: Die Stratigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen. Erster Band. Das Paläozoikum, 681 S., 14 Abb., Berlin (Borntraeger) 1943.
- HILL, D.: Rugosa. – In: MOORE, R.C. (Ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F, Coelenterata, 233–324, Abb. 165–219, Lawrence 1956.
- HILL, D.: Rugosa and Tabulata. – In: TEICHERT, C. (Ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F (Coelenterata) Suppl. I, 672 S., 462 Abb., 3 Tab., Lawrence 1981.
- HILLIS, L.: Recent Calcified Halimedaceae. – In: RIDING, R. (Hrsg.): Calcareous Algae and Stromatolites, 167–188, Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1990.
- HILLIS-COLINVAUX, L.: Ecology and taxonomy of *Halimeda*: Primary producer of coral reefs. – In: BLAXTER, J.H.S., RUSSEL, F.S. & YOUNG, M. (Hrsg.): Advances in marine biology, **17**, 1–327, New York – London (Academic Press) 1980.
- HOSSEIN-NIKBACHT, M.: Die geologischen Verhältnisse des Hahngraben-Gebietes, südlich der Rannach (Graz). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 129 S., Graz 1973.
- HÖRNES, R.: Paläozoische Bildungen der Umgebung von Graz. – Verh. Geol. R.-A., 198–202, Wien 1877.
- HUBER, S.: Drucklösungserscheinungen in Karbonaten des Oxford 1 und Kimmeridge 1 der Bohrung TB-3 Saugau (Ober-schwaben). – Facies, **17**, 1 Abb., Taf., 11–13, Erlangen 1987.
- HUBMANN, B.: Udoteaceen (Grünalgen) aus dem Grazer Paläozoikum/Österreich (Barrandeikalken, Eifelium). – Facies, **22**, 147–158, 7 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Erlangen 1990.
- HUBMANN, B.: Die Fazies der Barrandeikalken (Grazer Paläozoikum). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 243 S., Graz 1990.

- HUBMANN, B.: Alveolitidae, Heliolitidae und Helicosalpinx aus den Barrandeikalken (Eifelium) des Grazer Devons. – Jb. Geol. B.-A., **134/1**, 37–51, 5 Abb., 3 Taf., Wien 1991.
- HUBMANN, B.: Middle Devonian Palaeobiogeographical Puzzle. – Terra abstracts, **2/4**, S. 33, Oxford etc., 1992 a.
- HUBMANN, B.: Remarks on the biogeographical relationship of the Graz Palaeozoic. – ALCAPA-Field Guide, IGP/KFU Graz, 93–95, 3 Abb., Graz 1992 b.
- HÜSSNER, H.: Jurassische Karbonate des westlichen Hohen Atlas (Marokko). – Facies, **12**, 141–2187, 17 Abb., Taf. 14–23, Erlangen 1985.
- ILINA, N.S., KATCHENKOV, S.M. & FRUKHT, D.L.: Distribution of Ti and Zr in the Predevonian and Devonian sediments of the Moscow syncline. – Geochem. Internat., **7**, 677–684, Washington 1970.
- ILLES, H.: Die Lithogenese des Untereozäns in Nordwestdeutschland. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, **18**, 7–46, Hamburg 1949.
- IVANOVSKIY, A.B.: The Evolution of the Ordovician and Silurian Rugosa. – Proc. IPU XIII Int. Geol. Congr. 69–78, Prag 1968.
- JOHNSON, J.G., KLAPPER, G. & SANDBERG, C.A.: Devonian eustatic fluctuations in Euamerica. – Bull. Geol. Soc. Amer., **96**, 567–587, 12 Abb., New York 1985.
- JOHNSON, M.E.: Tempestites recorded as variable *Pentamerus* Layers in the Lower Silurian of Southern Norway. – J. Paleont., **63/2**, 195–205, 7 Abb., Lawrence 1989.
- JUX, U.: Die Riffe Gotlands und ihre angrenzenden Sedimentationsräume. – Stockholm Contr. Geol., **1**, 41–89, 11 Abb., 6 Taf., Stockholm 1957.
- KAHLE, C.F.: Possible roles of clay minerals in the formation of dolomite. – J. Sediment. Petrol., **35/2**, 448–453, 2 Abb., Tulsa 1965.
- KAZMIERCZAK, J.: Colonial Volvocales (Chlorophyta) from the Upper Devonian of Poland and their paleogeographical significance. – Acta Paleont. Polonica, **20/1**, 73–85, Taf. 17–20, Warszawa 1975.
- KAZMIERCZAK, J.: Volvocacean nature of some Palaeozoic non-radiosphaerid calcispheres and parathuramina "foraminifera". – Acta Paleont. Polonica, **21/3**, 245–258, 1 Abb., Warszawa 1976.
- KERSHAW, S.: Stromatopoid growth form and taxonomy in a Silurian biostrome. – J. Paleont., **55/6**, 1284–1295, Tulsa 1981.
- KERSHAW, S.: Stromatopoid-coral intergrowth in a Silurian biostrome. – Lethaia, **20**, 371–380, 9 Abb., Oslo 1987.
- KINTER, E.B. & DIAMOND, S.: Preparation and treatment of oriented specimens of clays. – Soil Sci., **81**, 111–120, Baltimore 1956.
- KLOVAN, J.E.: Facies analysis of the Redwater Reef Complex, Alberta, Canada. – Bull. Can. Petrol. Geol., **12/1**, 1–100, 20 Abb., 9 Taf., Calgary 1964.
- KOCH, R., OGORELEC, B. & OREHEK, S.: Microfacies and Diagenese of Lower and Middle Cretaceous Carbonate Rocks of NW-Yugoslavia (Slovenia, Trnovo Area). – Facies, **21**, 135–170, 6 Abb., 8 Taf., Erlangen 1989.
- KREBS, W.: Devonian Reef Limestone in the Eastern Rhenish Schiefergebirge. – In: MÜLLER, G. (Ed.): Sedimentology of parts of Central Europe, Guidebook, VIII. Internat. Sediment. Congr. 1971 Heidelberg, 45–81, 32 Abb., Frankfurt (Kramer) 1971.
- KREBS, W.: Devonian carbonate complexes of Central Europe. – In: LAPORTE, L.F. (Ed.): Reefs in Time and Space, Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ., **18**, 155–208, 25 Abb., 9 Tab., Tulsa 1974.
- KREBS, W.: Devonian basinal facies. – Spec. Pap. Paleont., **23**, 125–139, London 1979.
- KROPFITSCH, M. & SCHOUPE, A.: Revision der Tabulaten aus dem Paläozoikum von Graz. Teil I. Thamnoporen und Striatoporen. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., **8**, 90–117, 1 Taf., Graz 1953.
- KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L.: Stratigraphy and Sedimentation. – 2. Aufl., 660 S., San Francisco – London (Freeman) 1963.
- KUNTSCHNIG, A.: Geologische Karte des Bergzuges Plabutsch-Kollerkogel. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., **74**, 114–132, Karte 1: 25.000, Graz 1937.
- LAND, L.S.: Contemporaneous dolomitization of middle Pleistocene reefs by meteoric water, north Jamaica. – Bull. Marine Sci., **23**, 64–92, Miami 1973 a.
- LAND, L.S.: Holocene meteoric dolomitization of Pleistocene limestone, north Jamaica. – Sedimentology, **20**, 411–422, 2 Abb., 7 Taf., Amsterdam 1973 b.
- LAND, L.S.: Dolomitization. – Amer. Ass. Petrol. Geol. Education Course Ser., **10**, 20 S., 7 Abb., Tulsa 1983.
- LAND, L.S., SALEM, M.R.I. & MORROW, D.W.: Paleohydrology of Ancient Dolomites: Geochemical Evidence. – Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., **59/9**, 1602–1625, 20 Abb., 5 Tab., Tulsa 1975.
- LECOMPTE, M.: Stromatoporoidea. – In: MOORE, R.C. (Ed.): Treatise on invertebrate paleontology, Part F, Coelenterata, 107–144, Lawrence 1956.
- LECOMPTE, M.: Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. – Geol. et Palaeontol., **4**, 25–71, 20 Abb., 3 Tab., 3 Taf., Marburg 1970.
- LEUCHS, W.: Beziehungen zwischen Verquarzung und Dolomitierung der devonischen Riffkalke von Dornap bei Wuppertal. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1985/3, 129–152, 7 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1985.
- LINNAEUS, C.: Mantissa plantarum. Generum editionis VI, et specierum editionis II. – 143–588, Stockholm 1771.
- LOGAN, B.W. & SEMENIUK, V.: Dynamic Metamorphism: Process and Products in Devonian Rocks, Canning Basin, Western Australia. – Geol. Soc. Australia, Spec. Publ., **6**, 138S., 97 Abb., 11 Tab., Sydney 1976.
- LOWENSTAM, H.A.: Aragonite needles secreted by algae and some sedimentary implications. – J. Sediment. Petrol., **25**, 270–272, Tulsa 1955.
- MAKURATH, J.H.: Marine faunal assemblages in the Silurian – Devonian Keyser Limestone of Central Appalachians. – Lethaia, **10/3**, 235–256, 5 Abb., Oslo 1977.
- MAMET, B. & PREAT, A.: Sur quelques algues vertes nouvelles du Givetien de la Belgique. – Rev. Micropaleont., **28/1**, 67–74, 1 Abb., 3 Taf., Paris 1985.
- MANTEN, A.A.: Silurian reefs of Gotland. – Developments in Sedimentology, **13**, 539 S., 230 Abb., 24 Tab., 2 Karten, Amsterdam (Elsevier) 1971.
- MARCHIG, V.: Zur Geochemie rezenter Sedimente des Indischen Ozeans, II. Arabisches Meer, afrikanischer Kontinentalrand und Vergleich mit dem indisch-pakistanischen Kontinentalrand. – „Meteor“-Forschungsergebnisse, Reihe C, **18**, 1–35, Hannover 1974.
- MATTES, B.W. & MOUNTJOY, E.W.: Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette buildup, Jasper National Park, Alberta. – In: ZENGER, D.H., DUNHAM, J.B. & ETHINGTON, R.L. (Eds.): Concepts and models of dolomitization, Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., **28**, 259–297, 26 Abb., 4 Tab., Tulsa 1980.
- MATTER, A.: Diagenese und schwache Metamorphose von Sandsteinen. – In: FREY, M., MATTER, A., PETERS, T.J., HUNZIKER, J.C. & STADLER, H.A.: Diagenese und schwache Metamorphose, Scriptum Ws 75/76, Univ. Bern, 58–82, Bern 1975.
- MAY, U.: Fossilführung und Palökologie des lagunären Massenkalkes (Devon) im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). – Paläont. Z., **62/3–4**, 175–192, 6 Abb., 4 Tab., Stuttgart 1988.
- MEYER, A.: Devonische Fauna am Ausgang des Schindelgrabens bei Gösting bei Graz. – Verh. Geol. B.-A., 264–269, Wien 1937.
- MILLIMAN, J.D.: Role of calcareous algae in Atlantic continental margin sedimentation. – Intern. Symp. Fossil Algae Erlangen 1975, Program and Abstracts, 24 S., Erlangen 1975.
- MOLENAAR, N. & JONG, A.F.M.: Authigenic quartz and albite in Devonian limestones: Origin and significance. – Sedimentology, **34**, 623–640, Amsterdam 1987.
- MORI, K.: Stromatoporoidea from the Silurian of Gotland. – Stockholm Contrib. Geol., **19**, 1–100, 8 Abb., 24 Taf., Stockholm 1968.
- MORI, K.: Stromatoporoidea from the Upper Silurian of Scania, Sweden. – Stockholm Contrib. Geol., **21**, 43–52, 3 Abb., 3 Taf., Stockholm 1970 a.
- MORI, K.: Stromatoporoidea from the Silurian of Gotland, Part III. – Stockholm Contrib. Geol., **22**, 152 S., 29 Abb., 30 Taf., Stockholm 1970 b.

- MÜLLER, G.: Methoden der Sedimentuntersuchung. Teil I. – 302 S., 91 Abb., 29 Tab., 2 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1964.
- MURRAY, R.C. & LUCIA, F.J.: Cause and Control of Dolomite Distribution by Rock Selectivity. – Bull. Geol. Soc. Amer., **78**, 21–36, 7 Abb., 5 Taf., New York 1967.
- NICHOL, D.: The biotic development of some Niagaran reefs – an example of an ecological succession on sere. – J. Paleont., **36/1**, 172–176, 1 Abb., Tulsa 1962.
- NICHOLS, K.M.: Coextensive Supratidal Dolomite and Underlying Secondary Dolomite in the Triassic of North-Central Nevada. – J. Sediment. Petrol., **44/3**, 783–789, 5 Abb., Tulsa 1974.
- NOEL, D.: Nature et genese des alternances de marnes et de calcaires du Barremien superieur d'Angles (Fosse vocontienne, Basses-Alpes). – C. R. Acad. Sci. Paris, **266**, 1223–1225, Paris 1968.
- OEKENTORP, K.: Kommensalismus bei Favositiden. – Münster. Forsch. Geol. Paläont., **12**, 165–217, 10 Abb., Taf. 13–16, Münster i.W. 1969.
- OINUMA, K., SHIMODA, S. & SUDO, T.: Triangular diagrams in use of a survey of crystal chemistry of chlorites. – Proceed. Internat. Clay Conference Madrid, 123–130, 1 Abb., 1 Tab., Madrid 1972.
- OLIVER, W.A.: Biogeography of Devonian Rugose Corals. – J. Paleont., **50/3**, 365–373, Tulsa 1976.
- PARSI, S.: Geologie der Umgebung des Schraussberges (Hohe Rannach bei Graz). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 113 S., Graz 1973.
- PENECKE, A.: Vom Hochlantsch. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 17–28, Graz 1889.
- PENECKE, A.: Das Grazer Devon. – Jb. Geol.R.-A., **43**, 567–616, 6 Taf., Wien 1893.
- PERKINS, R.D.: Petrology of the Jeffersonville limestone (Middle Devonian) of southeastern Indiana. – Bull. Geol. Soc. Amer., **74/2**, 1335–1354, 6 Abb., 5 Taf., New York 1963.
- PHILCOX, M.E.: Growth form and role of colonial celerates in reefs of the Gower Formation (Silurian), Iowa. – J. Paleont., **45/2**, 338–346, 9 Abb., Tulsa 1971.
- PLAYFORD, P.E.: Devonian reef complexes in the northern Canning Basin, Western Australia. – In: OSWALD, D.H. (Ed.): International Symposium on the Devonian System, Can. Soc. Petrol. Geol., **2**, 351–364, 10 Abb., Calgary 1967.
- POLTNIG, W.: Eridostraca aus dem Grazer Paläozoikum (Stmk., Österreich). – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., **113**, 25–38, 1 Abb., 4 Taf., Graz 1983.
- POLTNIG, W.: I. Beitrag zur Geologie westlich von Gösting bei Graz. II Fischreste und Eridostraca aus dem Unterdevon von Graz (Stmk.). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, Graz 1984.
- PRADACOVA, M.: Celed Favositidae z celechovského devonu. – Rozpr. Ces. Akad. Véd, R. mat. prir. Véd., **48/35**, 1–24, Prag 1938.
- REED, E.C. & BURCHETTE, R.R.: Stratigraphic Sequences in the Pennsylvanian of Nebraska and their Relationship to Cyclic Sedimentation. – Kansas Geol. Surv. Bull., **169/2**, 441–447, 3 Abb., Lawrence 1964.
- REY, J.-PH. & KÜBLER, B.: Identification des micas des series sedimentaires par diffraction X a partir de la serie harmonique (001) des preparations orientées. – Schweiz. miner. petrogr. Mitt., **63**, 13–36, 17 Abb., 11 Tab., Zürich 1983.
- RICHTER, D.K.: Fazies- und Diagenesehinweise durch Einschlüsse in authigenen Quarzen. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **10**, 7 Abb., 2 Tab., 604–622, Stuttgart 1971.
- RICHTER, D.K.: Authigenic quartz preserving skeletal material. – Sedimentology, **19**, 211–218, Amsterdam 1972.
- RICHTER, D.K.: Entstehung und Diagenese der devonischen und permotriassischen Dolomite der Eifel. – Contr. Sedimentology, **2**, 1–101, Stuttgart 1974.
- RICHTER, D.K.: Zur Zusammensetzung und Diagenese natürlicher Mg-Calcite. – Bochumer geol. u. geotechn. Arb., **15**, 310 S., Bochum 1984.
- RIGBY, J.K. & STEARN, C.W.: Sponges and Spongiomorphs. Notes for a short course. – Univ. Tennessee, Dep. Geol. Sci. Stud. Geol., 220 S., Tennessee 1983.
- ROUX, A.: Introduction à l'étude des algues fossiles paléozoïques (de la bactérie à la tectonique des plaques). – Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine, **9/2**, 465–699, 6 Taf., 50 Abb., 5 Tab., Pau 1985.
- RUHRMANN, G.: Riff-nahe Sedimentation paläozoischer Krinoiden-Fragmente. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **138/1**, 56–100, 22 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1971.
- SAPELNIKOV, V.P., MIZENS, L.I. & SNIGIREVA, M.P.: Brachiopods and conodonts of the *Zdimir* Zone (Devonian) in the northern part of the Northern Urals. – In: SAPELNIKOV, V.P. (Hrsg.): Biostratigraphia i fauna srednego Paleozoya Ural, 75–91, Sverdlovsk 1981.
- SCHÄFER, A.: Geologische Karte des Buchkogel-Florianibergzuges im Maßstabe 1:25.000. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., **74**, 133–143, Karte 1 : 25.000 Graz 1937.
- SCHIEBER, J.: Storm-dominated epicontinental clastic sedimentation in the Mid-Proterozoic Newland Formation, Montana, U.S.A. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1987/7**, 417–439, 9 Abb., Stuttgart 1987.
- SCHINDEWOLF, O.H.: Zur Kenntnis der Polycoelien und Plerophyllen – Eine Studie über den Bau der „Tetrakorallen“ und ihre Beziehung zu den Madreporaien. – Abh. R.-A. Bodenforsch., (N. F.), **204**, 324 S., 155 Abb., 36 Taf., Berlin 1942.
- SCHOUPPE, A.: Revision der Tabulaten aus dem Paläozoikum von Graz. Die Favositiden. – Mitt. Mus. Bergb., Geol. & Techn., **1–2**, 40 S., 2 Taf., Graz 1954.
- SCHWARZENBACH, G.: Die komplexometrische Titration. – Bd. 45 der Reihe: Die chemische Analyse, Stuttgart 1955.
- SCOFFIN, T.P.: The conditions of growth of the Wenlock reefs of Shropshire (England). – Sedimentology, **17**, 173–219, 27 Abb., Amsterdam 1971.
- SCOTESE, C.R. & MCKERROW, W.S.: Revised world maps and introduction. – In: MCKERROW, W.S. & SCOTESE, C.R. (Hrsg.): Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography, Mem. Geol. Soc. London, **12**, 1–21, London 1990.
- SEIBOLD, E.: Chemische Untersuchungen zur Bankung im unteren Malm Schwabens. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **95/3**, 337–370, 2 Tab., Stuttgart 1952.
- SELLNER, R.: Röntgenographische Untersuchung devonischer pelitbetonter Gesteine aus dem Raum Bingen und Stromberg. – Mainzer geowiss. Mitt., **14**, 145–147, 4 Abb., Mainz 1985.
- SENES, J.: Repartition bathymetrique des algues fossilisables en mediterrannee. – Geol. Sbornik, **18**, 141–150, 3 Abb., Bratislava 1967.
- SHEPARD, F.P.: Nomenclature based on sand-silt-clay rations. – J. Sed. Petrol., **24**, 151–158, 1 Abb., Tulsa 1954.
- SMITH, A.G., HURLEY, A.M. & BRIDEN, J.C.: Phanerozoic paleocontinental world maps. – 102 S., 88 Abb., Cambridge (Cambridge Univ. Press) 1981.
- SOLLE, G.: *Conchidium hercynicum* HALFAR und die Stellung der Penta-meruskalke im Grazer Devon. – Senckenbergiana, **16**, 110–126, Frankfurt a.M. 1934.
- SRODON, J. & EBERL, D.D.: Illite. – In: BAILEY, S.W. (Hrsg.): Micas, Rev. Miner., **13**, 495–544, Blacksburg 1984.
- STACHE, G.: Die paläozoologischen Gebiete der Ostalpen. – Jb. Geol. R.-A., **24**, 137–273, Wien 1874.
- STACHE, G.: Elemente zur Gliederung der Silurbildungen der Alpen. – Verh. Geol. R.-A., 25–29, Wien 1884.
- STEARN, C.W.: Stromatopoid Assemblages, Ancient Wall Reef Complex (Devonian), Alberta. – Can. J. Earth Sci., **12**, 1631–1667, 8 Abb., 5 Taf., Ottawa 1975.
- STEARN, C.W.: The shapes of Paleozoic and modern reefbuilders: a critical review. – Paleobiology, **8**, 228–241, 3 Abb., Lawrence 1969.
- ST. JEAN, J.: Paleobiologic Considerations of Reef Stromatopoids. – Proc. North Amer. Paleont. Covent., 1389–1429, 41 Abb., Lawrence 1969.
- STRUVE, W.: Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 23: Schaltier-Faunen aus dem Devon des Schwarzbach-Tales bei Ratingen, Rheinland. – Senckenbergiana leathaea, **63**, 183–283, 13 Taf., 14 Abb., Frankfurt 1982.
- STUR, D.: Geologie der Steiermark. – 654 S., Graz 1871.

- SUESS, E.: Die Äquivalente des Rotliegenden in den Alpen. – Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. (I), **57**, 239–276, Wien 1867.
- SUESS, E.: Die Äquivalente des Rotliegenden in den Alpen. – Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. (I), **57**, 230–276, Wien 1868.
- SWINCHATT, J.P.: Algal Boring: A Possible Depth Indicator in Carbonate Rocks and Sediments. – Bull. Geol. Soc. Amer., **80/7**, 1391–1396, New York 1969.
- TENNANT, C.B. & BERGER, R.W.: X-ray determination of dolomite-calcite ratio of a carbonate rock. – Amer. Miner., **42**, 23–29, 1 Abb., Washington 1957.
- THOMPSON, A.B.: A note on the kaolinite-pyrophyllite equilibrium. – Amer. J. Sci., **268**, 454–458, 1 Abb., New Haven 1970.
- TSCHELAUT, W.: Die Geologie des Gebietes zwischen Röthelstein und Gams bei Frohnleiten (Grazer Paläozoikum, Steiermark). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 155 S., Graz 1984.
- TSIEN, H.H.: Paleoecology of Middle Devonian and Frasnian in Belgium. – Int. Symp. Belg. Micropaleontol. Limits, Sept. 1974, **12**, 53 S., Namur 1974.
- TSIEN, H.H.: Morphology and development of Devonian Reef Complexes in Belgium. – Proc. 3rd Internat. Coral Reef Symp. Miami, Florida Miami 1977.
- TSIEN, H.H.: Ancient reefs and reef carbonates. – Proc. 4th Int. Coral Symp. Manila 1981, **1**, 601–609, Manila 1982.
- TSIEN, H.H.: Contribution of organisms to carbonates and reef carbonates. – Premier Congr. Intern. de Paleoecologie, Resumés, S. 147, Lyon 1983.
- TSIEN, H.H.: Constructeurs de récifs devoniens: stromatoporoids, coraux tabuleux et rugeux et microorganismes. – In: GEISTER, J. & HERB, R. (Eds.): Geologie et paleoecologie des récifs, 3ème Cycle Rom. Sci. Terre, **26**, 1–21, 28 Abb., Bern 1984 a.
- TSIEN, H.H.: Organisms: Their Ecology and Function in Carbonate Construction. – Paleontogr. Amer., **54**, 415–420, 6 Abb., Ithaca 1984 b.
- TSIEN, H.H.: Algal-Bacterial Origin of Micrites in Mud-Mounds. – In: TOOMEY, D.F. & NITECKI, M.H. (Eds.): Paleoalgology, 291–296, 4 Abb., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1985.
- UNGER, F.: Geognostische Skizze der Umgebung von Grätz. – In: SCHREINER, G.: Grätz, ein naturhistorisch-statistisch-topographisches Gemälde dieser Stadt und ihrer Umgebungen, 69–82, (mit: topographisch-geognostischer Karte der Umgebung von Grätz, entworfen von F. UNGER), Graz 1843.
- VACEK, M.: Über die geologischen Verhältnisse des Grazer Beckens. – Verh. Geol. R.-A., 41–50, Wien 1891.
- VACEK, M.: Weitere Beobachtungen zur Geologie des Grazer Beckens. – Verh. Geol. R.-A., 159–192, Wien 1907.
- VOGEL, K.: Brachiopoden- und Ostracoden-Vergesellschaftungen im Devon der Eifel und Südmarokkos. – Zbl. Geol. Paläont. Teil II, 8 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1976.
- WALTHER, M.: A Contribution to the Origin of Limestone-Shale Sequence. – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (Eds.): Cyclic and Event Stratification, 113–120, 2 Abb., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1982.
- WEBER, K.: Kristallinität des Illites in Tonschiefern und andere Kriterien schwacher Metamorphose im nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **141/3**, 333–363, 14 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1972.
- WEFER, G.: Carbonate production by algae *Halimeda*, *Penicillus* and *Padina*. – Nature, **285/7** (5763), 323–324, London 1980.
- WEDDIGE, K.: Die Conodonten der Eifel-Stufe im Typusgebiet und in benachbarten Faziesgebieten. – Senckenbergiana lethaea, **58**, 271–419, 9 Abb., 20 Tab., 6 Taf., Frankfurt am Main, 1977.
- WEDDIGE, K. & ZIEGLER, W.: The significance of *Icriodus*: *Polygnathus* ratios in limestones from the type Eifelian, Germany. – In: BARNES, C.R. (Ed.): Conodont paleoecology, Spec. Pap. Geol. Ass. Can., **15**, 187–199, Toronto 1976.
- WILSON, J.L.: Carbonate Facies in Geologic History. – 471 S., 183 Abb., 30 Taf., Berlin-Heidelberg-New York (Springer) 1975.
- WILSON, M.J.: X-ray powder diffraction methods. – In: WILSON, M.J. (Hrsg.): A handbook of determinative methods in clay mineralogy, 308 S., Glasgow-London (Blackie), 26–98, 1987.
- WINKLER, H.G.F.: Einige Probleme der Gesteinsmetamorphose. – Fortschr. Miner., **47/1**, 84–105, 5 Abb., Stuttgart 1970.
- WINTER, J.: Das Givetium der Gerolsteiner Mulde (Eifel). – Fortschr. Geol. Rheinland Westf., **9**, 277–322, Krefeld 1965.
- WITTEKINDT, H.-P.: Zur Conodontenchronologie des Mitteldevons. – Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., **9**, 621–646, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Krefeld 1966.
- WOLOSS, H. & WALLACHE, R.J.: Coral Population Variations in a Colonizing Community (Devonian). – In: GRAY, J., BOUCOT, A.J. & BERRY, W.B.N. (Hrsg.): Communities of the past, **8**, 223–241, 10 Abb., Stroudsburg (Hutchinson Ross) 1981.
- WRAY, J.L.: Calcareous Algae. – Dev. Paleont. Strat., **4**, 185 S., 170 Abb., Amsterdam – Oxford – New York (Elsevier) 1977.
- ZENGER, D.H.: Calcite-dolomite ratios vs. insoluble content in the Lockport Formation (Niagaran) in New York State. – J. Sediment. Petrol., **35/1**, 262–265, Tulsa 1965.
- ZENGER, D.H., DUNHAM, J.B. & ETHINGTON, R.L.: Concepts and Models of Dolomitization. – Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., **28**, 320 S., Tulsa 1980.
- ZIEGLER, W.: Unterdevonische Conodonten, insbesondere aus dem Schönauer und dem Zogensis-Kalk. – Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., **84**, 93–106, 1 Tab., Taf. 6–7, Wiesbaden 1956.
- ZIEGLER, W.: Historical Subdivisions of the Devonian. – In: HOUSE, M.R., SCRUTTON, C.T. & BASSET, M.G. (Hrsg.): The Devonian System, Spec. Pap. Palaeont., **23**, 23–47, 7 Abb., London 1979.
- ZIER, Ch.: Die Geologie des Gebietes zwischen Bärenschützklamm und Tyrnauergraben (Grazer Paläozoikum, Steiermark). – Unveröff. Diss. Univ. Graz, 364 S., Graz 1982.
- ZORN, H.: Zur Skelettstruktur und Mineralogie devonischer und triassischer Korallen und anderer Rifforganismen. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1977**, 343–357, Stuttgart 1977.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 20. Juli 1992.