

**Charophytenflora und Alter der unterkretazischen
Karsthöhlen-Füllung von Nehden (NE-Sauerland)**

MICHAEL SCHUDACK

**Keimlinge von Araukarien aus der Unterkreide
von Brilon-Nehden**

VOLKER WILDE & KURT GOTH

**Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon
(Sauerland)**

ANDREAS MAY

Hinweise für Autoren

In der Schriftenreihe **Geologie und Paläontologie in Westfalen** werden geowissenschaftliche Beiträge veröffentlicht, die den Raum Westfalen betreffen.

Druckfertige Manuskripte sind an die Schriftleitung zu schicken.

Aufbau des Manuskriptes

1. Titel kurz und bezeichnend.
2. Klare Gliederung.
3. Zusammenfassung in Deutsch am Anfang der Arbeit.

Äußere Form

4. Manuskriptblätter einseitig und weitzeilig beschreiben; Maschinenschrift, Verbesserungen in Druckschrift.
5. Unter der Überschrift: Name des Autors (ausgeschrieben), Anzahl der Abbildungen, Tabellen und Tafeln; Anschrift des Autors auf der 1. Seite unten.
6. Literaturzitate im Text werden wie folgt ausgeführt: (AUTOR, Erscheinungsjahr: evtl. Seite) oder AUTOR (Erscheinungsjahr: evtl. Seite). Angeführte Schriften werden am Schluß der Arbeit geschlossen als Literaturverzeichnis nach den Autoren alphabetisch geordnet. Das Literaturverzeichnis ist nach folgendem Muster anzuordnen:
SIEGFRIED, P. (1959): Das Mammut von Ahlen (*Mammonteus primigenius* BLUMENB.). – Paläont. Z. 30, 3: 172 – 184, 3 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.
WEGNER, T. (1926): Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete. 2. Aufl. – 500 S., 1 Taf., 244 Abb.; Paderborn (Schöningh).
7. Schrifttypen im Text:
doppelt unterstrichen = **Fettdruck**.
einfach unterstrichen oder gesperrt = Sperrung.
Gattungs- und Artnamen unterschlingeln = *Kursivdruck*.
Autorennamen durch GROSSBUCHSTABEN wiedergeben.

Abbildungsvorlagen

8. In den Text eingefügte Bild Darstellungen sind Abbildungen (Abb. 2). Auf den Tafeln stehen Figuren (Taf. 3, Fig.2) oder Profile (Taf. 5, Profil 2).
9. Strichzeichnungen können auf Transparentpapier oder Photohochglanzpapier vorgelegt werden. Photographien müssen auf Hochglanzpapier abgezogen sein.

Korrekturen

10. Korrekturfahnen werden den Autoren einmalig zugestellt.
Korrekturen gegen das Manuskript gehen auf Rechnung des Autors.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Schriftleitung: Dr. Peter Lanser
Westfälisches Museum für Naturkunde
Sentruper Straße 285
4400 Münster

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 10

Herausgeber:
Westfälisches Museum für Archäologie
– Amt für Bodendenkmalpflege –
und
Westfälisches Museum für Naturkunde

Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhlen – Füllung von Nehden (NE-Sauerland)

MICHAEL SCHUDACK

Keimlinge von Araukarien aus der Unterkreide von Brilon-Nehden

VOLKER WILDE & KURT GOTH

Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland)

ANDREAS MAY

| | | | | |
|--------------------------|-----------|-------|-----------------------------|--------------------------|
| Geol. Paläont. Westf. | 10 | 87 S. | 22 Abb. 1 Tab. 5 Taf. | Münster Dezember 1987 |
|--------------------------|-----------|-------|-----------------------------|--------------------------|

ISSN 0176-148 X
ISBN 3-924590-13-3

© 1987 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des LWL reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

| | Seite |
|---|-------|
| SCHUDACK, M.: Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhlen-Füllung von Nehden (Sauerland) | 7 |
| WILDE, V. & GOTH, K.: Keimlinge von Araukarien aus der Unterkreide von Brilon-Nehden..... | 45 |
| MAY, A.: Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland) | 51 |

| | | | | |
|--------------------------|----|--------|-------------------|--------------------------|
| Geol. Paläont. Westf. | 10 | 7 – 44 | 10 Abb. 4 Taf. | Münster Dezember 1987 |
|--------------------------|----|--------|-------------------|--------------------------|

Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhlen – Füllung von Nehden (NE-Sauerland)*

MICHAEL SCHUDACK**

Inhaltsverzeichnis:

| | Seite |
|--------------------------|-------|
| 1. Einleitung | 9 |
| 2. Forschungsstand | 10 |
| 3. Probenmaterial | 11 |
| 4. Definitionen | 11 |
| 5. Die Charophyten | 13 |
| 6. Datierung | 23 |
| 7. Ökologie | 27 |
| 8. Paläogeographie | 27 |
| 9. Ausblick | 29 |
| 10. Dank | 29 |
| 11. Literatur | 31 |

Zusammenfassung

Die unterkretazische Karsthöhlenfüllung bei Nehden auf der Hochfläche des Briloner Massenkalkkomplexes im NE-Sauerland ist einer der wichtigsten Fundplätze nichtmariner Kreide in Mitteleuropa, bekannt vor allem durch ihre Iguanodonten und die hervorragend erhaltenen Pflanzenreste. Die hier vorgestellte Charophytenflora ist in zweifacher Hinsicht von Bedeutung:

Zum einen gibt sie die Möglichkeit, die Fundschicht genauer und sicherer als bisher zu datieren. Sie entstammt dem Barrémium und nicht, wie durch die Palynologie vermutet, dem Aptium oder Albium. Dies hat, wie auch von anderen Autoren bereits für das Aptium diskutiert, Konsequenzen für die Paläogeographie am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges, für die lokale Meeresspiegelkurve, für die Datierung der *Iguanodon*-Arten (möglicherweise auch von Bernissart) und insbesondere als Zeitmarke für die Florenentwicklung in der Unterkreide (Vorkommen mit Angiospermenpollen).

Zum anderen ist sie wichtig für die Charophytenforschung selbst. Alle Arten wurden hier erstmalig in Mitteleuropa gefunden. Es werden sechs Spezies beschrieben, darunter zwei neue: *Stellatochara nehdenensis* und *Peckisphaera kampmanni*. Die typischen Assoziationen bestärken die Sicherheit der zeitlichen Aussagen durch diese Gruppe auch in anderen Gebieten, die zweifellos rein limnische Entstehung der Fundschicht erlaubt Rückschlüsse auf die ökologischen Toleranzen der Arten.

Eine Besonderheit stellen die zahlreichen nichtverkalkten, organisch vorliegenden Oosporangien der Familie Characeae dar. Mit ihrer hervorragenden Erhaltung aus prätertiärer Zeit bislang unbeschriebener, z.T. auch rezent völlig unbekannter Strukturen und Details sind sie auch für die Phylogenie der Gruppe von Bedeutung. Taxonomisch werden sie hier wie verkalkte Gyrogonite behandelt. Die Verwendung allein der Nichtverkalkung von Oosporangien als diagnostisches Merkmal wird abgelehnt.

*Ein Beitrag zum IGCP-Projekt Nr. 245 „Nonmarine Cretaceous Correlations“

**Anschrift des Verfassers: Dr. Michael Schudack,
Institut für Geologie der Ruhr-Universität Bochum,
Universitätsstraße 150,
D-4630 Bochum 1, West-Germany.

Abstract

The limnic carst filling near Nehden in the northeastern Rhenish Massiv (Germany) is one of the most important localities in Central Europe for Lower Cretaceous nonmarine palaeoecology and palaeontology. Comprehensive material of vertebrate fossils (especially of the genus *Iguanodon*) and of extremely well preserved plant remains has been described. The charophyte flora is of particular importance in two respects:

It offers the possibility of a more detailed and secure datation of the sediments. These are of Barrémian rather than Aptian or Albian age as presumed so far by palynologists. This new fact has consequences for the paleogeography and the knowledge of sealevel changes at the northeastern margin of the Rhenish Massiv as well as for the datation of the *Iguanodon* species (and also the famous Bernissart finds in Southern Belgium?). It also serves as a time marker for the floral evolution in the Lower Cretaceous (early angiosperms).

The flora is also remarkable for charophyte research itself. It brings out new results for the knowledge of biostratigraphy, biogeography and the ecological tolerances of certain species and their association. 6 species are described, among them the two new ones *Stellatochara nehdenensis* and *Peckisphaera kampmanni*.

A particularity is the comprehensive population of uncalcified oosporangia (family Characeae) with an excellent preservation of details and structures so far undescribed for pre-Tertiary or even recent times. Taxonomically they are treated as if they were calcified. The author refuses to use the fact of an oosporangium being uncalcified as a diagnostic feature.

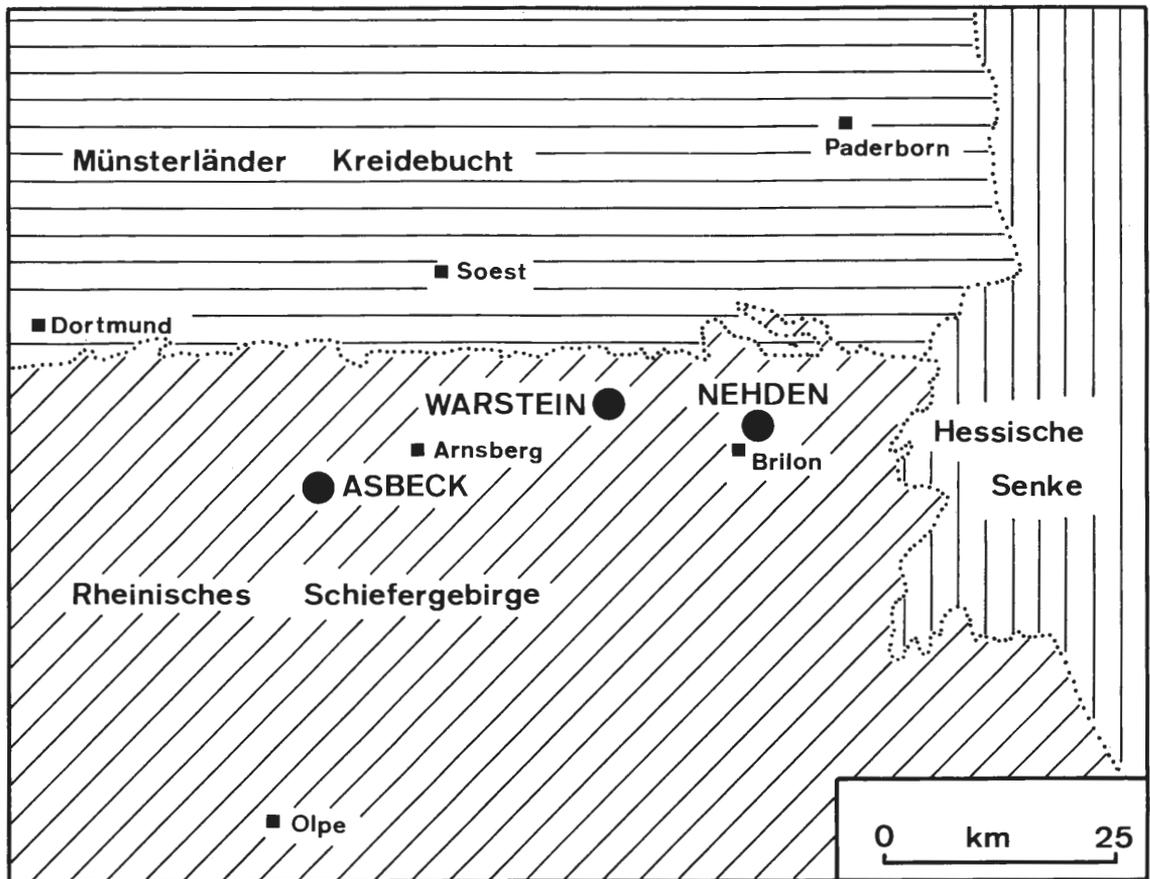


Abb. 1: Übersichtsskizze zu den geologischen Großeinheiten am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges mit Lage der drei unterkretazischen Karstfüllungen von Asbeck, Warstein und Nehden.

1. Einleitung

Am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges finden sich südlich der heutigen Verbreitungsgrenze der Kreideüberdeckung (Münsterländer Kreidebucht) zahlreiche Karstfüllungen in devonischen Massenkalken. Von besonderer Bedeutung für die Paläobotanik sowie für die Untersuchung mesozoischer terrestrischer Ökosysteme sind dabei drei unterkretazische Füllungen bei Asbeck (Hönnetal), Warstein und Nehden (Abb. 1). Diese wurden bisher palynologisch etwa in den Bereich Aptium/Albium eingestuft (v. d. BRELIE 1964, CLAUSEN et al. 1978, 1982, GREBE 1982, HUCKRIEDE 1982, SCHULTZ & NOLL 1987).

Die seit Mitte der Siebziger Jahre bekannte Karsthöhlenfüllung von Nehden auf der Hochfläche des Briloner Karbonatkomplexes (Abb. 2) gehört zu den wichtigsten nichtmarinen Unterkreide-Fundplätzen Europas. Die Bedeutung der Fundstelle liegt auf so unterschiedlichen Gebieten wie der Paläogeographie (im westdeutschen Raum war in der höheren Unterkreide die Entwicklung in den eigentlichen Sedimentationsbecken marin, hier liegen jedoch rein limnische Sedimente vor), der Paläobiogeographie (zahlreiche Arten unterschiedlichster Gruppen wurden erstmals in Deutschland nachgewiesen), der systematischen Paläontologie insbesondere der Vertebraten (es wurde hier eine Vielzahl von Saurierresten speziell der Gattung *Iguanodon* entdeckt, vgl. Arbeit von NORMAN 1987), der Palökologie/Paläobotanik (die hervorragende Erhaltung pflanzlichen Materials gestattet einen Einblick gerade auch in die Pflanzengemeinschaften der damaligen Zeit), der Biostratigraphie und der Karstgeschichte. Die vorliegende Arbeit behandelt die bisher aus dem Sediment gewonnenen Charophytenreste und ihre Aussagen zur Datierung der Fundstelle, zur Paläogeographie des Raumes und zur Biogeographie dieser Algengruppe.

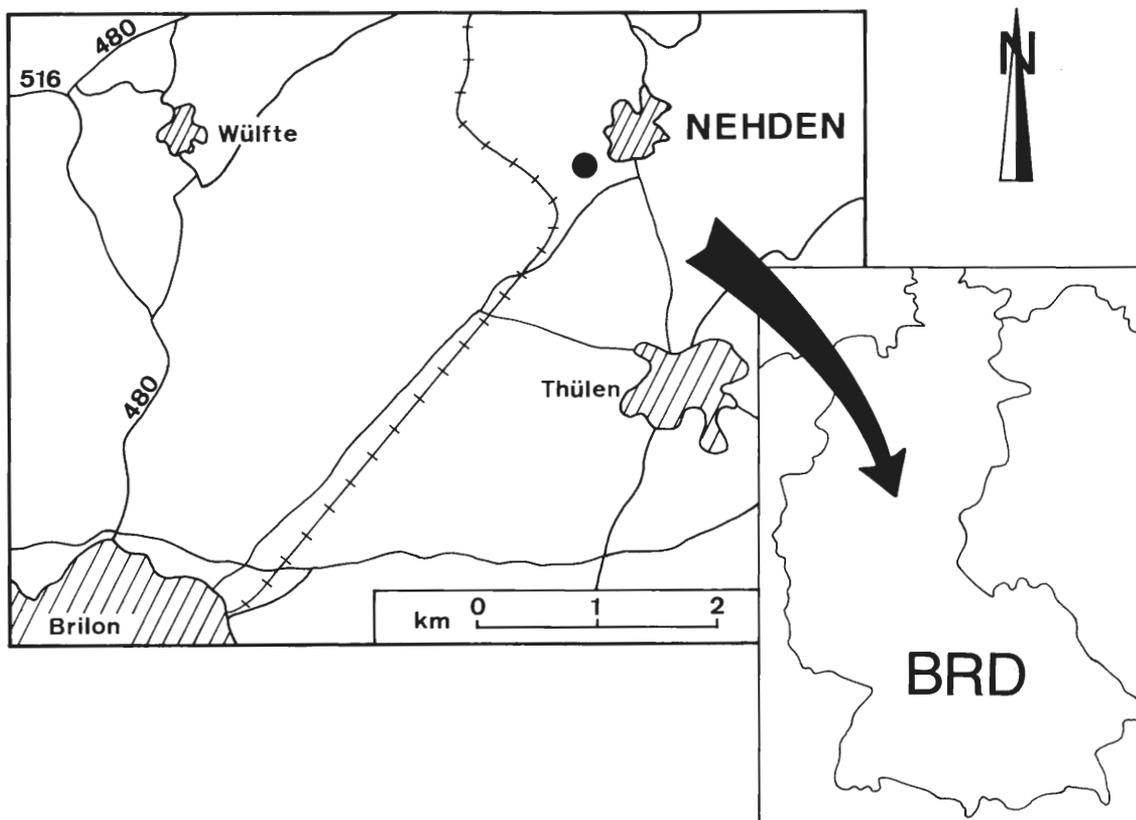


Abb. 2: Lage der untersuchten Karsthöhlenfüllung etwa 300 SW des Ortes Nehden (bei Brilon, NE-Sauerland).

2. Forschungsstand

Das Tonvorkommen von Nehden gehört in den gleichen zeitlichen Rahmen wie die Karstfüllungen bei Asbeck im Hönnetal (WIRTH 1964, v.d. BRELIE 1964) und bei Warstein (CLAUSEN et al. 1978; MEIBURG 1979; CLAUSEN et al. 1982). Seine Bedeutung wurde Mitte der Siebziger Jahre von Paläontologen der Marburger Universität entdeckt. HUCKRIEDE (1982) diskutiert eingehend die frühe Bearbeitungsgeschichte.

Im Jahre 1979 begannen die Geologen des Geol.-Paläont. Institutes und Museums Münster mehrjährige Grabungen, bei denen sie eine Vielzahl von Reptilien-Resten insbesondere der Gattung *Iguanodon* bargen. Nach einigen kürzeren Berichten (HÖLDER & OEKENTORP 1981, OEKENTORP 1984, NORMAN 1985, HÖLDER & NORMAN 1986) liegt nunmehr die monographische Bearbeitung der Iguanodonten vor (NORMAN 1987).

Neben den Vertebraten fanden sich vor allem auch sehr zahlreiche Pflanzenreste (Sporen, Pollen, Samen, Holzreste, Charophyten u.a.m.). Mit diesen beschäftigen sich eingehend GREBE (1982), HUCKRIEDE (1982), KAMPMANN (1983a, b), WILDE & GOTH (1986), SCHULTZ & NOLL (1987) sowie sehr wahrscheinlich auch CLAUSEN et al. (1978, 1982, vgl. Kap. 6). Ihre Datierungen, auch die der anderen Unterkreide-Karstkomplexe (s.o.), sind in Kap. 6 näher erläutert. Bislang wurde für Nehden ein Aptium-Alter angenommen.

Mit den Sedimenten, ihrer Lagerung sowie der speziellen Karstgeschichte der Lokalität befaßten sich HUCKRIEDE (1982), KAMPMANN (1983a), VORTISCH (1983), OEKENTORP (1984), HÖLDER & NORMAN (1986) und SCHULTZ & NOLL (1987). Die Entstehung des heute vorliegenden Bildes mit seinen komplizierten Lagerungsverhältnissen ist äußerst komplex, sicherlich mehrphasig und in Details noch ungeklärt.

Leider konnten bisher nur sehr vereinzelte Exemplare der sonst im kontinentalen Bereich stratigraphisch besonders bedeutenden Ostrakoden gefunden werden. HUCKRIEDE (1982) bildet einen Steinkern „vom Typus der Familie Cypridae“ ab. KAMPMANN (1983a) beschreibt ein Einzelstück der Gattung *Cypridea* BOSQUET, typisch für die limnischen Ablagerungen aus Oberjura und Unterkreide. Dies gilt auch für einen dritten, nun neu hinzugekommenen Fund, ein sehr schlecht erhaltenes und nicht artlich bestimmbares Stück der Gattung *Theriosynoeum* BRANSON.

Auch der Forschungsstand über die Charophyten von Nehden ist noch gering. HUCKRIEDE (1982) erwähnt „kalkfreie Nüßchen“ und beschreibt verkieste, nicht näher bestimmbare Gyrogonite der Ordnung Charales (HUCKRIEDE Taf. 6, Fig. 5 und 9). Frau Dr. FEIST (Montpellier) bestimmte für die gleiche Arbeit Utriculi der Familie Clavatoraceae: *Clypeator europaeus* MÄDLER und *Atopochara trivolis* PECK (HUCKRIEDE Taf. 6, Fig. 3-4). KAMPMANN (1983a) bildet ebenfalls *Clypeator europaeus* MÄDLER ab (KAMPMANN Taf. 18), darüberhinaus jedoch eine *Perimneste*-Art (KAMPMANN Taf. 19) sowie Gyrogonite der Familie Characeae und vegetative Teile (KAMPMANN Abb. 17, Taf. 20). WILDE & GOTH (1986) zeigen in einer kurzen Mitteilung mehrlagige Wandstrukturen bei den organisch erhaltenen Formen auf.

3. Probenmaterial

Das untersuchte Material entstammt verschiedenen Quellen: Aus der Arbeit von KAMPMANN (1983a) lag die komplette Charophytensammlung vor. Es ist zum großen Teil von dem genannten Autor selbst gewonnenes Material. Lediglich die Population von *Perimneste vidua* GRAMBAST wurde seinerzeit von dem Münsteraner Präparator K. H. HILPERT Herrn KAMPMANN zur Auswertung übergeben. Für die vorliegende Arbeit stellte auch die Paläobotanische Abteilung des Senckenberg-Institutes in Frankfurt aus einer neueren Probenaufsammlung bereits ausgelesene Gyrogonite und Utriculi zur systematischen Bearbeitung sowie noch eine größere Sedimentprobe zur eigenen Aufbereitung zur Verfügung.

Aufgrund der besonderen Verhältnisse in der Fundstelle mit z.T. inverser, verkippter, „gestörter“ und „verwirbelter“ Lagerung einerseits (vgl. hierzu insbesondere KAMPMANN 1983a, OEKENTORP 1984 sowie SCHULTZ & NOLL 1987) und der nicht mehr möglichen relativen Feineinstufung der Funde untereinander andererseits, muß die gesamte Charophytenflora wie die einer Einzelprobe behandelt werden. Tatsächlich stammt ja auch das komplette Material von KAMPMANN (1983a) einschließlich der *Perimneste*-Utriculi aus nur 2-3 m Sedimentfolge. Das Frankfurter Material entspricht diesem in etwa, zumindest nach der Zusammensetzung der Charophytenflora. Hinzu kommt, daß fast alle Arten auch zusammen in den gleichen Proben vorkommen, speziell Einzelstücke von *Atopochara trivolis triquetra* innerhalb der umfangreicheren Populationen von *Perimneste vidua* und *Clypeator jiuquanensis*.

Das Material von FEIST (in HUCKRIEDE 1982) stand nicht zur Verfügung. Es ist jedoch offenbar weniger umfassend als das vorliegende und beinhaltet keine über die hier beschriebenen hinausgehenden Arten (HUCKRIEDE 1982: 187).

Die Charophytenreste liegen in sehr unterschiedlicher Erhaltung vor. Organisches Material überwiegt, Schwefelkies ist häufig, Calcit seltener. Die organisch erhaltenen Characeen sind in Einzelfällen schwach verkiest, die calcitisch erhaltenen Utriculi der Gattung *Perimneste* z.T. etwas verkieselt. Bei *Atopochara* und *Clypeator* kommen sowohl Calcit- als auch Kieserhaltung vor.

4. Definitionen

Zur Begriffsbestimmung bezüglich der Orientierung bilateralsymmetrischer Utriculi sind einige Erläuterungen nötig: HARRIS (1939) bildet Utriculi der Art *Clavator reidi* ab, die noch in ursprünglicher Stellung am Blättchen sitzen. Hierbei bezeichnet er die dem Blättchen zugewandte Seite als dorsal (siehe Taf. 8, Fig. 1, 2 und 4). GRAMBAST (1970) setzt den Begriff dorsal mit abaxial gleich (siehe Taf. 1, Fig. 1d). Der Begriff abaxial muß sich demnach hier auf den eigentlichen Zentralstamm (Hauptachse), nicht auf das Blättchen beziehen (gleiche Morphologie der vegetativen Teile vorausgesetzt, was ja alles andere als geklärt ist). In diesem Sinne werden die Begriffe auch von SCHUDACK (1987) verwendet.

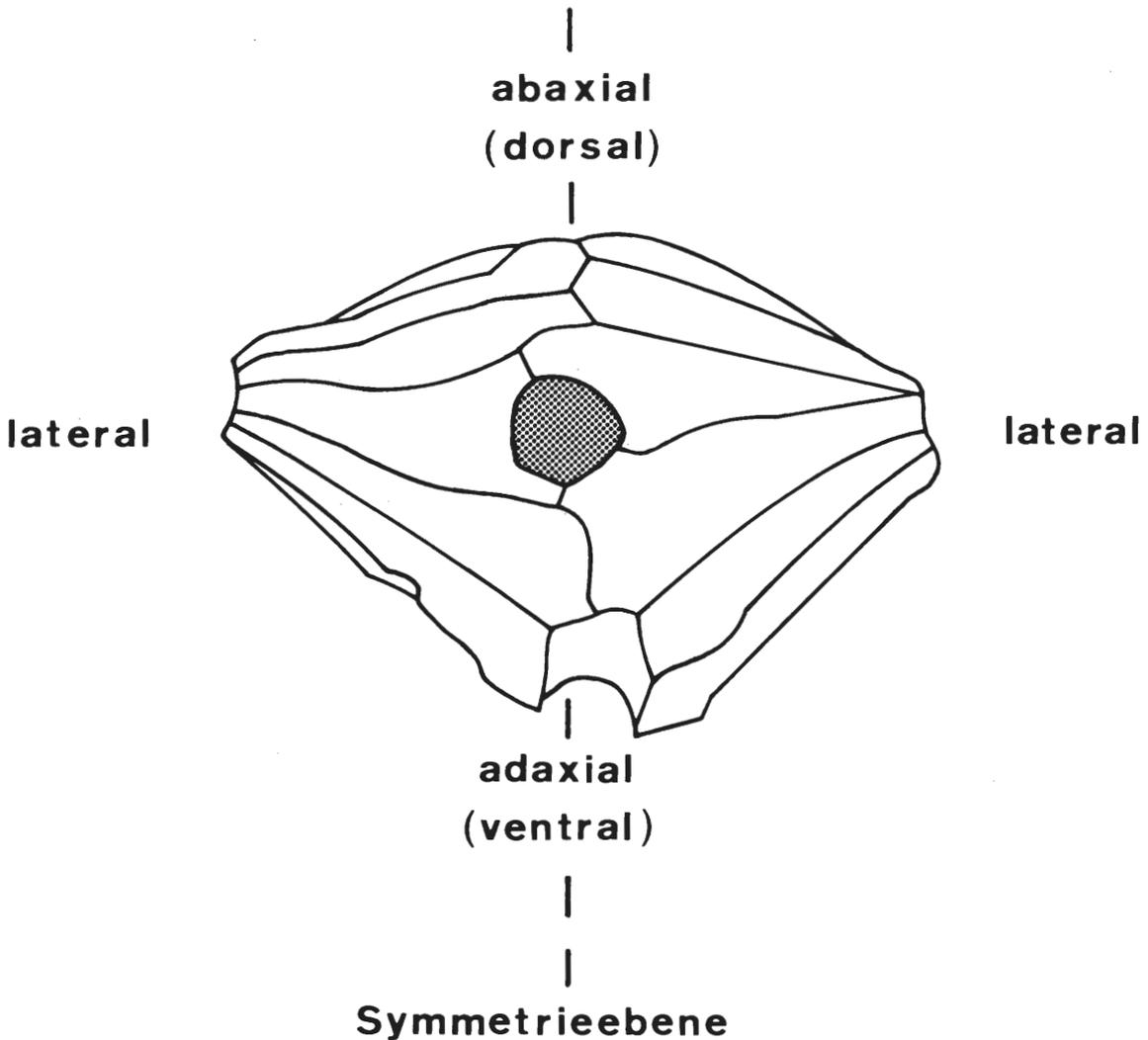


Abb. 3: In dieser Arbeit verwendete Terminologie zur Orientierung bilateralsymmetrischer Utriculi am Beispiel von *Clypeator jiuquanensis* (WANG S.) GRAMBAST.

MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD (1986) benutzen eine andere Terminologie. Sie beziehen die Begriffe abaxial/adaxial auf die nächstgelegene Achse, also die des Blättchens, was sehr sinnvoll ist, ohne jedoch die Bezeichnungen ventral/dorsal weiter zu verwenden. Stattdessen führen sie die Begriffe „postérieur“ (= adaxial, also am Blättchen angewachsen bzw. zu diesem gewandt) und „antérieur“ (= abaxial, also entgegengesetzt) ein und benutzen für die Lateralfächen (z.B. bei *Flabellochara*) eine Links/Rechts-Orientierung. Erschwerend kommt hier noch hinzu, daß bei den rezenten Arten von der adaxialen (= dem Hauptstamm zugewandt) und abaxialen Seite des Blättchens gesprochen wird sowie bei Oosporgangien/Gyrogoniten von den abaxialen (= äußeren) und adaxialen (= inneren) Wandlagen.

In vorliegender Arbeit gebrauche ich die auf Abb. 3 an einer Apikalsicht von *Clypeator jiuquanensis* (WANG S.) GRAMBAST erläuterte Terminologie. Diese steht im Gegensatz zur von mir basierend auf HARRIS, GRAMBAST und anderen Autoren bisher verwendeten (SCHUDACK 1987), erscheint jedoch logischer.

Terminologische Schwierigkeiten ergaben sich auch bei der Bezeichnung der organischen Charophytenreste. Für die fossil üblicherweise erhaltenen, nach der Befruchtung verkalkten weiblichen Fortpflanzungsorgane hat sich der Begriff „Gyrogonit“ eingebürgert. Dieser wurde ursprünglich von LYELL (1826) als „das fossile oder mineralisierte Stadium des Pericarpium von *Chara* (übersetzt)“ eingeführt und von SOULIE-MÄRSCHÉ (1979) auch auf die rezenten mineralisierten Gametangien erweitert. HORN AF RANT-

ZIEN (1956) definiert als „Oosporangium“ das befruchtete Organ, benutzt den Begriff „Gyrogonit“ (als speziellen Fall des Oosporangium) jedoch auch bei organischen Resten aus dem Oberjura von Indien. Letztlich erweisen sich die Begriffe „Oosporangium“ und „Gyrogonit“ als in etwa gleichwertig. Es erscheint mir jedoch sinnvoll, bei verkalkten Stücken den Begriff „Gyrogonit“, bei nicht verkalkten (auch fossilen!) den Begriff „Oosporangium“ zu gebrauchen, um von vornherein schon durch die Terminologie einen ersten Eindruck zum Erhaltungszustand zu ermöglichen.

Die bei den Variationsbreiten in den einzelnen Artbeschreibungen von Kap. 5 verwendeten Parameter sind wie folgt definiert:

LPA = length of the polar axis, größte Länge
 LED = largest equatorial diameter, größte Breite
 ISI = isopolarity index, Längen/Breiten-Verhältnis, $LPA/LED \times 100$
 AND = anisopolarity distance, Abstand der größten Breite vom Gipfel
 ANI = anisopolarity index, Index für die relative Lage der größten Breite, $AND/LPA \times 100$
 NC = number of convolutions, Anzahl seitlich sichtbarer Windungen
 ECD = equatorial cell diameter, Durchmesser der Spiralzellen etwa auf halber Höhe
 CDI = cell diameter index, Index für die relative Breite der Spiralzellen, $ECD/LPA \times 1000$

Bei bilateralsymmetrischen Utriculi:

LED1 = größte Breite parallel zur Symmetrieebene (lateral)
 LED2 = größte Breite senkrecht zur Symmetrieebene (axial)
 ISI1 = relative Breite der Lateralfäche, $LPA/LED1 \times 100$
 ISI2 = relative Breite senkrecht dazu, $LPA/LED2 \times 100$
 LCI = lateral compression index, Index für seitliche Abflachung $LED1/LED2 \times 100$

Hinter den Minimal- und Maximalwerten ist jeweils das arithmetische Mittel aufgeführt. Bei der Beschreibung der ISI- und ANI-Werte wird die Terminologie von HORN AF RANTZIEN (1956) angewandt.

5. Die Charophyten

Abteilung Charophyta MIGULA 1890
 Klasse Charophyceae G. M. SMITH 1938
 Ordnung Charales LINDLEY 1836
 Familie Porocharaceae GRAMBAST 1962
 Unterfamilie Stellatocharoideae GRAMBAST 1962

Gattung *Stellatochara* HORN AF RANTZIEN 1954
 (= *Maslovichara* SAIDAKOVSKY 1962, S. 1143)

Stellatochara nehdenensis n.sp.
 (Taf. 1, Fig. 1-4)

1973 *Clavator* sp. – NEAGU & GEORGESCU-DONOS, S. 175-177, Taf. 1, Fig. 1-3, Text.-Fig. 4
 1987 *Stellatochara* aff. *reji* GRAMBAST-FESSARD – SCHUDACK, S. 130-132, Taf. 4, Fig. 15-18, Abb. 85.

Typen: Holotyp (Taf. 1, Fig. 1, 2), MS 300-H. Paratypen (Taf. 1, Fig. 3, 4), MS 300-P. Sammlung M. Schudack, Ruhr-Universität Bochum, BRD.

Locus typicus: Die Karstfüllung SW Nehden bei Brilon (NE-Sauerland).

Stratum typicum: Barrëmium, Unterkreide.

Derivatio nominis: Nach der Typlokalität Nehden.

Stratigraphische Verbreitung: Barrëmium, Unterkreide.

Geographische Verbreitung: Deutschland, Rumänien, Spanien.

Diagnose: Eine Art mit den Merkmalen der Gattung *Stellatochara* und meist auch leicht verlängerter Basis, mit schwach welligen Suturen und unten aufgeführter Variationsbreite.

| | | | |
|------------|-----|---------------|-------------|
| Variation: | LPA | 490-640 μ | 560,0 μ |
| | LED | 370-520 μ | 432,9 μ |
| | ISI | 123-135 | 129,2 |
| | AND | 240-340 μ | 284,3 μ |

| | | |
|-----|-------------|------------|
| ANI | 46-53 | 50,4 |
| NC | 10-12 | 11,0 |
| ECD | 45-70 μ | 57,2 μ |
| CDI | 90-118 | 101,0 |

Beschreibung: Mittelgroße, bauchige Gyrogonite von subprolat-ellipsoidaler Form. Gipfel ausgezogen zu einem zum Top hin stark verjüngten Hals mit 100-150 μ , im Einzelfall 200 μ breiter Gipfelplatte. Basis meist ebenfalls deutlich verlängert, jedoch nicht so lang wie der Gipfel, nur im Einzelfall stärker abgerundet. Bei mehreren Stücken in Lateralsicht kaum ein Unterschied zwischen Gipfel und Basis, so daß die Orientierung schwierig sein kann. Spiralzellen konvex oder glatt, vereinzelt ähnlich der von GRAMBAST-FESSARD (1980 b) für *Stellatochara reyi* beschriebenen Ausbildung mit zentralem konvexen Bereich, je einer seitlichen schmalen Rinne und interzellulärer Rippe. Suturen schwach wellig. Apikal- und Basalpore 70-125 μ im Durchmesser, abgerundet pentagonal oder rundlich bis rosettenförmig. Basalplatte unbekannt.

Differentialdiagnose: Von der neuen Art unterscheidet sich *Stellatochara reyi* GRAMBAST-FESSARD (Barrêmium – Aptium) durch die stets abgerundete Basis und die sehr kleine Basalpore. Die meisten im gleichen Größenbereich liegenden triadischen Arten der Gattung weisen einen schlankeren Hals oder gar maslovicharoiden Gipfel auf. Andere sind schlanker und zeigen schmalere Spiralzellen (*S. dnjepriformis* SAIDAKOVSKY), eine spitzere Basis (*S. fusiformis* WANG Z.), spitzen Gipfel (*S. zhongshanensis* HUANG) oder sind kugelig (*S. subsphaerica* KOZUR & REINHARDT). Am ähnlichsten ist *S. sellingii* HORN AF RANTZIEN, besitzt jedoch andere Mikrostrukturen (s. Bemerkungen und SCHUDACK 1987: S. 131). Ob *Tolypella canellata* f. *rostrata* MÄDLER (Kimmeridgium) wirklich zu *Stellatochara* gehört, wie von FEIST & GRAMBAST-FESSARD (1982) vermutet, werden Untersuchungen am Originalmaterial zu MÄDLER (1952), die vom Autor begonnen wurden, erweisen. Die Art ist jedenfalls deutlich kleiner, die Zahl der seitlich sichtbaren Windungen ist viel geringer als bei *S. nehdenensis* n.sp.

Bemerkungen: Die geringe Anzahl von nur 7 Gyrogoniten ist sicherlich zur Diagnose einer neuen Spezies ungeeignet. Praktisch identische Gyrogonite wurden jedoch bereits von NEAGU & GEORGESCU-DONOS (1973) aus Rumänien (ca. 50 Individuen) und von SCHUDACK (1987) aus Nordspanien (170 Individuen) beschrieben, und zwar in beiden Fällen aus barrêmischen Schichten. Nach dem Neufund dieser Formen im Barrêmium von Nehden scheint es sich hierbei doch um eine morphologisch stabile, zeitgleich europaweit verbreitete Gruppe zu handeln, welche die Erhebung zu einer eigenen Art rechtfertigt. Hierbei wurden die Ergebnisse aus Spanien miteinbezogen. Bei dieser umfangreicheren Population tritt jedoch gelegentlich auch eine stärker abgerundete Basis mit kleinerer Basalpore auf.

De facto wird es sich bei der Art wahrscheinlich wohl nicht um eine echte *Stellatochara* handeln, sondern vielmehr um Gyrogonite von Clavatoraceen (vgl. GRAMBAST-FESSARD 1980b, SCHUDACK 1987), deren Utriculi nicht verkalkt oder abgefallen/abgerodiert sind. Reste des Utriculum finden sich jedoch nicht.

Vorkommen: Nach NEAGU & GEORGESCU-DONOS (1973) als *Clavator* sp. (s.o.) im Barrêmium von Rumänien sowie nach SCHUDACK (1987) als *Stellatochara* aff. *reyi* GRAMBAST-FESSARD (s.o.) im Unter-Barrêmium von Nordspanien.

Material: Aus Nehden 7 Gyrogonite. Dazu kommen 170 Gyrogonite aus einer Population von Mambriellas (Sierra de los Cameros, Nordspanien, Barrêmium), siehe Bemerkungen.

Stellatochara sp.
(Taf. 1, Fig. 5)

Zwei Einzelstücke, deren Merkmale denen der Gattung *Stellatochara* entsprechen, die jedoch aufgrund der Stückzahl und der schlechten Erhaltung nicht näher zugeordnet werden können. Eines der Individuen (Taf. 1, Fig. 5) liegt in Kieserhaltung vor und zeigt einen fast schon „maslovicharoiden“ Gipfel. Bei dem anderen, ähnlich *Stellatochara nehdenensis* n.sp., jedoch wesentlich kleiner, sind die Spiralzellen verkalkt.

Familie Clavatoraceae PIA 1927

Unterfamilie Atopocharoidae PECK emend. GRAMBAST 1969

Gattung *Perimneste* HARRIS 1939

Perimneste vidua GRAMBAST 1967
(Taf. 1, Fig. 6-12, Abb. 4)

- *1967 *Perimneste vidua* n.sp. – GRAMBAST, S. 584, Taf. 2, Fig. 8-10, Taf. 4, Fig. 19, 20
 1968 *Perimneste vidua* GRAMBAST – GRAMBAST, S. 7, Taf. 1, Fig. 6-9, Taf. 3, Fig. 18.
 1983 *Perimneste horrida* HARRIS – KAMPMANN, S. 56, Taf. 19, Abb. 16.

Beschreibung: Sehr große, fast kugelige Utriculi von 1200-1710 μ , meist etwa 1300-1600 μ (Abb. 4), größtem Durchmesser (arithmetisches Mittel von 95 Individuen: 1407,2 μ). Gyrogonit nicht mineralisiert. Utriculum meist relativ stark verkalkt, z.T. verkieselt, einlagig, von triradiater Symmetrie. Jede Symmetrieeinheit beginnt an der Basalpore mit einer sehr kurzen Primärzelle (P) von 100-150 μ Durchmesser und 50-150, selten 200 μ Länge. Von dieser gehen drei Sekundärzellen aus, deren rechte (A) sich an der Spitze in zwei Tertiärzellen gabelt (a1, a2), die sogenannte „Antheridien-tragende Gabelung“ (Taf. 1, Fig. 8, 9). Die mittlere (B) und linke (C) Sekundärzelle tragen je drei Tertiärzellen, deren jeweils rechte (b1, c1) sehr kurz bleibt, während die mittlere (b2, c2) und linke (b3, c3) bis zum Apex hinaufziehen. Bei schwacher Verkalkung sind all diese Zellen konkav ausgebildet, die Struktur ist dann gut erkennbar.

Bei starker Verkalkung (hier meist der Fall) bietet die Außenseite des Utriculum jedoch ein eher unscheinbares, fast homogenes Bild (Taf. 1, Fig. 7, oberer Teil). Stellenweise treten Zellen an die Oberfläche. In Apikalsicht sind dann jedoch die Enden der rundum verkalkten, langen Tertiärzellen (b2, b3, c2, c3) gut erkennbar. Diese stehen nicht selten in Dreiergruppen zusammen, d.h. eine der vier Zellen kann etwas kürzer bleiben (Taf. 1, Fig. 11).

Basalpore rundlich, 100-150 μ breit. Apikalpore an der Außenseite immer deutlich pentagonal und 250-300 μ , innen eher rundlich und 150-220 μ im Durchmesser, also zum Inneren verjüngt (v.a. bei stark verkalkten Stücken, Taf. 1, Fig. 11, 12). Antheridieneindrücke nicht identifizierbar, sie scheinen zu fehlen. Adaxial (vgl. Kap. 4) kann in der unteren Hälfte eine langgestreckte, konkave Zelle aufgewachsen sein, die bereits zum eigentlichen Blättchen überleitet (Taf. 1, Fig. 7).

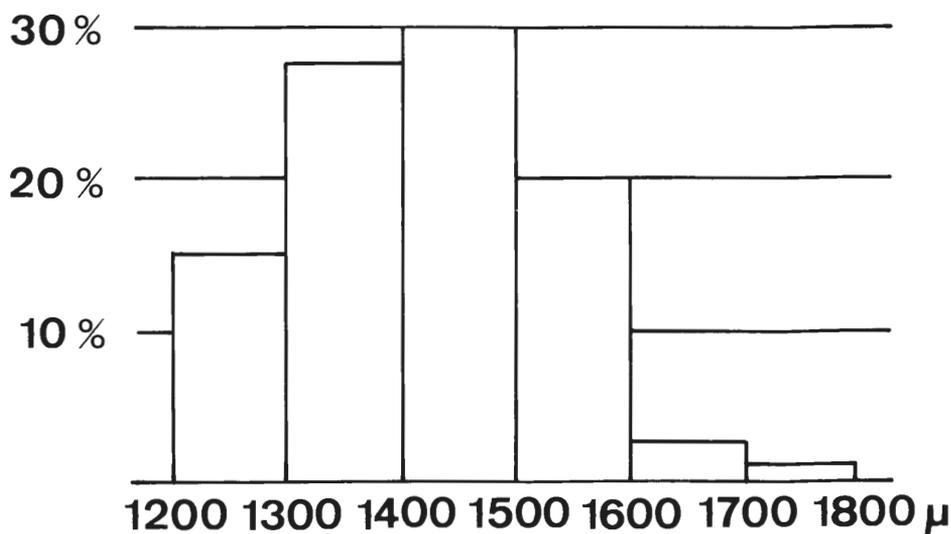


Abb. 4: *Perimneste vidua* GRAMBAST. Variationsbreite des maximalen Durchmessers von 95 Utriculi.

Vergleich: Durch noch vorhandene Primärzellen und Antheridien-tragende Gabelungen ist die Gattung eindeutig im Vergleich zu *Atopochara* PECK definiert. Von *Perimneste horrida* HARRIS und *P. micranda* GRAMBAST unterscheidet sich die vorliegende Art aufgrund der sehr kurzen Primärzellen und der nicht mehr vorhandenen Gabelungen auf b1 und c1. *P. vidua* GRAMBAST und *P. ancora* GRAMBAST unterscheiden sich strukturell jedoch kaum. Nach GRAMBAST (1967, 1968) ist *P. vidua* allerdings deutlich größer, meist stärker verkalkt, die Antheridieneindrücke, wenn vorhanden, nur noch runde Markierungen ohne erkennbare Skulptur.

Bemerkungen: Vergleicht man *Perimneste ancora* und *P.vidua* ohne Berücksichtigung der Antheridieneindrücke (die ja auch ganz fehlen können!), bleibt eigentlich als Artunterscheidungskriterium nur die (nach GRAMBAST) geringere Größe von *P. ancora*, da man den Verkalkungsgrad, der auch bei *P. vidua*

gering sein kann, besser nicht heranziehen sollte. Nach MARTIN-CLOSAS (mndl.) könnte es sich bei den beiden Arten um Synonyme handeln, um unterschiedlich verkalkte Formen der gleichen Art. Es verbleibt jedoch die Tatsache des Größenunterschiedes, der bei allen bisherigen Beschreibungen der beiden Arten (GRAMBAST 1967, 1968, 1974, BRENNER 1976, MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD 1986, SCHUDACK 1987 sowie vorliegende Arbeit) signifikant ist. Inwiefern dieser wirklich artspezifisch ist, werden weitere Untersuchungen erweisen.

Vorkommen: GRAMBAST (1967, 1968) beschreibt *P. vidua* aus dem Barrèmium von Spanien. In seiner Biozonenfolge für die nichtmarine Unterkreide (GRAMBAST 1974) beschränkt er die Art auf das Unter-Barrèmium. Auch CANEROT (1979, 1982) führt *P. vidua* im Barrèmium Spaniens auf.

Material: 95 Utriculi aus einer Population.

Gattung *Atopochara* PECK 1938 emend. PECK 1941

Atopochara trivolis triquetra GRAMBAST 1968 (Taf. 2, Fig. 1-5)

partim 1967 *Atopochara trivolis* PECK – GRAMBAST, Taf. 3, Abb. 13, 14, 16.

*1968 *Atopochara trivolis* subsp. *triquetra* subsp.nov. – GRAMBAST, S. 9, Taf. 2, Fig. 12, 13, Taf. 3, Fig. 14, 15, 20.

1971 *Atopochara trivolis* aff. *triquetra* GRAMBAST 1968 – MUSACCHIO, S. 26-27, Taf. 1, Fig. 11-13, Taf. 2, Fig. 14-16.

?1973 *Atopochara trivolis* PECK 1938 – NEAGU & GEORGESCU-DONOS, S. 173-175, Taf. 1, Fig. 9-12, Text-Fig. 2.

1976 *Atopochara trivolis* PECK, 1938 – BRENNER, S. 124-125, Taf. 4, Fig. 9-14.

1978 *Atopochara trivolis* aff. *triquetra* GRAMBAST 1968 – MUSACCHIO, Taf. 3, Fig. 3.

1981 *Atopochara trivolis* PECK *triquetra* GRAMBAST – MUSACCHIO, Fig. 9.

1982 *Atopochara trivolis triquetra* L. GRAMBAST – WANG Z. & LU, S. 94, Taf. 2, Fig. 9-13.

?1982 *Atopochara trivolis* PECK, 1938 ssp. – FEIST in HUCKRIEDE, S. 187, Taf. 6, Fig. 4.

partim 1983 *Clypeator europaeus* GRAMBAST – KAMPMANN, Taf. 18, Fig. 1a.

1986 *Atopochara trivolis* subsp. *triquetra* GRAMBAST, 1968 – MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, S. 38-41, Taf. 8, Fig. 7-12, Text-Fig. 8.

1987 *Atopochara trivolis triquetra* GRAMBAST 1968 – SCHUDACK, S. 135-136, Taf. 6, Fig. 1-4, Abb. 89.

Beschreibung: Einlagige Utriculi mit triradiater Symmetrie. Jede Symmetrieeinheit beginnt an der Basalpore mit drei Sekundärzellen (A, B, C), deren mittlere (B) am weitesten hinaufzieht. Über der rechten (A) stehen drei kurze Tertiärzellen, deren mittlere (a2) nach der Beschreibung von GRAMBAST (1968) gelegentlich noch ihren Ursprung als Antheridieneindruck durch deutliche Skulpturierung aufzeigt, was beim vorliegenden Material jedoch nicht der Fall ist. Über den anderen Sekundärzellen (B, C) stehen jeweils eine kurze rechte (b1, c1) und zwei weitere lange Zellen (b2, b3, c2, c3), welche bis in den Gipfelbereich hinaufziehen.

Gyrgonit nicht mineralisiert. Utricelzellen immer konkav, aber nicht sehr stark kondensiert. Basalpore rundlich, seltener abgerundet pentagonal, 80-120 μ im Durchmesser. Apikalpore immer pentagonal, 80-150 μ durchmessend, z.T. wie bei *Perimneste vidua* GRAMBAST (s.o.) zum Inneren verjüngt. Die Zelle a2 ist häufig +/- über dem Niveau der anderen Zellen aufgesetzt, so daß das Utriculum die für die Unterart typische dreieckige (bis sechseckige) oder zerlappte Umrißform in Axialsicht erhält (Taf. 2, Fig. 2-5).

Einige Stücke sind so stark verkiest, daß ihre Struktur nur noch schemenhaft erhalten ist, die Oberfläche fast glatt erscheint. Eine weitere Unterteilung in primitive, typische und fortgeschrittene Formen (vgl. MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD 1986) war wegen der geringen Stückzahl nicht sinnvoll.

| | | | |
|------------|-----|---------------|-------------|
| Variation: | LPA | 720-900 μ | 799,2 μ |
| | LED | 700-940 μ | 794,6 μ |
| | ISI | 89-113 | 102,5 |

Vergleich: Die anderen Arten der Gattung *Atopochara* PECK sowie die Unterart *A. trivolis trivolis* GRAMBAST zeigen einen wesentlich rundlicheren Umriß in Axialsicht. Den jüngeren Arten fehlt darüber hinaus die Tertiärzelle a2, und es tritt eine stärkere Kondensation sowie Linksdrehung der Zellen auf.

Vorkommen: Nach Beschreibung von GRAMBAST (1967, 1968, 1974), MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD (1986) und SCHUDACK (1987) im Barrèmium von Spanien sowie nach MUSACCHIO (1971, 1978, 1981) im Barrèmium von Argentinien. Auch die Formen von BRENNER (1976) aus Spanien und

von NEAGU & GEORGESCU-DONOS (1973) aus Rumänien, die wohl ebenfalls der Unterart *triquetra* angehören, entstammen dem Barrêmium. Im Gegensatz dazu führen CANEROT (1979, 1982), VILAS et al. (1982) und GRABNER (1975) die Unterart aus dem Hauterivium (bzw. Ober-Hauterivium) bis Unter-Barrêmium von Spanien auf. WANG Z. & LU (1982) beschrieben *A. trivolis triquetra* aus dem Ober-Barrêmium von China.

Material: 15 Utriculi aus mehreren Proben.

Unterfamilie Clavatoroideae PIA emend. GRAMBAST 1969

Gattung *Clypeator* GRAMBAST 1962 emend. GRAMBAST 1970

Die Entwicklungsreihe der Gattungen *Flabellochara/Clypeator*, von GRAMBAST (1974) für die Unterkreide ausgearbeitet, wurde unlängst durch MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD (1986) reinterpretiert. Die Autoren schlagen gegenüber GRAMBAST abweichende Homologien der basalen und zentralen Zellen der Lateralfächen des Utriculum vor. Ihre Aussagen decken sich jedoch nur zum Teil mit eigenen Untersuchungen (SCHUDACK 1987) zum Übergang von *Flabellochara grovesi* (HARRIS) GRAMBAST in *Clypeator zongjiangensis* WANG Z. & LU. Zu dieser Thematik werden zur Zeit weitere Untersuchungen an spanischem und deutschem Material (auch Nehden) durchgeführt und demnächst publiziert.

Clypeator jiuquanensis (WANG S. 1965) GRAMBAST 1970
(Taf. 2, Fig. 6-13, Abb. 3)

- *1965 *Perimneste jiuquanensis* sp.nov. – WANG S., S. 476, 487-488, Taf. 1, Fig. 1-12.
- 1970 *Clypeator jiuquanensis* (WANG SHUI) nov.comb. – GRAMBAST, S. 1967.
- 1973 *Clypeator europaeus* MÄDLER n.sp. – MÄDLER in NEAGU & GEORGESCU-DONOS, S. 178, Taf. 1, Fig. 7-8, Taf. 2, Fig. 1-9, Text-Fig. 5 + 6.
- 1974 *Clypeator reyi* GRAMBAST – GRAMBAST, S. 474, Fig. 7-5.
- 1980 *Clypeator europaeus* MÄDLER – GRAMBAST-FESSARD, S. 37-39, Taf. 1, Fig. 1-9, Taf. 3, Fig. 2, Text-Fig. 1 + 2.
- 1982 *Clypeator jiuquanensis* (S. WANG) L. GRAMBAST – WANG Z. & LU, S. 97, Taf. 3, Fig. 7-10.
- 1982 *Clypeator europaeus* MÄDLER, 1973 – FEIST in HUCKRIEDE, S. 187, Taf. 6, Fig. 3a + b.
- 1983 *Clypeator europaeus* GRAMBAST – KAMPMANN, S. 54, Taf. 18, Fig. 1b-e, partim Fig. 1a.
non partim 1983 *Clypeator europaeus* GRAMBAST – KAMPMANN, Taf. 18, Fig. 1a.

Beschreibung: Bilateralsymmetrische Utriculi, deren Lateralfächen zu zwei ausgeprägten seitlichen Spornen ausgezogen sind. Dadurch bedingt starke axiale Kompression (LED1 << LED2). Von der ca. 80-120 μ breiten, rundlichen Basalpore gehen zwei Internkanäle aus, die sich schräg nach oben in die beiden seitlichen Sporne hinaufziehen und dort in der Mitte in den beiden Lateralporen wieder austreten. Dadurch ergibt sich ein häufig leicht nach oben gerichtetes Bild dieser Sporne. Die Lateralporen liegen jeweils in kleinen Vertiefungen, sind 20-80 μ breit und von rundlicher oder rechteckiger Form (Taf. 2, Fig. 12).

Um diese Poren herum sind sternförmig 12-14 sich nach außen verbreiternde, gerade oder fast gerade gestreckte Radialzellen angeordnet. Sie bedecken die gesamte Lateralfäche des Utriculum, Basalzellen fehlen (Taf. 2, Fig. 9, 11). Die Radialzellen beider Lateralfächen treffen sich an der Axialseite (dorsal im Sinne von GRAMBAST-FESSARD 1980b = abaxial im Sinne von GRAMBAST 1970, vgl. Kap. 4) an einer zickzackförmigen Linie (Taf. 2, Fig. 8), die nur im alleruntersten Bereich noch von einer ca. 80-100 μ breiten, maximal 200 μ langen, von der Basalpore ausgehenden Medianzelle unterbrochen wird. Diese Seite (abaxial) ist relativ abgeplattet (vgl. Apikalsicht, Taf. 2, Fig. 7).

Auf der gegenüberliegenden Axialseite (ventral, adaxial) schalten sich zwischen die Radialzellen der Lateralfächen, ebenfalls von der Basalpore ausgehend, drei gerade gestreckte, bis 150 μ breite Langzellen, deren mittlere am weitesten, fast bis zum Gipfel, deren äußere beiden jedoch nur etwa bis zur halben Höhe hinaufreichen. Diese Seite bildet häufig, in Axialsicht erkennbar (Taf. 2, Fig. 7), eine deutliche Ausbuchtung, so daß das Utriculum im Einzelfall dreieckig wirkt (vgl. Gattung *Triclypella* GRAMBAST).

Apikal- und Basalpore jeweils abgerundet bis deutlich pentagonal (Taf. 2, Fig. 13), 100-130 μ im Durchmesser. Die Utriculi liegen bis auf wenige verkieste Stücke in reiner Calcit-Erhaltung vor. Sie sind von innen hohl, die internen Wandbereiche jedoch so stark rekristallisiert, daß keine Strukturen etwa von Knotenschicht (1. Utricellage) oder gar Gyrogonit mehr erkennbar sind.

| | | | |
|------------|------|----------------|-------------|
| Variation: | LPA | 615-880 μ | 776,3 μ |
| | LED1 | 630-860 μ | 731,9 μ |
| | LED2 | 690-1125 μ | 917,3 μ |
| | ISI1 | 95-115 | 106,3 |
| | ISI2 | 81-101 | 86,8 |
| | LCI | 66-93 | 80,8 |

Bemerkungen: Schon GRAMBAST-FESSARD (1980b) stellt die große Ähnlichkeit von *Clypeator europaeus* MÄDLER mit *Clypeator jiuquanensis* (WANG S.) GRAMBAST fest. Erst WANG Z. & LU (1982) schlagen nach Neubeschreibungen von *C. jiuquanensis* jedoch die Synonymie von *C. europaeus* mit der chinesischen Art vor. Dies bestätigt sich beim Nehdener Material, obwohl die Utriculi etwas größer sind als bei MÄDLER (in NEAGU & GEORGESCU-DONOS 1973) und GRAMBAST-FESSARD (1980b). *Clypeator reyi* GRAMBAST (in GRAMBAST 1974) wurde nie gültig beschrieben und ist – über *C. europaeus* MÄDLER – ebenfalls ein jüngeres Synonym zu *C. jiuquanensis*.

Vergleich: Die älteren Arten *C. zongjiangensis* WANG Z. & LU, *C. gautieri* GRAMBAST und *C. combei* GRAMBAST unterscheiden sich von *Clypeator jiuquanensis* (WANG S.) GRAMBAST durch noch vorhandene Basalzellen auf den Lateralfächen. Bei den jüngeren Arten *C. corrugatus* (PECK) GRAMBAST, *C. caperatus* GRAMBAST-FESSARD und *C. lusitanicus* GRAMBAST-FESSARD sind die Radialzellen eingekrümmt, S-förmig oder gar wellig verbogen. *C. ovatus* SHAIKIN und *C. discordis* SHAIKIN weisen, neben anderen abweichenden Merkmalen, eine wesentlich geringere Anzahl von Radialzellen auf.

Vorkommen: WANG S. (1965) beschreibt die Art aus der oberen Chijinbao-Formation von China, die damals in den Oberjura eingestuft wurde. Bereits GRAMBAST (1970) nimmt jedoch eher ein Unterkreidealter der Fundschichten an, etwa Hauterivium bis Barrêmium. Dies bestätigen WANG Z. & LU (1982), die *C. jiuquanensis* zusammen mit *Perimneste ancora* GRAMBAST als Zonenfossil für das kontinentale Hauterivium bis Unter-Barrêmium Chinas aufführen. Für den europäischen Raum wird die Art (als *C. europaeus*) aus dem Ober-Barrêmium oder Unter-Aptium von Portugal (GRAMBAST 1974, GRAMBAST-FESSARD 1980b) bzw. dem Barrêmium von Rumänien (MÄDLER in NEAGU & GEORGESCU-DONOS 1973) beschrieben, neuerdings auch aus der Karsthöhlenfüllung von Nehden (FEIST in HUCKRIEDE 1982, KAMPMANN 1983a). Es ergibt sich somit, weltweit gesehen, eine zeitliche Gesamtverbreitung vom Hauterivium bis zum Barrêmium (? Unter-Aptium).

Material: 27 Utriculi, wegen unterschiedlicher Diagenese und Erhaltung vermutlich aus verschiedenen Populationen.

Gattung *Nodosoclavator* MASLOW 1961 ex MASLOV 1963

? *Nodosoclavator* sp.
(Taf. 3, Fig. 1-3)

In Kieserhaltung und fast ohne erkennbare Strukturen liegen zwei Stücke vor, die mit ihrer etwa kugeligen Form und dem kurzen, dicken Halsfortsatz stark an *Globator trochiliscoides* GRAMBAST erinnern, einer ebenfalls im Barrêmium verbreiteten Art. Ein Anschliff eines der beiden Stücke zeigt jedoch, daß innerhalb einer strukturlosen äußeren Schicht ein Gyrogonit mit Ringstruktur der Spiralzellen (vgl. SCHU-DACK 1987) vorliegt, was bei der Unterfamilie der Atopocharoideae nicht vorkommt. Bei einem Individuum sind an der Unterseite rosettenförmig 5 Abdrücke oder Zellendigungen um die pentagonale Basalpore herum angeordnet (Taf. 3, Fig. 3). Bei dem anderen (Taf. 3, Fig. 1) ist in Lateralsicht eine kaum erhaltene spiralförmige Struktur mit schwachen Knoten erkennbar, deshalb werden diese Stücke hier mit Vorbehalt zur Gattung *Nodosoclavator* MASLOV gestellt. Hierbei soll, wie oft bei dieser Gattung, nicht ausgeschlossen werden, daß es sich tatsächlich um nicht vollständig mineralisierte, aberodierte oder gar in ihrer Entwicklung reduzierte Utriculi einer anderen, besser definierten Gattung handelt.

Familie Characeae RICHARD ex. C. AGARDH 1824

Eine Besonderheit der Charophytenflora von Nehden stellt das umfangreiche Material an Characeen-Oosporangien (-Gyrogoniten) in organischer Erhaltung dar. Solche Funde wurden bisher aus prätertiären Sedimenten nur vereinzelt und in schlechterer Erhaltung beschrieben: von SEWARD (1894) und WATSON (1969) aus dem englischen, von DIJKSTRA (1959) aus dem niederländischen Wealden sowie von HORN

AF RANTZIEN (1957) aus dem indischen Oberjura. HORN AF RANTZIEN und WATSON untersuchten hierbei auch die Struktur der abaxialen Seite des Ectosporostins. Für die Fundstelle bei Nehden erwähnt HUCKRIEDE (1982) einige „kalkfreie Nüßchen“. KAMPMANN (1983a: Taf. 20) bildet solche Stücke nicht ganz zutreffend als „Oogonium einer Porocharaceae“ ab.

Bei dem Nehdener Material sind auch die Mikrostrukturen, insbesondere der Lagenbau des Oosporangiums (Sporin, Sporostin, Spiralzellen-Membran, Spiralzellen-Füllung usw.), hervorragend erhalten. Hierbei zeigen sich gegenüber den Untersuchungen von HORN AF RANTZIEN (1959), DYCK (1970) und SOUTLIE-MÄRSCHKE (1979) zum Wandbau rezenter Oosporangien abweichende Details, etwa ein Ersatz des Calcins durch eine dunkle, stabile, organische Substanz, welche rezent unbekannt ist und möglicherweise eine höhere taxonomische Bedeutung hat. Diese organischen Mikrostrukturen werden zur Zeit noch in Zusammenarbeit mit K. GOTH und V. WILDE (Senckenberg) speziell untersucht. Für den weiteren Verlauf sind auch eigene Vergleiche mit rezentem Material, lichtoptische und transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen an Feinschnitten sowie vergleichende biochemische Analysen geplant. Hierbei sollen unter anderem mögliche systematisch/phylogenetische Aspekte der vorliegenden Unterkreide-Characeen angesprochen werden.

Für die vorliegende Arbeit werden die Oosporangien (bzw. Gyrogonite, vgl. Kap. 4) taxonomisch so behandelt, als seien die Spiralzellen verkalkt. Dies ist insofern bis zu einer möglichen späteren höheren systematischen Bewertung der organischen Spiralzellen-Füllung (s.o.) statthaft, als letztlich die gleichen Kriterien angewandt werden. Tatsächlich ergeben sich auch z.T. Übereinstimmungen mit bereits aus der Bearbeitung verkalkter Gyrogonite bekannten Taxa.

Unterfamilie Charoideae (LEONHARDI 1863) ROBINSON 1906

Gattung *Peckisphaera* GRAMBAST 1962 (= *Circonitella* WATSON 1969)

Bemerkungen: Für nichtverkalkte, cutinisierte, im Querschnitt rundliche (i.G. zu *Nitella* AGARDH) Oosporangien ohne basalen „Käfig“ aus dem englischen Wealden wurde von WATSON (1969) die Gattung *Circonitella* aufgestellt (Typusart *Circonitella knowltoni* (SEWARD 1894) WATSON 1969 = *Chara knowltoni* SEWARD 1894). Hier liegen m.E. folgende Argumentationsfehler vor:

1. Durch die Endung „-nitella“ wird die Gattung in die Verwandtschaft von *Nitella* gestellt, wohl aufgrund der Tatsache, daß die Oosporangien von *Nitella* nie verkalken. Diese rezente Gattung weist jedoch eine mehrteilige Basalplatte auf, *Circonitella* eine einteilige.
2. Auch bei der Unterfamilie Charoideae gibt es rezente Arten, bei denen die Spiralzellen niemals verkalken, und auch Arten, die zwar meist verkalken, bei Standorten in saureren Wässern jedoch nicht. Darüberhinaus gibt es auch in der Ontogenie der einzelnen Individuen Stadien selbst nach der Befruchtung, bei denen eine Verkalkung noch nicht eingetreten ist. All diese Möglichkeiten können im fossilen Fall theoretisch vorliegen.

Konsequenterweise sollte deshalb die vielleicht eher zufällige Verkalkung oder Nichtverkalkung eines Oosporangiums nicht als taxonomisches Merkmal herangezogen werden. Die Gattung *Circonitella* WATSON ist nach allen äußeren Kennzeichen (Form, Größe, Gipfelbau, Lage der Basalplatte, vgl. FEIST & GRAMBAST-FESSARD 1982) ein jüngeres Synonym zu *Peckisphaera* GRAMBAST. Ihre Typusart gehört somit ebenfalls zu *Peckisphaera*:

Peckisphaera knowltoni (SEWARD 1894) n.comb. = *Chara knowltoni* SEWARD 1894, S. 13, Text-Fig. 1.

Peckisphaera verticillata (PECK 1937) GRAMBAST 1962 (Taf. 3, Fig. 4-9, Abb. 5)

- *1937 *Chara verticillata* PECK, n.sp. – PECK, S. 84-85, Taf. 14, Fig. 30-33.
- 1957 *Sphaerochara verticillata* (PECK) – PECK, S. 36, Taf. 7, Fig. 1-12.
- 1962 *Peckisphaera verticillata* (PECK) nov.comb. – GRAMBAST, S. 78.
- 1964 *Sphaerochara verticillata* (PECK) – JOHNSON, Taf. 30., Fig. 1-11.
- 1970 *Sphaerochara verticillata* (PECK, 1937) PECK, 1957 – KARCZEWSKA & ZIEMBINSKA-TWORZYDLO, S. 136-137, Taf. 31, Fig. 5, Text-Fig. 9.
- 1987 *Peckisphaera verticillata* (PECK 1937) GRAMBAST 1962 – SCHUDACK, S. 159, Taf. 9, Fig. 18-20.

Beschreibung: Nicht verkalkte, schwarze Oosporangien von meist prolat sphäroidaler, untergeordnet prolater oder oblat sphäroidaler sowie ellipsoidaler Form mit der größte Breite fast immer etwas oberhalb der Mitte. Gipfel abgerundet, Basis im Bereich der Basalplatte oft etwas abgeplattet. Spiralzellen meist glatt, selten schwach konkav oder gefurcht, mit dichter organischer Substanz in unterschiedlichem Maße gefüllt, am Gipfel nicht auffällig modifiziert. Spiralzellen-Membrane in den Suturen oft noch erhalten, z.T. zweiteilig. Basalplatte 60-70 μ im Durchmesser, in einer Ebene mit der Außenlinie der Oosporangien abschließend, außen pentagonal und etwas nach innen gewölbt, innen eher rundlich bis abgerundet pentagonal (Taf. 3, Abb. 9).

| | | | |
|------------|-----|---------------|-------------|
| Variation: | LPA | 330-490 μ | 420,8 μ |
| | LED | 300-455 μ | 386,3 μ |
| | ISI | 97-132 | 108,7 |
| | AND | 135-250 μ | 206,7 μ |
| | ANI | 38-55 | 48,6 |
| | NC | 11-14 | 12,7 |
| | ECD | 30-50 μ | 40,9 μ |
| | CDI | 76-115 | 96,8 |

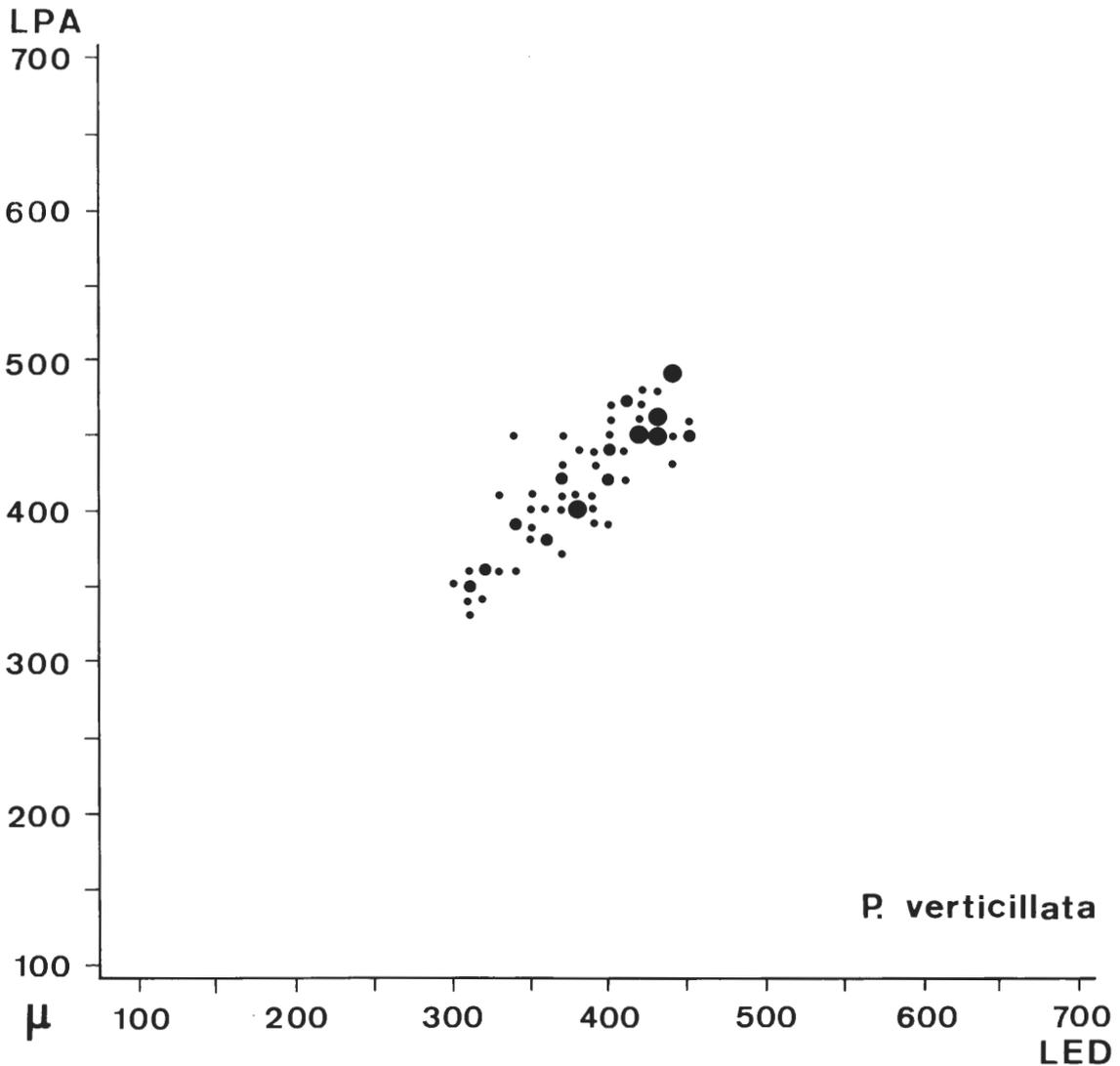


Abb. 5: *Peckisphaera verticillata* (PECK) GRAMBAST.
LPA/LED-Verteilungsdiagramm von 73 Oosporangien.
Die kleinen Punkte repräsentieren einzelne, die mittleren zweifache, die dickeren häufiger ange-
trophene Wertepaare.

Vergleich: *Peckisphaera knowltoni* (SEWARD) n.comb. ist, wie auch *P. revesti* FEIST und *P. portezueloensis* MUSACCHIO, im Schnitt wesentlich größer und weist darüberhinaus eine gerundete Basalplatte sowie eine mehr in der Mitte liegende größte Breite auf. *P. portezueloensis* und *P. asema* GRAMBAST & LORCH zeigen weniger seitlich sichtbare sowie breitere Windungen. *P. (?) glypta* (PECK) FEIST & GRAMBAST-FESSARD scheint recht ähnlich, ihre Diagnose beruht jedoch nur auf drei schlecht erhaltenen Individuen (PECK 1957), so daß noch nicht einmal die Zugehörigkeit zur Familie gesichert ist.

Bei der hier vorliegenden Population ist die Anzahl der seitlich sichtbaren Windungen generell etwas höher als in den bisherigen Beschreibungen von *P. verticillata*. Die Aufstellung einer eigenen Art scheint mir dadurch jedoch noch nicht gerechtfertigt. Zum Vergleich mit *Peckisphaera kampmanni* n.sp. siehe dort.

Vorkommen: Nach PECK (1937, 1957) im Kimmeridgium bis Aptium von Nordamerika, nach KARCZEWSKA & ZIEMBINSKA-TWORZYDLO (1970) in der Oberkreide der Mongolei sowie nach SCHUDACK (1987) im Barrémium von Spanien.

Material: 73 Oosporangien aus mehreren Populationen.

Peckisphaera kampmanni n.sp.
(Taf. 4, Fig. 1-10, Abb. 6)

Typen: Holotyp (Taf. 4, Fig. 1, 2, 6, 8, 10), MS 301-H. Paratypen (Taf. 1, Fig. 3-5), MS 301-P. Sammlung M. Schudack, Ruhr-Universität Bochum, BRD.

Locus typicus: Die Karstfüllung SW Nehden bei Brilon (NE-Sauerland).

Stratum typicum: Barrémium, Unterkreide.

Derivatio nominis: Zu Ehren von Herrn Dr. H. KAMPMANN (Bredelar), von dem der Großteil des hier beschriebenen Charophytenmaterials stammt.

Stratigraphische Verbreitung: Barrémium, Unterkreide.

Geographische Verbreitung: Deutschland.

Diagnose: Eine Art mit den Merkmalen der Gattung *Peckisphaera*, auffallend zahlreichen seitlich sichtbaren Windungen, gelegentlicher schwacher apikaler Zuspitzung und unten aufgeführter Variationsbreite.

| | | | |
|------------|-----|---------------|-------------|
| Variation: | LPA | 270-610 μ | 438,4 μ |
| | LED | 235-570 μ | 399,1 μ |
| | ISI | 101-116 | 109,5 |
| | AND | 130-300 μ | 223,1 μ |
| | ANI | 47-57 | 50,5 |
| | NC | 12-16 | 14,3 |
| | ECD | 20-50 μ | 38,3 μ |
| | CDI | 74-112 | 87,1 |

Differentialdiagnose: *Peckisphaera kampmanni* n.sp. weist im Gegensatz zu den anderen Arten der Gattung eine wesentlich höhere Anzahl seitlich sichtbarer Windungen auf. Die gelegentlich ausgebildete schwache Zuspitzung des Gipfels und die mehr in der Mitte liegende größte Breite unterscheiden sie zusätzlich von der sonst sehr ähnlichen *P. verticillata* (PECK) GRAMBAST.

Beschreibung: Nicht verkalkte Oosporangien von fast ausschließlich prolat-sphäroidaler Form mit der größten Breite meist etwa in der Mitte (ellipsoidal). Gipfel abgerundet oder schwach zugespitzt, Basis im Bereich der Basalplatte eher abgeplattet. Spiralzellen in fast allen Fällen unvollständig verfüllt, schwach konkav bis glatt, mehr oder weniger tief gefurcht (Taf. 4, Fig. 7-9). In den Suturen Spiralzellenmembrane erhalten, oft deutlich zweiteilig ausgebildet (Taf. 4, Fig. 6, 8, 9). Basalplatte 50-60 μ im Durchmesser, auf einer Ebene mit der Außenseite des Oosporangium abschließend, außen pentagonal bis sternförmig pentagonal und etwas nach innen eingewölbt, bei den meisten Stücken mit zentraler rundlicher Pore oder Einlenkung von 30-40 μ Durchmesser (Taf. 4, Fig. 10). Letzteres ist jeweils korreliert mit einem ebenfalls geringeren Verfüllungsgrad der Spiralzellen, entsprechend einem frühen Stadium der Entwicklung nach der Befruchtung.

Bemerkung: Nach Absonderung der Exemplare von *P. kampmanni* n.sp. aus der Gesamtpopulation der Gattung ergab sich im Gegensatz zu *P. verticillata* (PECK) GRAMBAST (Abb. 5) eine sehr auffallende, ausgesprochen lineare Verteilung im LPA/LED-Diagramm (Abb. 6) mit extremer Variationsbreite. Ein sol-

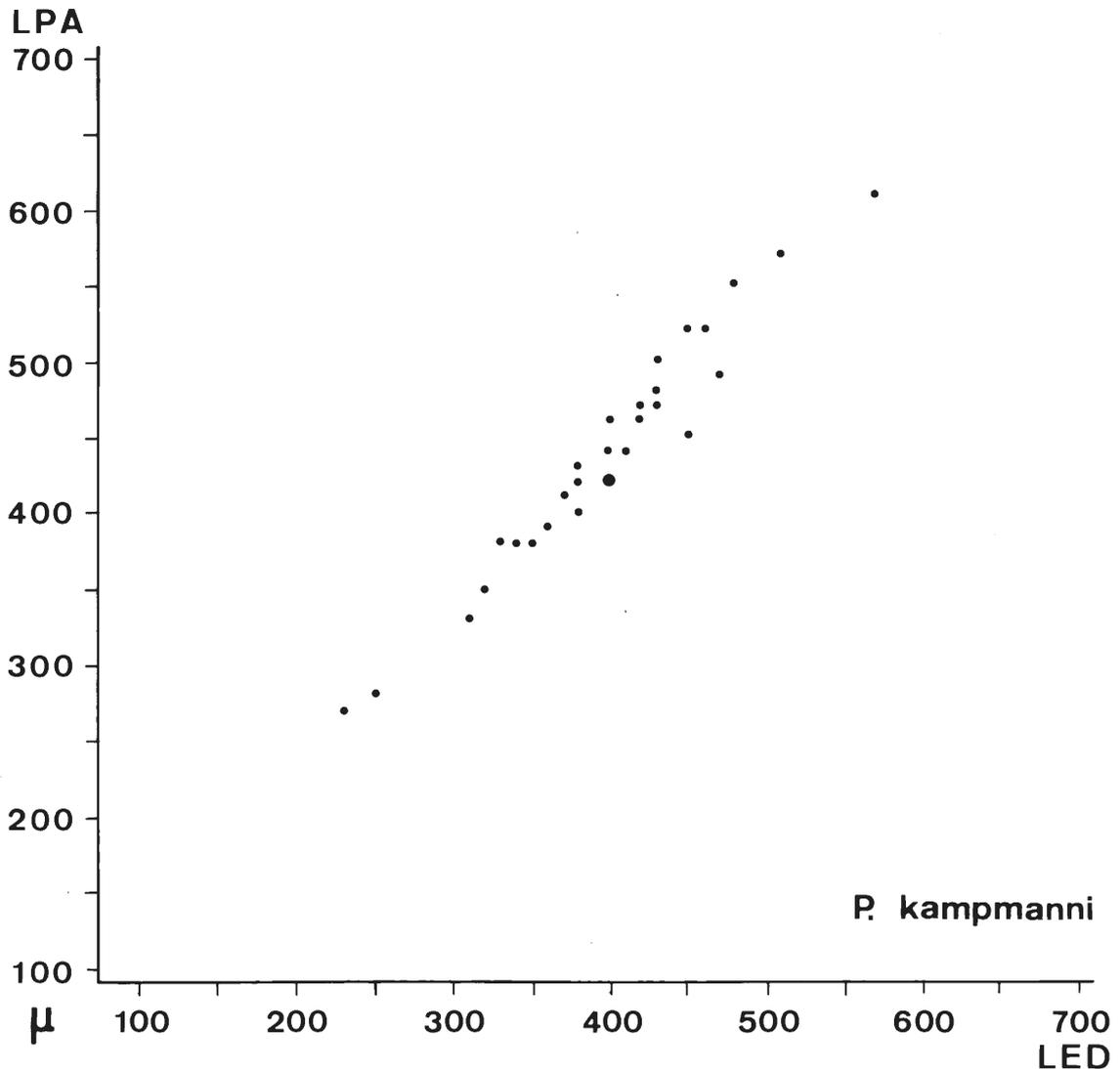


Abb. 6: *Peckisphaera kampmanni* n.sp.
LPA/LED-Verteilungsdiagramm von 29 Oosporangien.

ches Bild war mir bisher aus meiner Arbeit mit verkalkten Gyrogoniten nicht bekannt, weshalb ich im Zusammenhang auch mit der organischen Erhaltung an Wachstumsstadien, z.T. also Oogonien noch vor der Befruchtung dachte. Beim Stadium der Mikrostrukturen erwies sich dies jedoch als falsch, da im Wandbau alle Schichten (und darüberhinaus weitere) vorliegen, die rezent nur von befruchteten Oosporangien bekannt sind, sich also definitiv erst nach der Befruchtung zum Schutz der Zygote bilden.

Material: 29 Oosporangien aus mehreren Populationen.

Charoideae indet.
(Taf. 3, Fig. 10-11)

Ein Einzelstück eines nicht verkalkten Gyrogoniten der Unterfamilie mit extrem schlanker Form (640 μ Länge gegen 295 μ Breite, was einem Isopolaritätsindex von 216 entspricht), 13 seitlich sichtbaren Windungen von 50 μ Durchmesser (auf halber Höhe), geschlossenem Gipfel (Taf. 3, Fig. 10) und einteiliger, fünfeckiger Basalplatte (Taf. 3, Fig. 11). Erhaltung und Mikrostrukturen wie bei den meisten Stücken von *Peckisphaera verticillata* (PECK) GRAMBAST. Es handelt sich hierbei wohl um ein stark verlängertes Exemplar dieser oder einer anderen Art, wie sie als Ausreißerformen auch bei vielen rezenten und tertiären Spezies bekannt wurden.

Charoideae indet. (Oosporen i.w.S.)
(Taf. 3, Fig. 12-14)

Auf lichtoptischem Wege ließen sich 6 kleine Objekte trennen, die sich nach den statistisch behandelten Parametern deutlich von den beiden beschriebenen *Peckisphaera*-Arten unterscheiden. Bei der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung ihrer Wandstrukturen stellte sich heraus, daß es sich bei diesen um Oosporen handelt. Der Begriff Oospore wird hierbei im weiteren bzw. älteren Sinne gebraucht, da das Sporostin die äußerste Wandschicht bildet. Dieses ist jedoch nach SOULIE-MÄRSCHÉ (1979) eine interzelluläre Bildung und weder der Oospore noch, wie bisher vermutet, den Spiralzellen zugehörig. Bei unseren Untersuchungen deutet sich eine Bestätigung der Anschauung von Frau SOULIE-MÄRSCHÉ an. Es erscheint mir jedoch gerechtfertigt, für die praktische Arbeit solche Objekte ohne Derivate der Spiralzellen weiterhin als Oosporen (i.w.S.) zu bezeichnen.

Eine nähere Zuordnung (Gattung, Art) ist nicht möglich. Die einteilige Basalplatte gibt jedoch einen klaren Hinweis auf die Unterfamilie Charoideae.

| | | |
|------------------|---------------|-------------|
| Variationen: LPA | 290-370 μ | 341,7 μ |
| LED | 200-265 μ | 240,8 μ |
| ISI | 132-163 | 142,3 |
| AND | 125-190 μ | 170,0 μ |
| ANI | 43-52 | 49,3 |
| NC | 13-18 | 15,8 |
| ECD | 20-30 μ | 26,7 μ |
| CDI | 58-88 | 77,8 |

Material: 6 Oosporen (i.w.S.) aus einer Population.

Charales indet.

Einige schlecht erhaltene, z.T. sehr stark verkieste Gyrogonite oder auch (?) Utriculi, bei denen aufgrund der 5 linksgewundenen Spiralzellen lediglich eine Zuordnung zur Ordnung Charales möglich ist.

Material: 7 Individuen.

Vegetative Teile
(Taf. 4, Fig. 11-13)

Vegetative Teile von Charophyten, auf denen die Rezentsystematik hauptsächlich fußt, wurden aus dem prä-Tertiär bisher nur vereinzelt genauer beschrieben (HARRIS 1939, BARKER et al. 1975 sowie die Literatur über die nur fossil bekannte Gattung *Munieria* DEECKE), obwohl sie eigentlich gar nicht so selten sind. Das liegt natürlich daran, daß die Systematik im fossilen Bereich und damit die biostratigraphische Nutzbarkeit fast ausschließlich auf den mineralisierten weiblichen Fortpflanzungsorganen (Gyrogoniten) beruht. Aus diesem Grunde lassen sich nach dem heutigen Forschungsstand aus vegetativen Resten keine stratigraphischen oder ökologischen Rückschlüsse ziehen.

In Nehden wurden drei Thallus-Bruchstücke bereits von KAMPMANN (1983a) gefunden und abgebildet (seine Taf. 20, Fig. 1a-d). Diese standen auch hier zur Verfügung, darüber hinaus gelangen keine Neufunde. Bei den längsgerieften Formen handelt es sich um typische berindete Internodien, wie sie auch rezent bei den Gattungen *Chara* und *Lychnothamnus* der Unterfamilie Charoideae bekannt sind (Taf. 4, Fig. 11). Das dritte Stück (Taf. 4, Fig. 12, 13) ist unberindet, zeigt in regelmäßigen Abständen wirtelige Verzweigungen (Stipularkranz ?) und könnte den Rest eines Blättchens darstellen. Eine systematische Zuordnung ist zur Zeit noch nicht möglich.

6. Datierungen

6.1. Bisherige Einstufungen

In einem ersten kurzen Bericht stellt MÄDLER (1977, zit. in: MEIBURG 1979: 368 und HUCKRIEDE 1982: 196) die Sporengemeinschaft der Fundstelle in den „höheren Wealden bis Valangin (mit aufgearbeiteten Keuper-Sporen)“.

| | Stufe | GREBE 1982 | HUCKRIEDE 1982 SCHULTZ & NOLL 1987 | SCHUDACK 1987 |
|--------------------|--------------------|-----------------------|---|--------------------------|
| Unterkreide | Albium | | | |
| | Aptium | | | |
| | Barrêmium | | | |
| | Hauterivium | | | |
| | Valanginium | | | |
| | Berriasium | | | |
| | | | | |

Abb. 7: Datierungen der Nehdener Karstfüllung nach verschiedenen Autoren.

GREBE (1982) untersucht die Mikrosporen-Assoziationen von zwei Proben und ordnet sie „mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ der Unterkreide zu. Die Bestimmung der Stufe hält sie für schwieriger, sieht jedoch gute Gründe, eher oberes (Barrëmium – Albium) als unteres (Berriasium – Hauterivium) Unterkreide-Alter anzunehmen. Durch einen Vergleich der Assoziationen von Nehden mit anderen aus Europa und Amerika kommt sie zu einer weiteren Einschränkung auf vermutliches Aptium/Albium. Die gleiche Tendenz erbringen prozentuale Anteile bestimmter Taxa in den Assoziationen sowie 3-5,8 % vermutlicher Angiospermen-Pollen.

HUCKRIEDE (1982) zieht zur Datierung eine etwas größere Anzahl von Fossilgruppen sowie die Regionalgeologie/-stratigraphie der marinen Kreide heran. Demnach ist ein Albium-Alter der rein limnischen Höhlenfüllung aufgrund des bis in unmittelbare Nähe verbreiteten Rùthener Grünsandsteins (vgl. hierzu insbesondere SPEETZEN et al. 1974, HISS & SPEETZEN 1986) unwahrscheinlich. *Weichselia*, *Costhatheca* und die vorkommenden Samen deuten eher auf höheres denn auf tieferes Unterkreide-Alter. Die Megasporen-Vergesellschaftungen unterscheiden sich deutlich von denen aus dem Wealden Nordwestdeutschlands (Berriasium-Valanginium) und auch aus dem Hauptteil des englischen Wealden. Es gibt jedoch geringe Übereinstimmungen mit dem oberen Teil der Weald Shales, die der Autor nach HUGHES (1958) dem älteren Aptium zuordnet. Die vielen in Nehden nachgewiesenen neuen Megasporen-Spezies sollen demnach nur im Aptium denkbar sein.

Zwei Charophytenarten wurden bereits von FEIST (in HUCKRIEDE 1982) bestimmt: *Clypeator europaeus* MÄDLER und *Atopochara trivolvis* PECK. Diese lassen eine sichere Einstufung in das Barrëmium oder Aptium zu.

CLAUSEN et al. (1978) erwähnen kurz eine Spaltenfüllung auf Blatt Alme, bei der es sich nach den r/h-Werten nur um die gleiche Lokalität handeln kann (s.a. HUCKRIEDE 1982, OEKENTORP 1984). Aufgrund von 2 % tricolpatem Angiospermen-Pollen stufen sie die Sedimente „mit Sicherheit in die obere Unterkreide, Alb bis oberstes Apt“ ein. CLAUSEN et al. (1982) führen diese Assoziationen genauer auf.

In einer erst kürzlich erschienenen Arbeit beschreiben SCHULTZ & NOLL (1987) weitere Megasporen aus der Nehdener Karsthöhle. Auch sie gelangen, unter zusätzlicher Verwendung der bereits vorher beschriebenen Arten, zu einem Aptium-Alter. Die Autoren führen als Hauptargument dafür die Tatsache an, daß in dieser Zeit die meisten ihrer Formen vorkommen (21 %). Als weiteren Hinweis nennen sie drei bisher nicht aus postaptischen Ablagerungen bekannte Spezies.

Weitere unterkretazische Spaltenfüllungen im nördlichen Sauerland (Abb. 1) finden sich bei Asbeck im Hönnetal (WIRTH 1964, v.d. BRELIE 1964) sowie auf der Warsteiner Karbonatplattform (MEIBURG 1979, CLAUSEN et al. 1978, 1982). Nach v.d. BRELIE (1964) gehört die Mikroflora von Asbeck vermutlich ebenfalls in das Aptium/Albium, sicher sei nur eine Unterkreide-Alter. Angiospermenpollen kommen untergeordnet vor. Die gleiche Einstufung geben CLAUSEN et al. (1978, 1982) für die Fundstelle bei Warstein, und zwar aufgrund eines Vergleiches mit der Sporenassoziation von Nehden (s.o.). Die allerdings vorhandenen deutlichen Unterschiede zu Nehden und das Fehlen von Angiospermenpollen erklären sie mit faziellen Abweichungen.

6.2. Datierung dieser Arbeit

Die systematische Bearbeitung der Charophytenflora führte zu einer etwas anderen Datierung für die Nehdener Karstfüllung als der bisher vermuteten: sie entstammt dem Barrëmium (Abb. 7). Auf Abb. 8 sind die bisherigen Beschreibungen der auch anderweitig bekannten Arten von Nehden mit zeitlicher Einstufung der Fundschichten und Herkunft zusammengefaßt. Alle fünf Arten kommen u.a. auch im Barrëmium vor, zwei davon sogar ausschließlich. Läßt man die etwas unsicheren Hauterive-Nennungen von *Atopochara trivolvis triquetra* GRAMBAST außer acht, gilt das sogar für drei Arten.

Als weiteres biostratigraphisches Argument kommt die typische Assoziation hinzu. SCHUDACK (1987) fand *Stellatochara nehdenensis* n.sp., *Atopochara trivolvis triquetra* GRAMBAST und *Peckisphaera verticillata* (PECK) GRAMBAST zusammen im Barrëmium der Sierra de los Cameros. *A. trivolvis triquetra* GRAMBAST, *Clypeator jiuquanensis* (WANG S.) GRAMBAST und *S. nehdenensis* n.sp. wurden von NEAGU & GEORGESCU-DONOS (1973) aus dem Barrëmium von Rumänien beschrieben. In der Zonenfolge von GRAMBAST (1974) sind die drei Clavatoraceen-Arten ebenfalls nur im Barrëmium aufgeführt.

| | OBERJURA | UNTERKREIDE | | | | | OBERKREIDE |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|--------|------------|
| | | BERRIASIUM | VALANGINIUM | HAUTERIVIUM | BARRËMIUM | APTIUM | |
| <i>Stellatochara nehdensis</i> n. sp. NEAGU & GEORGESCU - DONOS 1973 (als <i>Clavator</i> sp.) | Rumänien | | | | — | | |
| SCHUDACK 1987 (als <i>Stellatochara</i> aff. <i>reyi</i>) | Spanien | | | | — | | |
| <i>Perimneste vidua</i> GRAMBAST GRAMBAST 1967, 1968, 1974 | Spanien | | | | — | | |
| CANEROT 1979, 1982 | Spanien | | | | — | | |
| <i>Atopochara trivolvis triquetra</i> GRAMBAST GRAMBAST 1967, 1968, 1974 | Spanien | | | | — | | |
| CANEROT 1979, 1982 | Spanien | | | | — | | |
| VILAS et al. 1982 | Spanien | | | | — | | |
| BRENNER 1976 (als <i>A. trivolvis</i>) | Spanien | | | | — | | |
| GRABNER 1975 | Pyrenäen | | | | — | | |
| MUSACCHIO 1971, 1978, 1981 (z.T. als aff.-Form) | Argentinien | | | | — | | |
| WANG Z. & LU 1982 | China | | | | — | | |
| MARTIN - CLOSAS & GRAMB. - FESS. 1986 | Spanien | | | | — | | |
| SCHUDACK 1987 | Spanien | | | | — | | |
| <i>Clypeaton jiuquanensis</i> (WANG S.) GRAMBAST WANG S. 1965 (als <i>Perimneste</i> ji.) | China | | | | — | | |
| MÄDLER in NEAGU & GEORGESCU - DONOS 1973 (als <i>Cl. europaeus</i>) | Rumänien | | | | — | | |
| GRAMBAST 1974 (als <i>Cl. reyi</i>) | Portugal | | | | — | | |
| REY et al. 1972 (als <i>Cl. reyi</i>) | Portugal | | | | — | | |
| GRAMBAST - FESSARD 1980 (als <i>Cl. europaeus</i>) | Portugal | | | | — | | |
| WANG Z. & LU 1982 | China | | | | — | | |
| <i>Peckisphaera verticillata</i> (PECK) GRAMBAST PECK 1937 (als <i>Chara verticill.</i>) | USA | — | | | | | |
| PECK 1957 (als <i>Sphaerochara</i> v.) | USA | — | | | | | |
| KARCZEWSKA & ZIEMBINSKA - TWORZYDLO/Gobi-Wüste 1970 (als <i>Sphaerochara verticill.</i>) | | ••• | ••• | ••• | ••• | | |
| SCHUDACK 1987 | Spanien | | | | — | | |

Abb. 8: Zusammenstellung des bisherigen Vorkommens der Charophytenarten von Nehden. Hierbei ergibt sich eine sehr deutliche Konzentration auf das Barrëmium.

6.3. Vergleich der Datierungen

HUCKRIEDE (1982) und GREBE (1982) geben als sicheres Alter der Karstfüllung lediglich die höhere Unterkreide an. Dieses wird durch die Charophyten bestätigt, wenn man mit „höherer Unterkreide“ den Bereich Barrëmium bis Albiun meint. Ihre weitergehenden Vermutungen bedürfen jedoch einiger Kommentare:

Als eines der Hauptargumente für Aptium/Albiun-Alter führt GREBE das Auftreten von Angiospermenpollen zu über 3 % an. Sie bezeichnet ihn jedoch selbst als „nicht mit absoluter Sicherheit bestimmt“ (GREBE: S. 252). Solche Prozentwerte sollten vielleicht besser nicht so direkt zur Biostratigraphie verwendet werden, vergleiche etwa CLAUSEN et al. (1982), wo trotz Fehlens von Angiospermenpollen die Flora aus einer Spaltenfüllung bei Warstein ebenfalls in diese Zeit gestellt wird. Überhaupt ist wohl das Vorkommen von Nehden faziell und ökologisch als Einzelstandort nicht direkt mit den großen kontinentalen Sedimentationsbecken, etwa dem englischen Wealden, vergleichbar, aus denen zumeist die verwendeten biostratigraphischen Daten einschließlich der Prozentzahlen stammen.

Das Vorkommen von Angiospermenpollen in höheren Prozentzahlen muß also nicht gegen ein Barrëmium-Alter sprechen. Einfache Formen wie *Clavatipollenites*, den GREBE aus Nehden beschreibt, sind ja schon länger auch aus dem Barrëmium bekannt (KEMP 1968, HUGHES 1976, HUGHES et al. 1979, WARD

1986 u.a.). Lediglich die tricolpaten Arten, in Nehden nicht mit Sicherheit bestimmt (s.o.), wurden bislang nur aus jüngeren Stufen (ab Aptium) genannt. Hierbei ist allerdings zu bedenken, daß die meisten Daten zum Einsetzen der Angiospermen aus Gesteinsserien stammen, die intern relativ schlecht mit der internationalen Zeitskala korreliert sind (z.B. Wealden in England, Potomac-Gruppe in den U.S.A.). Unlängst konnten im englischen Wealden einige genauere Datierungen mit Dinocysten durchgeführt werden, aus denen folgt, daß die früher beschriebenen Schichten mit erstem Angiospermenpollen bereits im Hauterivium abgelagert wurden, so daß dessen Einsetzen entsprechend vorzudatieren ist (HUGHES & MCDUGALL 1987).

Die Argumente von HUCKRIEDE zur Einstufung der Sedimente in das Aptium sind z.T. durch neuere bzw. gleichzeitig erschienene Arbeiten nicht mehr aktuell. So nennt er als Hauptbeweis drei Megasporenarten, von denen jedoch zwei mittlerweile auch schon aus dem deutschen Wealden (Berriasium–Valanginium) bekannt sind (PELZER & RIEGEL 1982). Die dritte, *Dijkstraisporites helios* (DIJKSTRA) POTONIÉ, läßt aber auch ein Barrémium–Alter zu. Überhaupt entstammt ja der oberste Teil des englischen Wealden, aus dem diese Form sonst nur bekannt ist, nur minimal dem untersten Aptium (HUGHES 1958, BATTEN 1973, HUGHES et al. 1979), während bei den entsprechenden Ostrakoden–Arbeiten gar kein Aptium mehr aufgeführt ist. HUCKRIEDEs Schluß, die im Vergleich mit dem englischen Wealden ansonsten so andersartige Megasporenflora sei nur an dessen zeitlicher Obergrenze und darüberhinaus – also im Aptium – denkbar, ist der faziell und ökologisch wohl völlig andere Standort (s.o.) entgegenzuhalten.

Auch SCHULTZ & NOLL (1987) nennen eigentlich keine Art, die, wenn aus dem Aptium bereits bekannt, nicht auch im Barrémium vorkommt. Wenn auch mit 21 % die meisten Formen auf das Aptium konzentriert sind, so dürften die Werte für das Barrémium doch nicht wesentlich nach unten abweichen. Auch die drei nicht aus postaptischen Ablagerungen bekannten Spezies sprechen nicht gegen ein barrémisches Alter.

Meines Erachtens lassen bei Abwesenheit von Ostrakoden die Charophyten zur Zeit die sichersten Datierungen in der nichtmarinen Unterkreide zu. Dies gilt insbesondere für die Utricoli der Familie Clavatoraceae, die, wie bei den hier beschriebenen Arten, oft Glieder recht gut untersuchter Entwicklungsreihen darstellen. Diese Reihen konnten auf der Iberischen Halbinsel zum Teil mit der Stufenskala korreliert werden, da hier im Wealden immer wieder marine Ingressionen stattfanden und durch Foraminiferen, marin-brackische Ostrakoden sowie leider seltene Ammoniten ein Angleichen an die marine Zeitskala zulassen. Zu nennen sind hier vor allem die Arbeiten von GRAMBAST (1966–1974), CANEROT (1979, 1982), GRAMBAST-FESSARD (1980a, b) sowie MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD (1986). Im Zuge eigener Arbeiten im Wealden Spaniens (SCHUDACK 1987) haben sich diese Entwicklungsreihen bei häufigem Vergleich mit den Datierungen durch Ostrakoden durchaus bewährt, wenn auch die Zonenfolge von GRAMBAST (1974) einer gewissen Vervollständigung und Korrektur bedarf.

Eine Einstufung der Karstsedimente von Nehden in das Barrémium dürfte aufgrund der hier zusammengestellten Fakten wohl recht gesichert sein.

7. Ökologie

Rückschlüsse von unterkretäzischen Charophytenflore auf die ökologischen Bedingungen ihres ehemaligen Standortes sind zur Zeit nur sehr begrenzt möglich, da spezielle Zusammenstellungen über die Toleranzen der Gattungen und Arten noch fehlen. Allgemein sind sie jedoch Indikatoren für limnische bis brackische Salinitätsverhältnisse, zumindest bei autochthonem bis parautochthonem und postpaläozoischem Vorkommen.

Andererseits läßt das Vorkommen der hier beschriebenen Arten in der Karstfüllung von Nehden Rückschlüsse auf deren Salinitätsansprüche zu, denn Sedimente und Fossilgehalt sind rein limnischen Ursprungs. Es finden sich keinerlei Hinweise auf marinen oder brackischen Einfluß. Alle sechs Arten kommen also zumindest im Barrémium im reinen Süßwasser vor, was nicht heißen muß, daß sie nicht auch im stärker brackischen Bereich gefunden werden können. Diese Aussage ist die einzige, die hier festgehalten werden kann. Sie sollte jedoch als kleiner Beitrag zu einer vielleicht in naher Zukunft möglichen Auflistung der ökologischen Reichweiten von Charophytenarten/-gattungen notiert werden.

8. Paläogeographie

Im Briloner–Warsteiner Raum kommen als älteste kreidezeitliche Sedimente, abgesehen von den Karstfüllungen, relikhaft glaukonitfreie Quarzsandsteine vor, welche auf rein lithologischer Basis mit dem ebenfalls glaukonitfreien Osningsandstein im Eggegebirge korreliert wurden (HEITFELD 1957, SPEETZEN et al.

1974). Dieser hat, z.T. biostratigraphisch nachgewiesen, ein neokomes Alter (zusammenfassend dargestellt in KAEVER 1983). Darauf basierend wurde über lange Jahre in paläogeographischen Karten für das Hauterivium bis Aptium eine sehr weit nach SW reichende Form der sogenannten „Egge-Bucht“ dargestellt (SCHOTT et al. 1967, KEMPER 1979, ZIEGLER 1982). Demnach müßten die Warsteiner sowie der nördliche Teil der Briloner Karbonatplattform zu dieser Zeit vom Meer bzw. zumindest einem Ästuar bedeckt gewesen sein (Abb. 9).

Schon JARITZ (1970) zweifelt aufgrund von Überlegungen zur Epirogenese an dieser Form der Egge-bucht. MEIBURG (1979) führt weitere Gegenargumente auf (siehe dort) und stellt ein neues Modell zur Paläogeographie des Raumes im Hauterivium bis Aptium vor (Abb. 9). Im Zusammenhang mit seiner Einstufung der Nehdener Karstfüllung in das Aptium greift HUCKRIEDE (1982) das Thema auf und diskutiert es eingehend. Er läßt allerdings, im Gegensatz zu MEIBURG (1979), die Möglichkeit einer frühen Meeres-transgression (Hauterivium) im Briloner Gebiet mit anschließender Regression im Barrémium und schließlich erneuter Transgression im Albium bestehen.

Auch HISS & SPEETZEN (1986) halten die Annahme einer tiefunterkretazischen Egge-Bucht im Brilon-Warsteiner Raum aus neuerer Sicht unter Einbeziehung auch der bisherigen Datierungen von Nehden für fraglich. Die Autoren untersuchen die sandigen Transgressionsedimente des Mittel- bis Oberalb, die

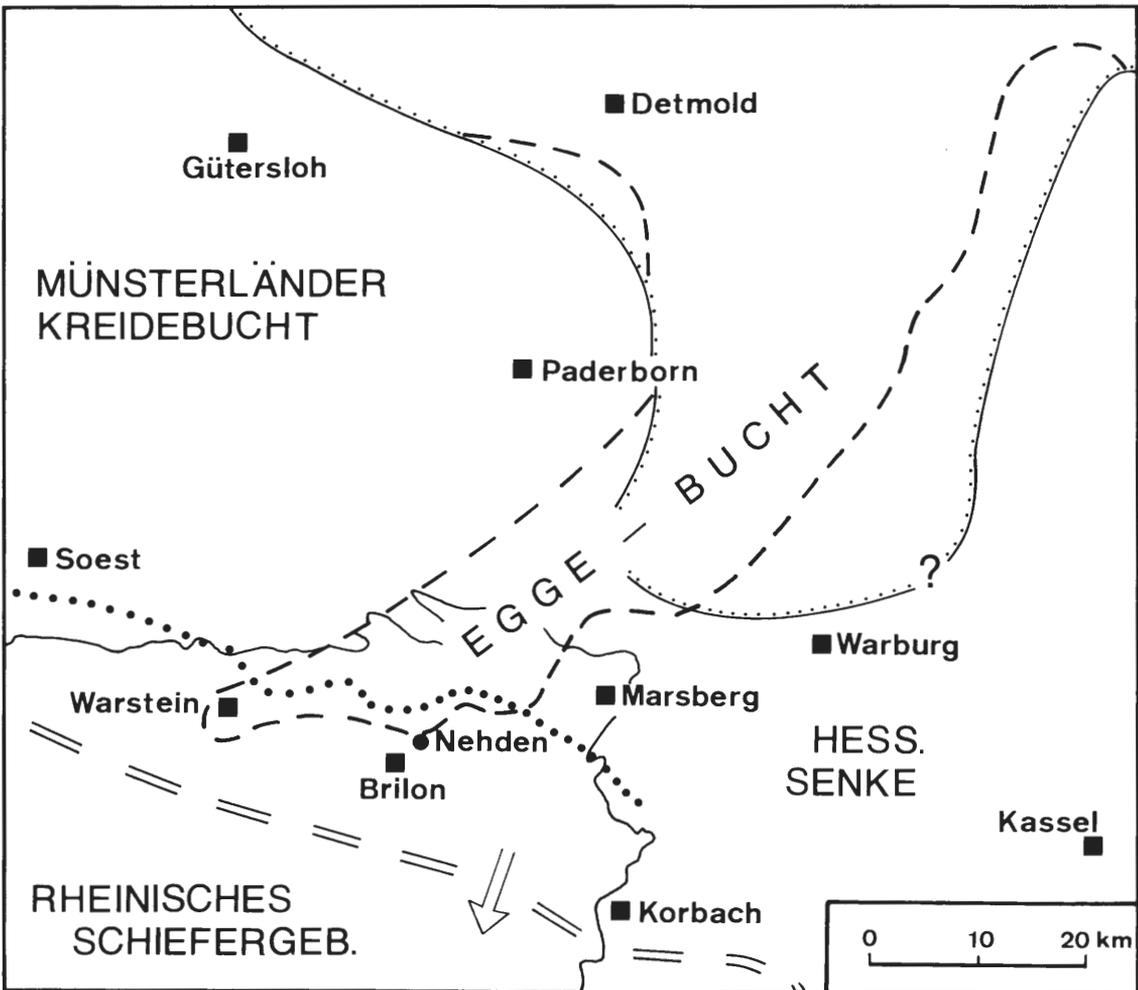


Abb. 9: Vermutete Küstenlinien des Kreidemeeres am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges
 - - - - Hauterivium bis Aptium nach SCHOTT et al. (1967) mit extrem weit nach SW reichender Egge-Bucht
 ····· Hauterivium bis Aptium nach MEIBURG (1979)
 ····· Albium kombiniert nach SPEETZEN et al. (1974) und HISS & SPEETZEN (1986)
 = = Cenomanium nach MEIBURG (1979)

demnach den Nordrand der beiden Karbonatplattformen erst jetzt erreicht haben. Erst im Cenomanium greift das Meer noch weiter nach Süden vor (Abb. 9).

Die Existenz rein limnischer Sedimente im Barrémium bei Nehden unterstützt nun im Zusammenhang mit der (noch gültigen, aber etwas unsicheren) Aptium/Albium-Einstufung der terrestrischen Karstfüllung von Warstein (CLAUSEN et al. 1978, CLAUSEN et al. 1982) diese Theorie auf das Deutlichste. Im gesamten Raum finden sich keinerlei Hinweise auf prä-albische marine Ablagerungen. Der globale eustatische Meeresspiegelanstieg vom Valanginium bis zur starken Regression im Aptium (VAIL et al. 1977) macht sich hier in keinsten Weise bemerkbar. Die einzigen biostratigraphischen Beweise sprechen jeweils für terrestrische (kontinentale) Bedingungen zu dieser Zeit.

9. Ausblick

Die Karsthöhlenfüllung von Nehden erlangt ihre besondere Bedeutung u.a. durch die Möglichkeit, nicht-marine Floren und Faunen aus dem Barrémium Deutschlands zu studieren, einer Zeit, in welcher die Entwicklung im sich nördlich anschließenden Niedersächsischen Becken (Abb. 10) marin war. Hier ist, wie im gesamten auf Abb. 10 dargestellten Raum nördlich der Schwellenregion London-Brabant-Massiv / Rheinische / Böhmisches Masse, in postvalanginischen Ablagerungen der eigentlichen Sedimentationsbekken nicht mehr mit Charophytenvorkommen zu rechnen. Deshalb ist Nehden auch für die Paläogeographie der einzelnen Gruppen sehr wichtig: alle Arten und Gattungen wurden hier erstmals für Mittel- und Nordeuropa nachgewiesen.

Insbesondere die Clavatoraceen sind postvalanginisch – auf Westeuropa bezogen – bislang nur aus weiter im Süden gelegenen Vorkommen bekannt (Portugal, Spanien, Südfrankreich, Schweiz, Italien), im englischen und niedersächsischen Wealdenbecken – z.T. faziell bedingt – nur aus wesentlich älteren Schichten. Die Charophyten des deutschen Kimmeridgium bis Unter-Valanginium (Kimmeridge bis Wealden) werden von mir zur Zeit zusammenfassend bearbeitet. Organisch erhaltene Oosporangien kannte man bislang aus dem Wealden von England und der Niederlande. Hier kommen, neben denen von Nehden, nun noch eigene Neufunde im Wealden der Boulonnais (Pariser Becken, Abb. 10) hinzu, so daß in Zukunft interessante Ergebnisse, auch biogeographisch, zu erwarten sind.

Zur Tragweite der Nehdener Funde für die Datierung der Iguanodonten, möglicherweise auch derer von Bernissart (Belgien), haben sich schon mehrere Autoren geäußert (OEKENTORP 1984, HÖLDER & NORMAN 1986, SCHULTZ & NOLL 1987). Das belgische „Bernissartien“ war früher ohne direkte Beweise in die tiefste Unterkreide gestellt worden, was später zum Teil bezweifelt wurde (ALLEN 1955), sich aber in vielen Darstellungen bis heute hält. Die Datierung der Nehdener Iguanodonten in das Barrémium kann hierzu einen Beitrag leisten. In jedem Fall kommt diese Sauriergattung zu dieser Zeit noch vor.

Abschließend sei bemerkt, daß der Fundort von Nehden noch längst nicht erschöpfend behandelt ist. Für die Paläobotanik ist vor allem das frühe Vorkommen von Angiospermenpollen in Kombination mit der recht guten Datierungsmöglichkeit durch Charophyten interessant. Bedenkt man die Tatsache, daß das bisher untersuchte Material nur aus den obersten 4 m Sedimentfolge stammt, die Mächtigkeit aber um einiges höher liegt (es gibt hier verschiedene Ansichten über die Lagerung, die Teufe beträgt jedenfalls ca. 20 m nach NIEMEYER in OEKENTORP 1984), ergeben sich interessante Aspekte. Eine erneute Untersuchung der Mikrosporen zur Absicherung des Auftretens von tricolpatem Angiospermenpollen (vgl. GREBE 1982) wäre ebenso von Interesse wie eine Kernbohrung größeren Durchmessers mit entsprechendem Materialgewinn bis hinab zum Grund des Karsthohlräum. Hier könnte, bei eventuell länger andauernder Sedimentation, die nächstältere Stufe, das Hauterivium, repräsentiert sein. In England tritt zu dieser Zeit ja bereits erster Angiospermenpollen auf (HUGHES & MCDUGALL 1987), was für den mitteleuropäischen Raum noch zu klären wäre.

10. Dank

Für die vorliegende Arbeit stellte Herr Dr. H. KAMPMANN (Bredelar) die gesamten Charophyten aus seiner Nehden-Sammlung zur Verfügung. Weiteres Material erhielt ich von der Sektion Paläobotanik des Forschungsinstitutes Senckenberg. Herr M. OLY fertigte die REM-Aufnahmen an, Herr W. MALCHEREK die Zeichen- und Frau K. ASCHENBRENNER die Fotoarbeiten. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Charophyten Oberjura/Unterkreide“. Allen genannten Personen und Institutionen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

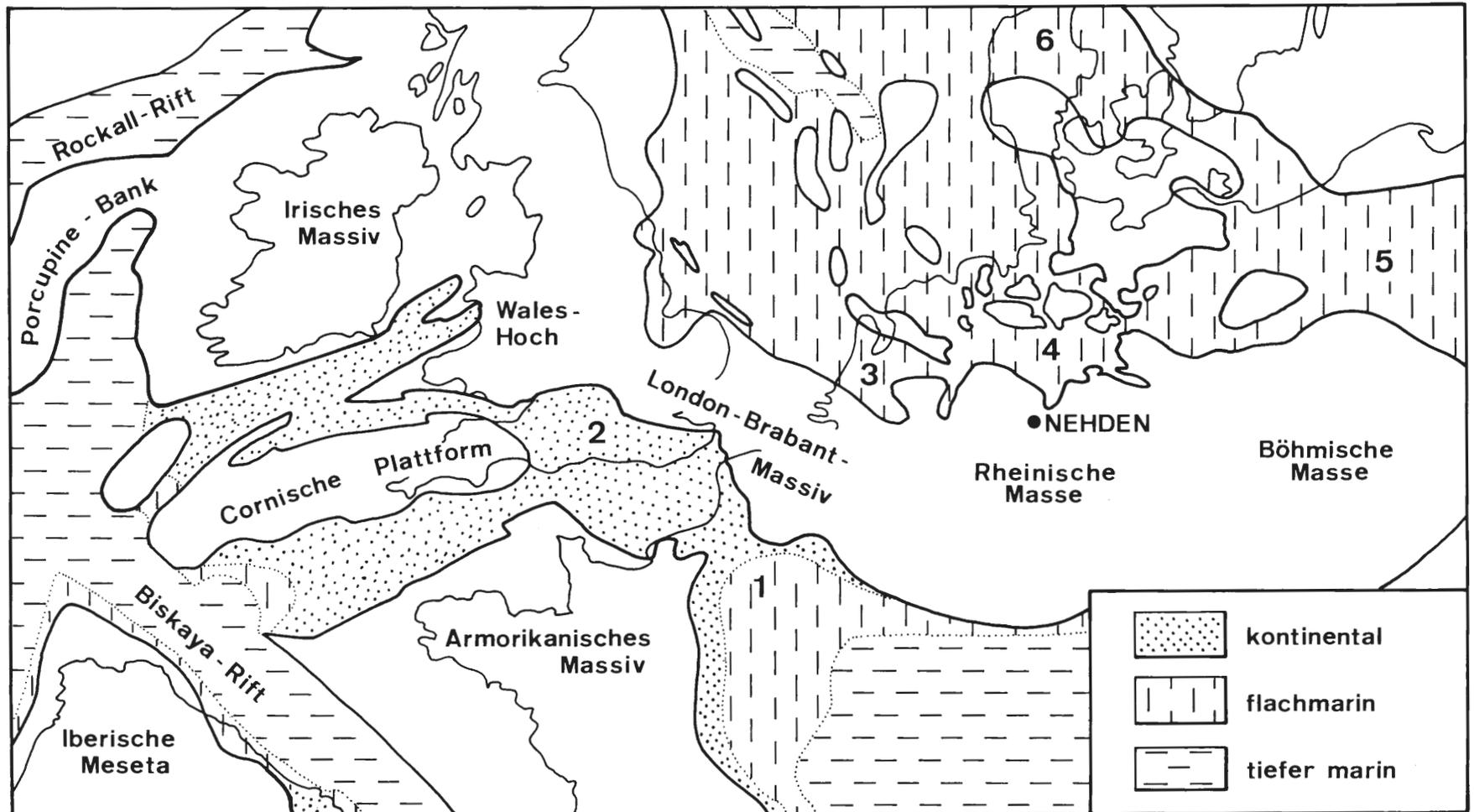


Abb. 10: Paläogeographische Situation Mittel- und Westeuropas im Barrémium. Stark vereinfacht und für das Barrémium leicht verändert nach der Karte für das Berriasium bis Barrémium von ZIEGLER (1982).

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1. Pariser Becken | 3. Westniederländisches Becken | 5. Polnisches Becken |
| 2. Englisches Wealdenbecken | 5. Niedersächsisches Becken | 6. Dänisches Becken |

11. Literatur

- ALLEN, P. (1955): Age of the Wealden in North-Western Europe. – *Geol. Mag.*, **92**: 265-281; London.
- BARKER, D.; BROWN, C. E.; BUGG, S. C. & COSTIN, J. (1975): Ostracods, land plants, and Charales from the basal Purbeck Beds of Postesham Quarry, Dorset. – *Palaeontology*, **18**: 419-436; London.
- BATTEN, D. (1973): Use of palynologic assemblage-types in Wealden correlation. – *Palaeontology*, **16**: 1-40; London.
- BRELIE, G. von der (1964): Eine unterkretazische Mikroflora aus dem nördlichen Sauerland. – *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **12**: 117-168; Krefeld.
- BRENNER, P. (1976): Ostracoden und Charophyten des spanischen Wealden. – *Palaeontographica*, (A), **152**: 113-201; Stuttgart.
- CANEROT, J. (1979): Les algues et leur environnement dans le Malm et le Crétacé inférieur des chaînes Ibérique et Catalane (Espagne). – *Bull. Centr. Réch. Explor. – Prod. Elf-Aquitaine*, **3**: 505-518; Pau.
- ,– (1982): Iberica Central – Maestrazgo. – in: *El cretácico de España*: 273-344; Madrid (Univ. Complutense).
- CLAUSEN, C.-D., GREBE, H., LEUTERITZ, K. & WIRTH, W. (1978): Zur Altersstellung und paläogeographischen Bedeutung des Paläokarstes auf der Warsteiner Karbonatplattform. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **1978**: 577-589; Stuttgart.
- CLAUSEN, C.-D., GREBE, H., LEUTERITZ, K., UFENNORDE, H. & WIRTH, W. (1982): Zur Paläogeographie, Tektonik und Karstmorphologie der Warsteiner Carbonatplattform. – *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.*, **30**: 241-319; Krefeld.
- DIJKSTRA, S. J. (1959): On megaspores, charophyte fruits and some other small fossils from the Cretaceous. – *Paleobotanist*, **8**: 8-18; Lucknow.
- DYCK, L. A. (1970): Morphological, chemical and development studies of *Chara* oosporangial walls. – *Diss. Univ. Washington*, Missouri: 207 S.; Washington, Missouri.
- FEIST, M. (1981): Charophytes du Crétacé moyen et données nouvelles sur l'évolution des Clavatoracées. – *Cret. Res.*, **2**: 319-330; London.
- ,– (1982): Clavatoraceae. – in: HUCKRIEDE, R.: *Die unterkretazische Karsthöhlenfüllung von Nehden im Sauerland*. 1. Geologische, paläontologische und paläobotanische Befunde und Datierung. – *Geologica et Palaeontologica*, **16**: 183-242; Marburg.
- FEIST, M. & GRAMBAST-FESSARD, N. (1982): Clé de détermination pour les genres des charophytes. – *Paléobiol. continent.*, **13**: 1-28; Montpellier.
- ,– (1984): Charophytes. – in: COLIN et al.: *Charophytes and ostracods from the Berriasian (Purbeckian facies) of Cala d'Inferno (Nurra region, NW Sardinia)*. – *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, **23**: 345-354; Modena.
- GRABNER, I. (1975): *Die Jura/Kreide-Grenzsichten in den baskischen Pyrenäen (Nordspanien)*. – *Diss. Univ. Frankfurt*: 220 S.; Frankfurt.
- GRAMBAST, L. (1962): Classification de l'embranchement des charophytes. – *Nat. Monspel., Sér. Bot.*, **14**: 63-86; Montpellier.
- ,– (1964): Précisions nouvelles sur la phylogénie des charophytes. – *Nat. Monspel., Sér. Bot.*, **16**: 71-77; Montpellier.
- ,– (1966a): Remarques sur le genre *Nodosoclavator* MASLOV emend. – *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, **1966**: 269-270; Paris.
- ,– (1966b): Structure de l'utricule et phylogénie chez les Clavatoracées. – *C. R. Acad. Sci. Paris, (D)*, **262**: 207-221; Paris.
- ,– (1966c): Un nouveau type structurale chez les Clavatoracées; son intérêt phylogénétique et stratigraphique. – *C. Acad. Sci. Paris, (D)*, **262**: 1929-1932; Paris.
- ,– (1967): La série évolutive *Perimneste* – *Atopochara* (Charophytes). – *C. R. Acad. Sci. Paris, (D)*, **264**: 581-584; Paris.
- ,– (1968): Evolution of the utricule in the charophyte genera *Perimneste* HARRIS and *Atopochara* PECK. – *J. Linn. Soc. (Bot.)*, **61**: 5-11; London.

- ,– (1969): La symétrie de l'utricule chez les Clavatoracées et sa signification phylogénétique. – C. R. Acad. Sci. Paris, (D), **269**: 878-881; Paris.
- ,– (1970): Origine et évolution des *Clypeator* (Charophytes). – C. R. Acad. Sci. Paris, (D), **271**: 1964-1967; Paris.
- ,– (1974): Phylogeny of the Charophyta. – *Taxon*, **23**: 463-481; Utrecht.
- GRAMBAST, L. & LORCH, J. (1968): Une flore de charophytes du Crétacé inférieur du proche-orient. – *Nat. Monspel., Sér. Bot.*; **19**: 47-56; Montpellier.
- GRAMBST-FESSARD, N. (1980a): Description de deux espèces nouvelles d'*Atopochara* PECK (Clavatoraceae, Charophyta). – *Géobios*, **13**: 129-135; Lyon.
- ,– (1980b): Quelques espèces de *Clypeator* GRAMBAST (Clavatoraceae) et les charophytes associées du Crétacé inférieur du Portugal. – *Rev. Micropal.*, **23**: 37-47; Paris.
- GREBE, H. (1982): Die unterkretazische Karsthöhlenfüllung von Nehden im Sauerland. 2. Die Mikrosporen-Assoziationen, Altersaussage und Versuch eines Vegetationsbildes. – *Geologica et Palaeontologica*, **16**: 243-258; Marburg.
- HARRIS, T. M. (1939): British Purbeck charophyta. – 83 S.; London (Brit. Mus. Nat. Hist.).
- HEITFELD, H. (1957): Zur Stratigraphie der Kreide am Nordrand des Sauerlandes zwischen Sichtingvor und Essentho. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **105**: 79-112; Stuttgart.
- HISS, M. & SPEETZEN, E. (1986): Transgressionsedimente des Mittel- bis Oberalb am SE-Rand der Westfälischen Kreidemulde (NW-Deutschland). – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **1986**: 648-670; Stuttgart.
- HÖLDER, H. (1982): Die Sauriergrabung von Nehden. – *Jb. Ges. Förder. Westf. Wilhelms-Univ. Münster*, **1980/81**: 37-41; Münster.
- HÖLDER, H. & NORMAN, D. B. (1986): Kreide-Dinosaurier im Sauerland. – *Naturwissenschaften* **73**: 109-116; Berlin.
- HÖLDER, H. & OEKENTORP, K. (1981): Sauriergrabung im Sauerland. – *Nachr. dt. geol. Ges.*, **24**: 137-138; Hannover.
- HORN AF RANTZIEN, H. (1954): Middle Triassic charophyta of South Sweden. – *Opera Botanica*, **1**: 1-83; Lund.
- ,– (1956): Morphological terminology relating to female charophyte gametangia and fructifications. – *Bot. Notiser*, **109**: 212-259; Lund.
- ,– (1957): Nitellaceous charophyte gyrogonites in the Rajmahal Series (upper Gondwana) of India with notes on the flora and stratigraphy. – *Stockh. Contr. Geol.*, **1**: 1-29; Stockholm.
- ,– (1959): Recent charophyte fructifications and their relations to fossil charophyte gyrogonites. – *Ark. Bot., ser. 2*, **4**: 165-325; Stockholm.
- HUCKRIEDE, R. (1982): Die unterkretazische Karsthöhlenfüllung von Nehden im Sauerland. 1. Geologische, paläozoologische und paläobotanische Befunde und Datierung. – *Geologica et Palaeontologica*, **16**: 183-242; Marburg.
- HUGHES, N. F. (1958): Paleontological evidence for the age of the English Wealden. – *Geol. Mag.*, **19**: 41-49; Herford.
- ,– (1976): Paleobiology of angiosperm origins. – 242 S.; Cambridge (Univ. Press).
- HUGHES, N. F., DREWRY, G. E. & LAING, J. F. (1979): Barrémian earliest angiosperm pollen. – *Palaeontology*, **22**: 513-535; London.
- HUGHES, N. F. & MCDUGALL, A. B. (1987): Records of angiospermid pollen entry into the English Early Cretaceous succession. – *Rev. Paleobot. Palynol.*, **50**: 255-272; Amsterdam.
- JARITZ, W. (1970): Epirogenese in Nordwestdeutschland im höheren Jura und in der Unterkreide. – *Geol. Rdsch.*, **59**: 114-124; Stuttgart.
- JOHNSON, J. H. (1964): The Jurassic algae. – *Quart. Colorado School of Mines*, **59**: 129 S.; Golden.
- KAEVER, M. (1983): Aspekte der Kreide Westfalens. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **166**: 86-115; Stuttgart.
- KAMPMANN, H. (1983a): Mikrofossilien, Hölzer, Zapfen und Pflanzenreste aus der unterkretazischen Sauriergrube bei

- Brilon-Nehden. – Geol. Paläont. Westf., **1**: 146 S.; Münster.
- ,– (1983b): Ein Insekten-Exkrement aus Sporen aus dem unterkretazischen Saurierlager von Nehden (Sauerland, Westfalen). – Paläont. Z., **57**: 75-77; Stuttgart.
- KARCEZSKA, J. & ZIEMBINSKA-TWORZYDLO, M. (1970): Upper Cretaceous charophyta from the Nemegt-Basin, Gobi-Desert. – Palaeont. Polon., **21**: 121-144; Warszawa.
- KEMP, E. (1968): Probable angiosperm pollen from British Barrêmian to Albian strata. – Palaeontology, **11**: 421-434; London.
- KEMPER, E. (1979): Die Unterkreide Nordwestdeutschlands. Ein Überblick. – in: Aspekte der Kreide Europas. IUGS Ser. A, **6**: 1-9; Stuttgart.
- KOZUR, H. & REINHARDT, P. (1969): Charophyten aus dem Muschelkalk und dem unteren Keuper Mecklenburgs und Thüringens. – Mber. Dt. Akad. Wiss. Berl., **11**: 369-386; Berlin.
- LYELL, Ch. (1826): On a recent formation of freshwater limestone in Forfarshire and some recent deposits of freshwater marl, with an appendix on the gyrogonite or seed-vessel of the *Chara*. – Trans. geol. Soc., (2) **2**: 73-96; London.
- MÄDLER, K. (1952): Charophyten aus dem nordwestdeutschen Kimmeridge. – Geol. Jb., **67**: 1-46; Hannover.
- MARTIN-CLOSAS, C. & GRAMBAST-FESSARD, N. (1986): Les Charophytes du Crétacé inférieur de la région du Maestrat (Chaîne Ibérique-Catalanides, Espagne). – Paléobiol. continentale, **15**: 1-66; Montpellier.
- MEIBURG, P. (1979): Kreide-Transgression und Paläokarst im Gebiete der Warsteiner Karbonat-Plattform (Westfalen). – in: Aspekte der Kreide Europas, IUGS ser. A, **6**: 363-384; Stuttgart.
- MUSACCHIO, E. A. (1971): Charophytas de la formacion La Armaga (Cretácico inferior), provincia de Neuquen, Argentina. – Rev. Mus. La Plata, N. S., **6** (Paleont. 37): 19-38; Buenos Aires.
- ,– (1973): Charophytas y ostracodos no marinos del Grupo Neuquen (Crétácico superior) en algunos afloramientos de la provincia de Rio Negro y Neuquen, Republica Argentina. – Rev. Mus. La Plata, N. S., **8** (Paleont. **48**): 1-32; Buenos Aires.
- ,– (1978): Microfauna del Jurásico y el Crétácico inferior. – VII. Congr. Arg., Relatorio: 147-161; Buenos Aires.
- ,– (1981): South American Jurassic and Cretaceous foraminifera, ostracoda and charophyta of Andean and Sub-Andean regions. – in: Comit. Sudamer. Jur. Cret.: Cuencas sedimentarias del Jurásico y Crétácico de Marica del Sur, **2**: 461-498; Buenos Aires.
- NEAGU, T. & GEORGESCU-DONOS, M. O. (1973): Characeae eocretacice din Dobrogea de Sud (Valea Akargea-Pestera). – St. cerc. geol. geofiz., geogr., ser. geol., **18**: 171-185; Bucarest.
- NORMAN, D. B. (1985): The illustrated encyclopedia of Dinosaurs.
- ,– (1987): A mass-accumulation of vertebrates from the Lower Cretaceous of Nehden (Sauerland), West Germany. – Proc. R. Soc. Lond., (B), **230**: 215-255; London.
- OEKENTORP, K. (1984): Die Saurierfundstelle Brilon-Nehden (Rheinisches Schiefergebirge) und das Alter der Verkarstung. – Kölner Geogr. Arb., **45**: 293-315; Köln.
- PECK, R. E. (1934): Late Paleozoic and early Mesozoic Charophyta. – Am. J. Sci., (5), **27**: 49-55; New Haven.
- ,– (1937): Morrison Charophyta from Wyoming. – J. Pal., **11**: 83-90; Tulsa.
- ,– (1941): Lower Cretaceous Rocky Mountain nonmarine microfossils. – J. Pal., **15**: 285-304; Tulsa.
- ,– (1957): North American Mesozoic Charophyta. – Geol. Surv. Prof. Paper **294-A**: 44 S.; Washington.
- PELZER, G. & RIEGEL, W. (1982): Megasporen aus der Bückeberg-Formation 1 (Wealden) des Osterwaldes. Eine vorläufige Mitteilung. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **56**: 23-32; Frankfurt.
- SAIDAKOVSKY, L. Y. (1966a): Biostratigraphy of Triassic deposits in the South of the Russian platform. (in russisch). – in: MASLOV, V. P. & VAKHRAMEEV, V. A. (ed.): Fossil charophytes of the USSR. Transact. Publ. Off. Nauka, Acad. Sci. USSR, **143**: 93-144; Moskba.

- ,– (1966b): Charophytes from Upper Permian deposits in the South of the Russian platform. (in russisch). – in: MAS-LOV, V. P. & VAKHRAMEEV, V. A. (ed.): Fossils charophytes of the USSR. Transact. Publ. Off. Nauka, Acad. Sci. USSR, **143**: 145-153; Moskba.
- SCHOTT, W. et al. (BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG) (1967): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland mit einer Übersichtsdarstellung des nördlichen Mitteleuropa. – 306 Ktn; Hannover.
- SCHUDACK, M. (1987): Charophytenflora und fazielle Entwicklung der Grenzschichten mariner Jura/Wealden in den Nordwestlichen Iberischen Ketten (mit Vergleichen zu Asturien und Kantabrien). – *Palaeontographica*, (B), **204**: 1-180; Stuttgart.
- SCHULTZ, G. & NOLL, H. (1987): Die Megasporen-Assoziation in den unterkretazischen Sedimenten einer Paläokarsthöhle bei Nehden im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). Nachträge zu der bereits bekannten Vergesellschaftung. – *Palaeontographica*, (B), **203**: 83-107; Stuttgart.
- SEWARD, A. C. (1894): The Wealden Flora, Part I. Thalophyta – Pteridophyta. – Catalogue of Mesozoic plants in the Department of Geology, British Museum (Natural History): 179 S.; London.
- SHAIKIN, I. M. (1976): New data on the biostratigraphy of the Jurassic and Cretaceous deposits of the Fore-Dobrogean trough. (in russisch). – *Geol. Zh.*, **36**: 77-86; Kiev.
- SOULIE-MÄRSCHÉ, I. (1979): Etude comparée de fructifications de Charophytes actuelles et fossiles (Neogène et Quaternaire) et phylogénie des genres actuelles. – Thèse Univ. Montpellier: XVI+320 S.; Montpellier.
- SPEETZEN, E. (1970): Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Osning-Sandstein (Unterkreide) des Egge-Gebirges und des südöstlichen Teutoburger Waldes (Westfalen, NW-Deutschland). – *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, **18**: 1-149; Münster.
- SPEETZEN, E., EL-ARNAUTI, A. & KAEVER, M. (1974): Beitrag zur Stratigraphie und Paläogeographie der Kreide-Basis-schichten am SE-Rand der Westfälischen Kreidemulde (NW-Deutschland). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **145**: 207-241; Stuttgart.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M. Jr., TODD, R. G., WIDMIER, J. M., THOMPSON, S., SANGREE, J. B., BUBB, J. N. & HATELID, W. G. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. – *A. A. P. G. Mem.*, **26**: 49-212; Tulsa.
- VILAS, L., MAS, R., GARCIA, A., ARIAS, C., ALONSO, A., MELENDEZ, N. & RINCON, R. (1982): Iberica Suroccidental. – in: *El Cretácico de España*: 457-514; Madrid (Univ. Complutense).
- VORTISCH, W. (1983): Die unterkretazische Karsthöhlenfüllung von Nehden im Sauerland. 3. Tonmineralogische Untersuchungen. – *Geologica et Palaeontologica*, **17**: 245-253; Marburg.
- WANG S. (1965): Mesozoic and Tertiary Charophyta from Jinquan basin of Kansu province. – *Acta Pal. Sinica*, **13**: 485-499; Beijing.
- WANG, Z. (1978): Cretaceous charophytes from the Yangtze-Han River Basin with a note on the classification of Porocharaceae and Characeae. (in chinesisches). – *Mem. Nanjing Inst. Geol. & Pal.*, Acad. Sinica, **5**: 61-92; Nanjing.
- ,– (1981): Mesozoic charophytes from the Anhui and Zeijiang with its stratigraphic significance. (in chinesisches). – *Acta Pal. Sinica*, **20**: 311-325; Beijing.
- WANG Z. & LU H.-N. (1982): Classification and evolution of Clavatoraceae, with notes on its distribution in China. (in chinesisches). – *Bull. Nanjing Inst. Geol. & Palaeont.*, Acad. Sinica, **4**: 77-108; Nanjing.
- WARD, J. V. (1986): Early Cretaceous angiosperm pollen from the Cheyenne and Kiowa Formations (Albian) of Kansas, U.S.A. – *Palaeontographica*, (B), **202**: 1-81; Stuttgart.
- WATSON, J. (1969): A revision of the English Wealden fossil flora, 1. Charales – Ginkgoales. – *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist.*, Geol. **17**: 207-254; London.
- WILDE, V. & GOTH, K. (1986): Terrestrische Unterkreide von Brilon-Nehden (Sauerland). – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **85**: 225-228; Frankfurt.
- WIRTH, W. (1964): Über zwei Unterkreidedelikte im nördlichen Sauerland. – *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **7**: 403-420; Krefeld.
- ZIEGLER, P. A. (1982): Geological atlas of Western and Central Europe. – 130 S.; Amsterdam-Oxford-New York (Elsevier).

TAFEL 1

Fig. 1-4 *Stellatochara nehdenensis* n.sp.

Fig. 1 Holotyp, Seitenansicht; x 90.

Fig. 2 Holotyp, Top; x 130.

Fig. 3 Paratyp, Basis; x 90.

Fig. 4 Paratyp, Seitenansicht; x 90.

Fig. 5 *Stellatochara* sp., Seitenansicht; x 90.

Fig. 6-12 *Perimneste vidua* GRAMBAST 1967.

Fig. 6 Seitenansicht, schwach verkalktes Stück; x 30.

Fig. 7 Seitenansicht, stark verkalktes Stück mit basisnaher adaxialer, vegetativer Zelle; x 30.

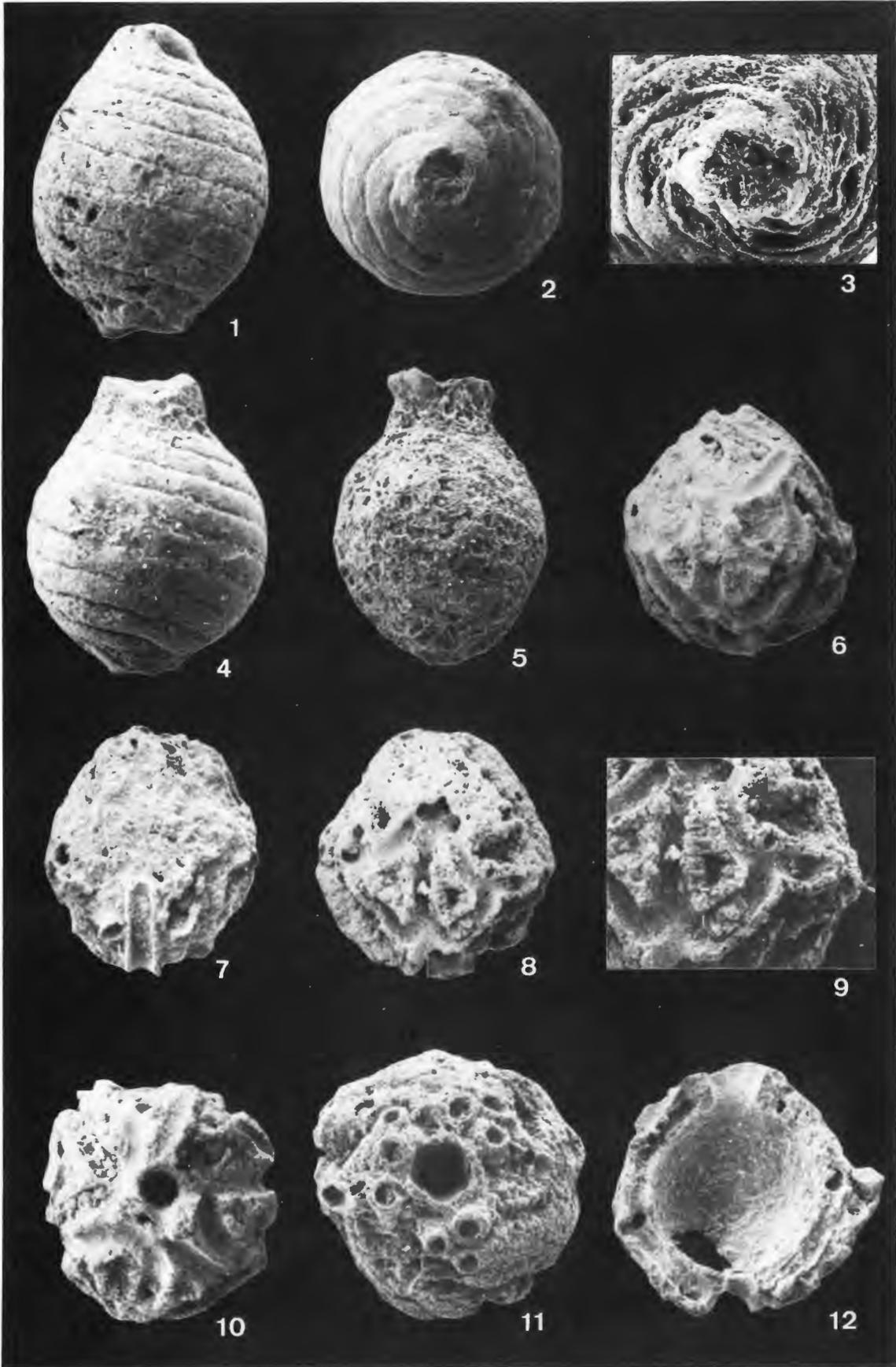
Fig. 8 Seitenansicht, schwächer verkalktes Stück, x 30.

Fig. 9 Ausschnitt aus Fig. 8 mit „antheridientragender Gabelung“, x 50.

Fig. 10 Basis, schwach verkalktes Stück; x 30.

Fig. 11 Top, stark verkalktes Stück, pentagonale Apikalpore, Zellendigungen in Dreiergruppen; x 30.

Fig. 12 Seitenansicht, aufgebrochenes, stark verkalktes Stück, trichterförmige Apikalpore; x 30.



TAFEL 2

Fig. 1-5 *Atopochara trivolvis triquetra* GRAMBAST 1967.

Fig. 1 Seitenansicht; x 55.

Fig. 2 Top, pentagonale Apikalpore; x 55.

Fig. 3 Top, abgerundet pentagonale Apikalpore; x 55.

Fig. 4 Basis, triangularer Umriß; x 55.

Fig. 5 Basis, triangularer Umriß; x 55.

Fig. 6-13 *Clypeator jiuquanensis* (WANG S. 1965) GRAMBAST 1970.

Fig. 6 Basis, Stück mit wenig ausgeprägten Sporen, abaxial oben, adaxial unten; x 55.

Fig. 7 Top, abaxial oben, adaxial unten, abgerundet pentagonale Apikalpore; x 55.

Fig. 8 Abaxial; x 55.

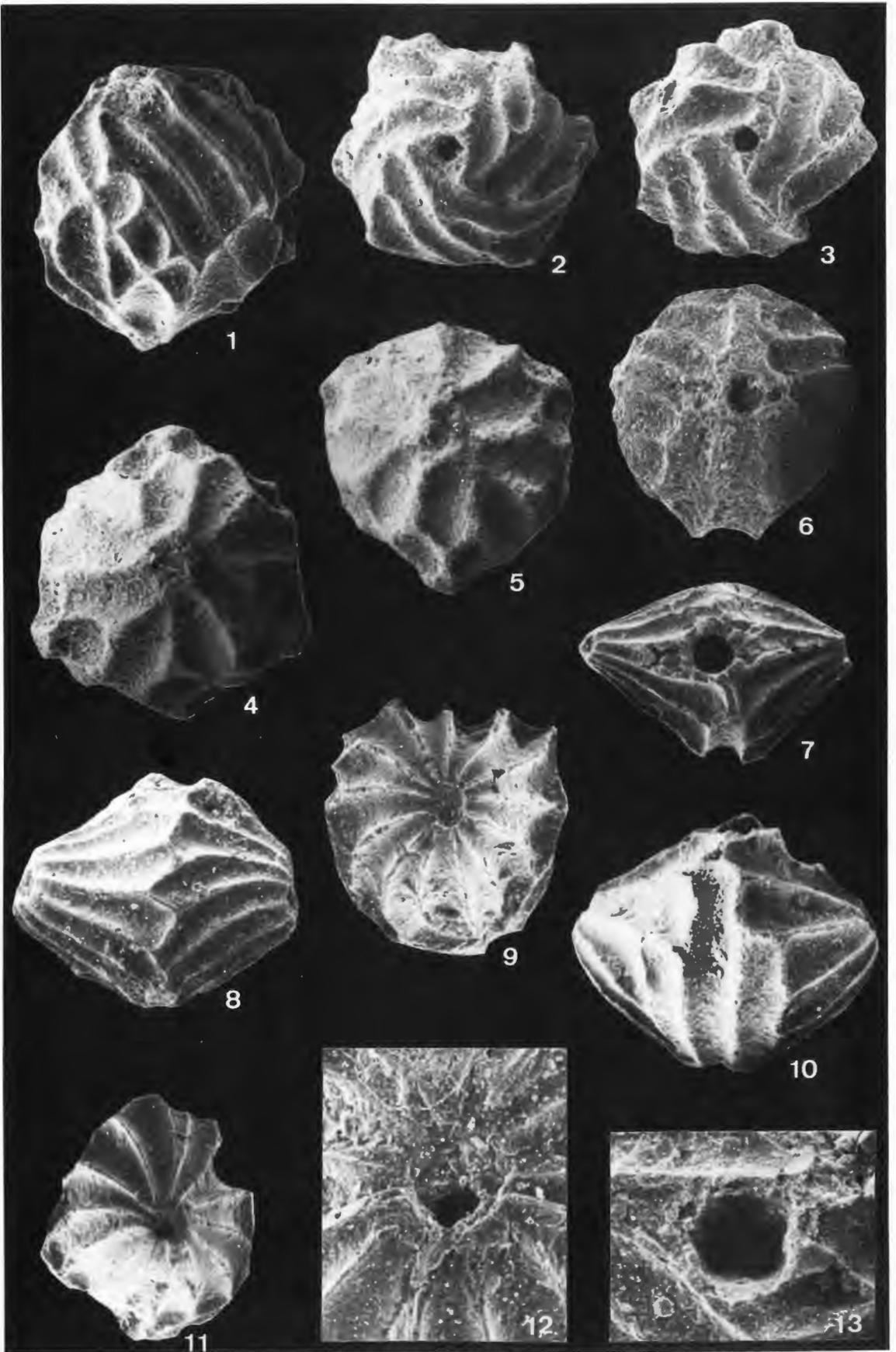
Fig. 9 Lateralfäche mit Radialzellen; x 55.

Fig. 10 Adaxial; x 55.

Fig. 11 Lateralfäche mit Radialzellen; x 55.

Fig. 12 Lateralpore, rechteckig, Beginn des zur Basis hinabziehenden Internkanals; x 150.

Fig. 13 Apikalpore, abgerundet pentagonal; x 130.



TAFEL 3

Fig. 1-3 ? *Nodosoclavator* sp.

Fig. 1 Seitenansicht; x 75.

Fig. 2 Seitenansicht; x 75.

Fig. 3 Basis des gleichen Stückes wie Fig. 2; x 150.

Fig. 4-9 *Peckisphaera verticillata* (PECK 1937) GRAMBAST 1962.

Fig. 4 Seitenansicht; x 130.

Fig. 5 Basis; x 130.

Fig. 6 Seitenansicht; x 130.

Fig. 7 Top im Detail; x 250.

Fig. 8 Top; x 130.

Fig. 9 Basalplatte von innen, abgerundet pentagonal; x 400.

Fig. 10-11 Charoideae indet.

Fig. 10 Top im Detail; x 360.

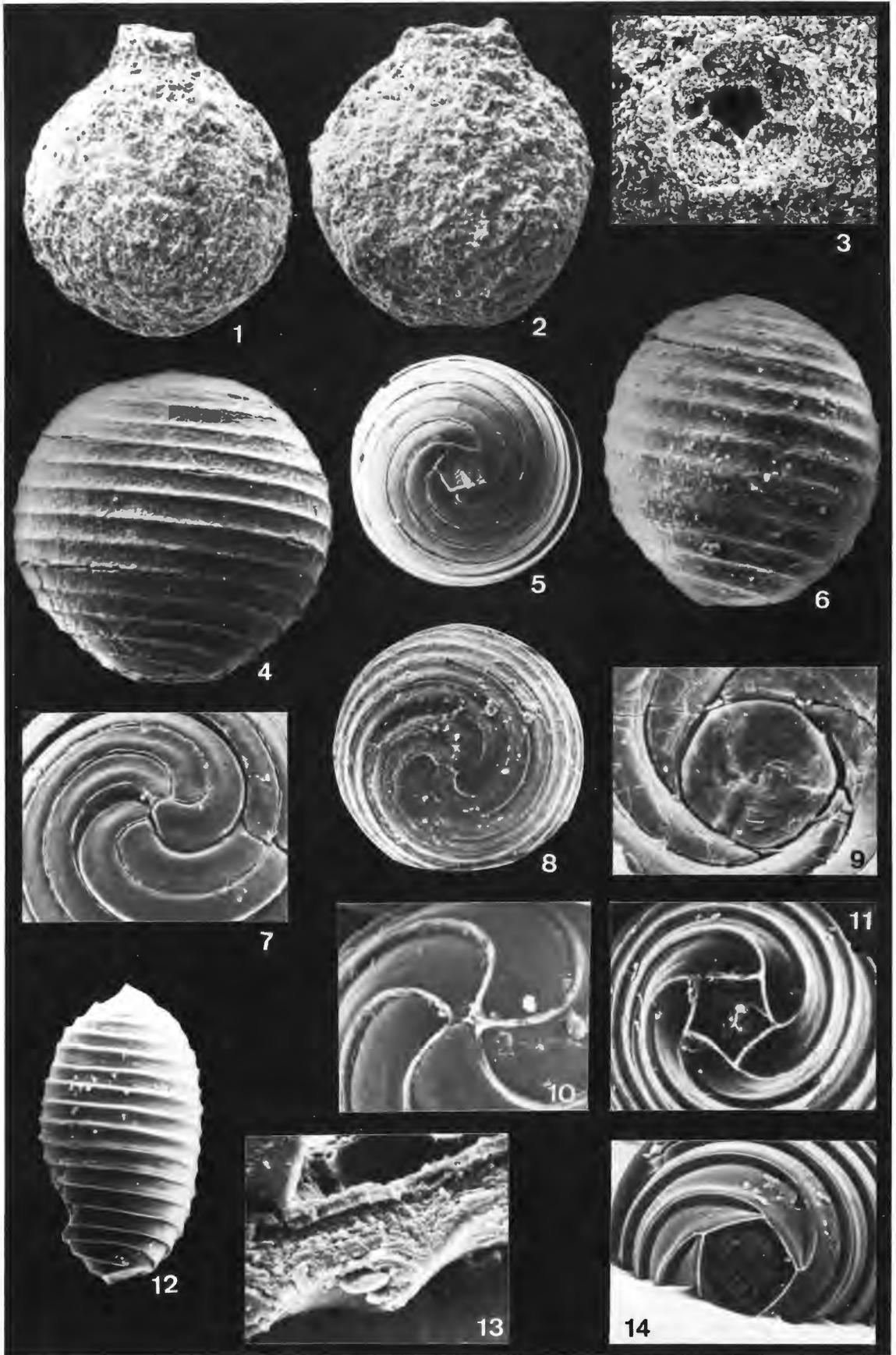
Fig. 11 Basis im Detail; x 200.

Fig. 12-14 Charoideae indet. (Oosporen i.w.S.).

Fig. 12 Seitenansicht; x 140.

Fig. 13 Mehrlagige Wandstruktur im Detail, von innen (oben) nach außen (unten): Endosporin, Ectosporin, Sporostin; x 1150.

Fig. 14 Basis im Detail; x 250.



TAFEL 4

Fig. 1-10 *Peckisphaera kampmanni* n.sp.

Fig. 1 Holotyp, Seitenansicht; x 100.

Fig. 2 Holotyp, Top; x 100.

Fig. 3 Paratyp, Top im Detail; x 200.

Fig. 4 Paratyp, Seitenansicht; x 100.

Fig. 5 Paratyp, Basis; x 100.

Fig. 6 Holotyp, Top im Detail, doppelwandige Spiralzellenmembrane zwischen den organischen Zellfüllungen; x 1150.

Fig. 7 Gefurchte Spiralzellenfüllung im Querschnitt, unten (innen) mit Sporin und Sporostin; x 750.

Fig. 8 Holotyp, gefurchte Spiralzellen in Außensicht, in den Suturen helle Spiralzellenmembrane; x 350.

Fig. 9 Paratyp, wie oben, jedoch stärker fortgeschrittene Verfüllung der Spiralzellen; x 500.

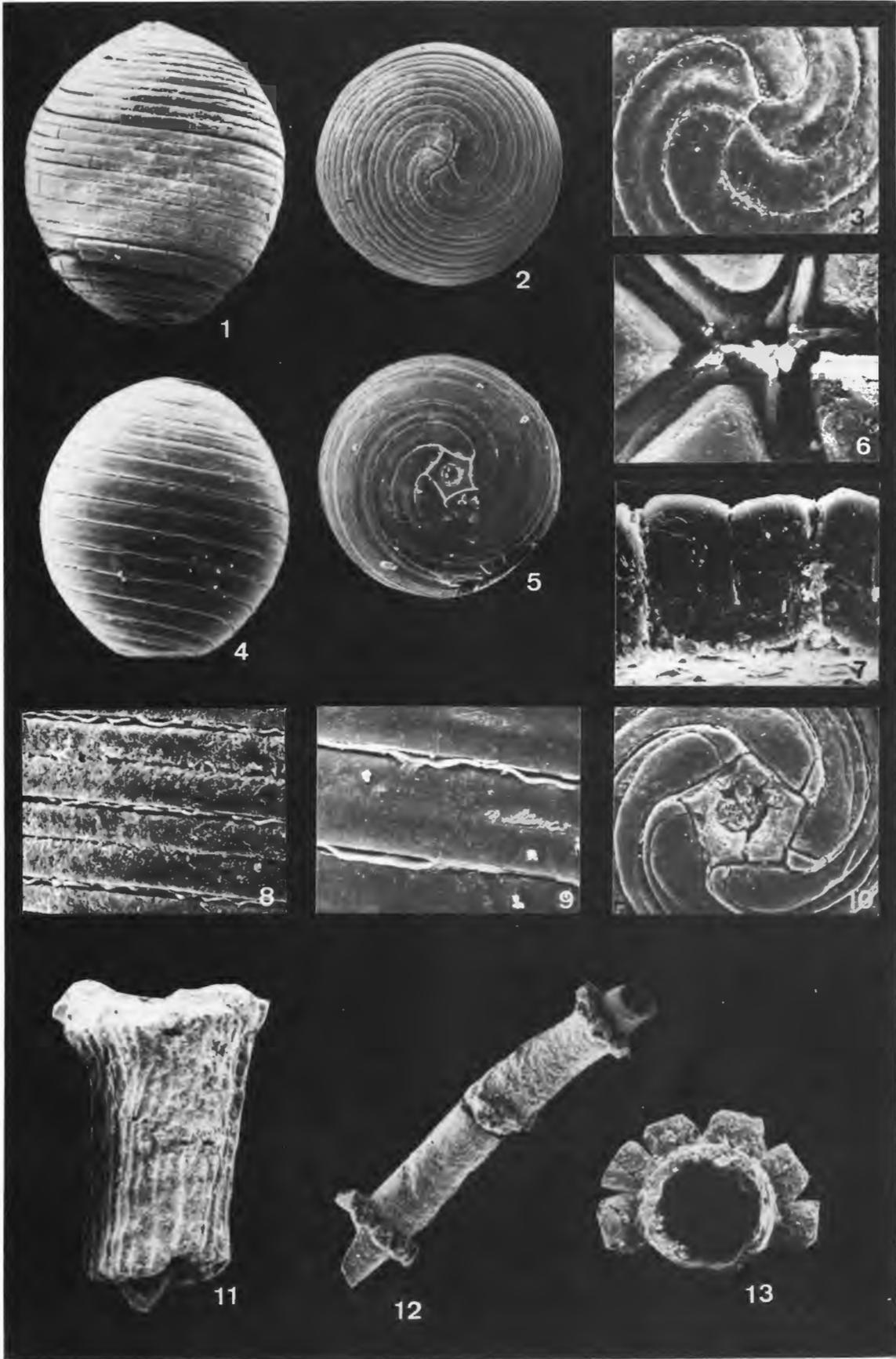
Fig. 10 Holotyp, Basis im Detail, Basalplatte mit zentraler rundlicher Pore; x 350.

Fig. 11-13 Vegetative Teile von Charophyten.

Fig. 11 Berindetes Internodium; x 45.

Fig. 12 Unberindetes Blättchen (?); x 35.

Fig. 13 Querschnitt vom gleichen Stück wie Fig. 12; x 85.



| | | | | |
|--------------------------|----|---------|--------|--------------------------|
| Geol. Paläont. Westf. | 10 | 45 – 50 | 1 Taf. | Münster Dezember 1987 |
|--------------------------|----|---------|--------|--------------------------|

Keimlinge von Araukarien aus der Unterkreide von Brilon-Nehden

WILDE, VOLKER & GOTH, KURT

1. Einleitung

Die unterkretazische Karstfüllung von Nehden wurde durch Funde von Vertebraten bekannt (HÖLDER & NORMAN 1986). Darüber hinaus führen die tonigen Sedimente dieses Vorkommens in großer Zahl verschiedenartige Pflanzenreste (GREBE 1982, HUCKRIEDE 1982, KAMPMANN 1983, SCHULTZ & NOLL 1987). Die meist sehr kleinen Reste können erst durch eine spezielle Aufbereitung des Sediments gewonnen werden. Eine nähere Bearbeitung erfuhren bisher nur die Sporomorphen und die Charophyten. Dabei wurde das Vorkommen nach der Mikroflora in die höhere Unterkreide eingestuft (Apt/Alb nach GREBE 1982 bzw. Apt nach SCHULTZ & NOLL 1987). Inzwischen deuten die Charophyten eher auf ein etwas höheres Alter hin (Barrême, SCHUDACK 1987).

Bei den Grabungen wurden auch größere Pflanzenreste geborgen, die – wie die Knochenreste – häufig in Pyrit erhalten sind. Darunter befand sich ein knollenförmiges Gebilde mit einem Durchmesser von fast 2 cm, das von KAMPMANN (1983: Taf. 50 Fig. 1) als Angiospermenfrucht gedeutet und als neue Art beschrieben wurde (*Carpolithus nehdensis* KAMPMANN 1983). Während einer kurzen Grabung im August 1985 an der Fundstelle (WILDE & GOTH 1986) wurde von den Verfassern eine sehr ähnliche, ebenfalls pyritisierte Knolle gefunden.

2. Material und Methoden

Um den inneren Aufbau dieser Knollen zu klären, wurde zunächst der Neufund näher untersucht. Da sich eine Zersetzung des Pyrits abzeichnete, wurde das Stück vor der weiteren Bearbeitung von mehreren Seiten photographisch dokumentiert. Zur besseren Handhabung wurde es anschließend in Kunstharz eingebettet. Beginnend an der Basis mußte dann bis etwa auf die Höhe des größten Umfanges heruntergeschliffen werden. Erst hier war der Pyrit unzersetzt, und es gelang einen ebenen Anschliff herzustellen. Nach der bei CHITALEY (1985) beschriebenen Methode wurde der Anschliff kurz mit Salpetersäure angeätzt, und es wurden von dieser Fläche Azetat-Folienabzüge („peels“) hergestellt. Der Versuch, die verbliebene Hälfte des Stückes auch senkrecht zu dieser Fläche anzuschleifen, mißlang, da der Pyrit brüchig war. Einige der verbliebenen Bruchstücke konnten aber noch rasterelektronenmikroskopisch untersucht werden. Der später vom Autor für den Vergleich zur Verfügung gestellte Holotypus zu *Carpolithus nehdensis* befand sich bereits in einem fortgeschrittenen Stadium der Zersetzung. Das Stück ließ sich zwar noch anschleifen, Folienabzüge konnten jedoch nicht mehr erhalten werden.

Folienabzüge, REM-Präparate und Reststücke des Neufundes werden im Forschungsinstitut Senckenberg unter der Nummer SM.B 13761 aufbewahrt.

Anschrift der Autoren: K. GOTH, Dipl.-Geol.,
Forschungsinstitut Senckenberg, Paläobotanische Sektion,
Senckenberganlage 25, 6000 Frankfurt/M. 1

V. Wilde, Dipl.-Geol.,
Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität,
Goldschmidtstraße 3, 3400 Göttingen

3. Beschreibung des Neufundes (SM.B 13761)

Knollenartiger Körper, in der Aufsicht nahezu rund (\varnothing ca. 12 mm), in Seitenansicht breit-elliptisch (Höhe ca. 7 mm); eine der abgeflachten Seiten schwach ausgezogen und in der Mitte eine unregelmäßig-sternförmige Struktur aufweisend; Oberfläche schwach radial gestreift. Im Querschnitt zellulärer Aufbau (holzartig); Zellen mehr oder weniger regelmäßig in radialen Reihen angeordnet, im Anschnitt abgerundet-rechteckig (innen) bis -quadratisch (außen), in radialer Richtung 15–40 μm lang, etwa 20–30 μm breit; Markstrahlen schmal; zentraler Bereich (Markraum) ohne erkennbare Zellstrukturen, holzartiges Gewebe keilförmig hineinragend. Rasterelektronenmikroskopisch dichtes Gewebe aus langgestreckten Tracheiden erkennbar, vereinzelt Hoftüpfel sichtbar (schlecht erkennbar); Markstrahlen einreihig (meist 1, manchmal 2, selten 3 Zellen hoch), etwa 20 μm breit.

4. Vergleiche

Der innere Aufbau des Holotypus zu *Carpolithus nehdensis* entspricht dem des hier beschriebenen Neufundes. Er ist insgesamt etwas größer (\varnothing 17 mm) und an beiden Seiten ausgezogen. Bei der von KAMPMANN (1983: Taf. 44 Fig. 1a, c-e) als Speicherknolle eines Schachtelhalmgewächses gedeuteten „Knolle“ scheint es sich nach den abgebildeten Gewebestrukturen um ein weiteres, gleichartiges Fossil zu handeln.

Derartige Gebilde sind schon seit längerer Zeit aus dem mittleren Jura von Argentinien (Cerro Cuadrado, Provinz Santa Cruz, Patagonien) bekannt. Erstmals beschrieben wurden sie als „feigenartige Kieselknöllchen“ von GOTHAN (1950). Aufgrund ihrer holzartigen Internstrukturen und der Vergesellschaftung mit Araukarienzapfen vermutete er, daß es sich ebenfalls um Reste von Araukarien handelt. Er diskutiert terminale Knospen und Gallen, wobei er „die Annahme einer Gallenbildung“ bevorzugt (GOTHAN 1950: 152).

Wenig später beschäftigte sich auch CALDER (1953) mit diesen Fossilien und kommt zu einer anderen Deutung: „These curious bodies must . . . therefore be interpreted as swollen intercalary organs, having stem structure but without any evidence of lateral appendages, and with marked development of a tissue resembling secondary xylem. . . . The size, shape and internal structure of these bodies all tend to emphasize their similarity to broken first-year seedlings of the genus *Araucaria* in the sections *Bunya* and *Columbea*, where tuberous development in varying degree is found in the hypocotyl, which is of stem structure with early incidence of secondary thickening.“ (CALDER 1953: 109). Diese Ansicht wurde durch einen ausführlichen Rezentvergleich von STOCKEY & TAYLOR (1978) bestätigt. Nach ihren Angaben treten Anschwellungen des Hypokotyls heute bei den Sektionen *Bunya* und *Columbea* der Gattung *Araucaria* auf, während sie bei der Sektion *Eutacta* fehlen. Diese Anschwellungen bestehen überwiegend aus einem stärkereichen, parenchymatischen Gewebe (vgl. STOCKEY & TAYLOR 1978: Abb. 13, 14, 17). Besonders ausgeprägt ist die Anschwellung bei den Keimlingen von *Araucaria bidwillii* HOOKER aus der Sektion *Bunya*. Interessanterweise wird bei dieser Art in einem späteren Entwicklungsstadium, in dem die Stärke mehr und mehr abgebaut wird, in diesem Bereich zunehmend Sekundärholz gebildet (STOCKEY & TAYLOR 1978: 174). Diese Tatsache bestärkt die genannten Autoren in der Ansicht, daß es sich bei den fraglichen Knollen um entrindete Keimlinge von Araukarien in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium handelt.

Die hier beschriebenen und erwähnten Funde aus der Karstfüllung von Nehden gleichen den Fossilien aus dem argentinischen Jura nicht nur in ihrer äußeren Gestalt, sondern auch in ihrem inneren Aufbau. Man kann deshalb davon ausgehen, daß es sich hier ebenfalls um entrindete Keimlinge von Araukarien in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium handelt. Wie in Argentinien kommen sie gemeinsam mit Araukarienzapfen vor (KAMPMANN 1983). Eine entsprechende Vergesellschaftung wurde kürzlich auch in der Oberkreide von Japan nachgewiesen (STOCKEY & NISHIDA 1986).

5. Zusammenfassung

Eine als Angiospermenfrucht (*Carpolithus nehdensis* KAMPMANN 1983) beschriebene, pyritische Knolle aus der Unterkreide der Nehdener Karstfüllung wird hier als Araukarienneuling gedeutet. Die Untersuchung eines Eigenfundes sowie des Holotypus ergab weitgehende Übereinstimmung mit den gut bekannten Funden aus dem Jura von Argentinien.

6. Dank

Beim Fachreferat für Paläontologische Bodendenkmalpflege sowie dem Westfälischen Museum für Naturkunde (beide Münster) bedanken wir uns für die Möglichkeit an ihrer Grabung teilzunehmen. Herr Dr. KAMPMANN (Marsberg-Bredelar) stellte uns freundlicherweise den Holotypus zu *Carpolithus nehdensis* zur Verfügung.

7. Literatur

- CALDER, M. G. (1953): A coniferous petrified forest in Patagonia. – *Bull. British Mus. (Nat. Hist), Geol.*, **2** (2): 99-138, 7 Abb., 7 Taf.; London.
- CHITALEY, S. (1985): A new technique for thin sections of pyritized permineralizations. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **45**: 301-306, 1 Taf.; Amsterdam.
- GOTHAN, W. (1950): Über die merkwürdigen feigenartigen Kieselknöllchen aus dem versteinerten Wald des Cerro Cuadrado in Patagonien. – *Misc. Acad. Berolinensia*, **1**: 149-154, Taf. 1-2; Berlin.
- GREBE, H. (1982): Die unterkretazische Karsthöhlen-Füllung von Nehden im Sauerland. 2. Die Mikrosporen-Assoziationen, Altersaussage und Versuch eines Vegetationsbildes. – *Geologica et Palaeontologica*, **16**: 243-258, 1 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Marburg.
- HÖLDER, H. & NORMAN, D. B. (1986): Kreide-Dinosaurier im Sauerland. – *Naturwissenschaften*, **73**: 109-116, 7 Abb.; Berlin.
- HUCKRIEDE, R. (1982): Die unterkretazische Karsthöhlen-Füllung von Nehden im Sauerland. 1. Geologische, paläozoologische und paläobotanische Befunde und Datierung. – *Geologica et Palaeontologica* **16**: 183-242, 19 Taf.; Marburg.
- KAMPMANN, H. (1983): Mikrofossilien, Hölzer, Zapfen und Pflanzenreste aus der unterkretazischen Sauriergrube bei Brilon-Nehden. – *Geol. Paläont. Westfalen*, **1**: 1-146, 20 Abb., 1 Tab., 61 Taf.; Münster.
- SCHUDACK, M. (1987): Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhle bei Brilon Nehden (NE-Sauerland). – *Arbeitskreis für Paläobotanik und Palynologie, Vortragskurzfassungen*, 17. Jahrestagung: 14-15; Frankfurt am Main.
- SCHULTZ, G. & NOLL, H. (1987): Die Megasporen-Assoziation in den unterkretazischen Sedimenten einer Paläokarsthöhle bei Nehden im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). *Palaeontographica Abt. B*, **203**: 83-107, 1 Abb., 2 Tab., 7 Taf.; Stuttgart.
- STOCKEY, R. A. & TAYLOR, T. N. (1978): On the structure and evolutionary relationships of the Cerro Cuadrado fossil conifer seedlings. – *Bot. J. Linnean Soc.*, **76**: 161-176, 37 Abb.; London.
- STOCKEY, R. A. & NISHIDA, M. (1986): Japanese fossil conifers and their bearing on gymnosperm evolution. – *L'évolution des gymnospermes – approche biologique et paléobiologique. Résumés des communications*: 49; Montpellier. – /Colloque organisé par la Fondation Louis Emberger – Charles Sauvage, Montpellier, 23.-25. 9. 1986/
- WILDE, V. & GOTH, K. (1986): Terrestrische Unterkreide von Brilon-Nehden (Sauerland). – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **85**: 225-228, 1 Taf.; Frankfurt am Main.

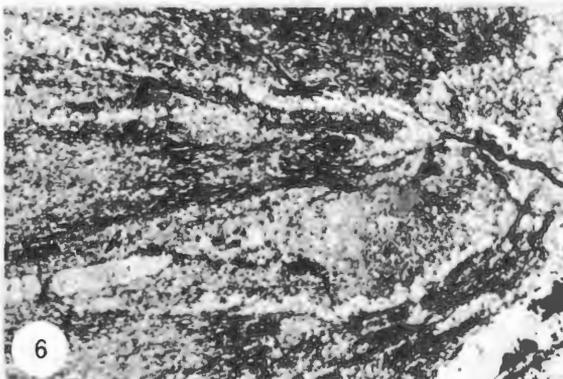
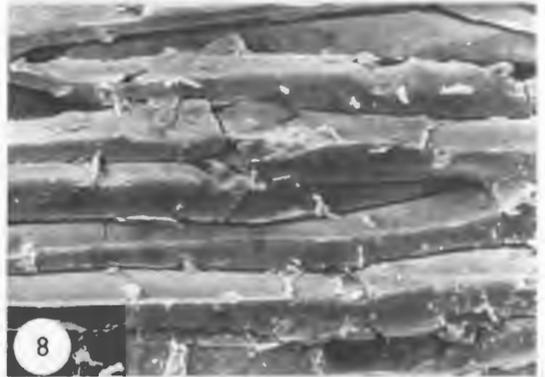
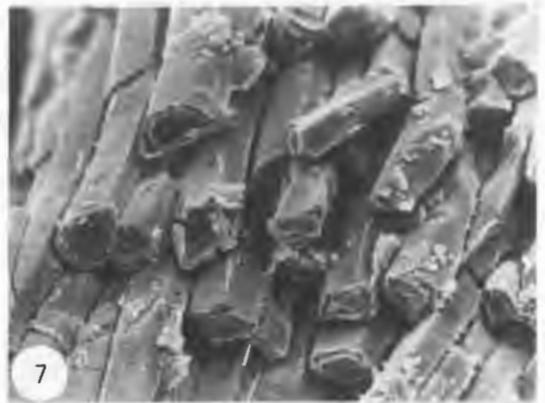
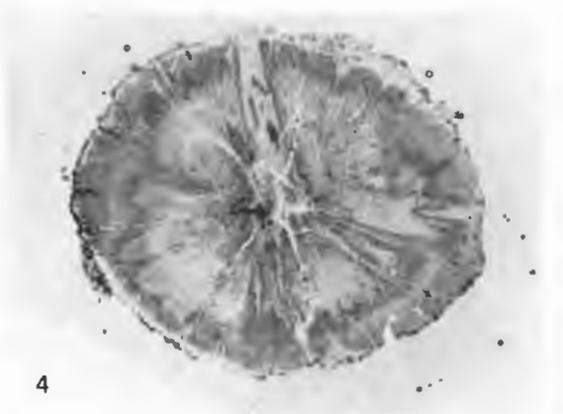
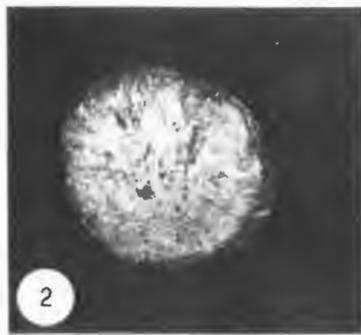
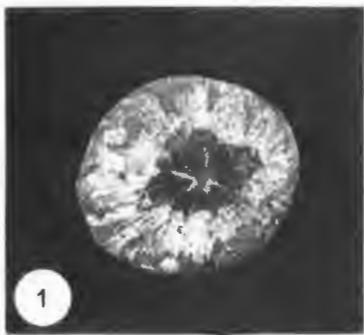
Tafelerläuterung

Pyritisierte Araukarienkeimlinge aus der unterkretazischen Karstfüllung von Brilon-Nehden.

Fig. 1, 2, 4-9: Neufund (SM.B 13761)

Fig. 3: Holotypus zu *Carpolithus nehdensis* KAMPMANN 1983.

- Fig. 1** Neufund, polare Aufsicht mit sternförmiger Struktur im Zentrum, radiale Streifung der Oberfläche sichtbar; 2x.
- Fig. 2** Neufund, polare Ansicht der Rückseite; 2 x.
- Fig. 3** Holotypus, medianer Querschnitt, Anschliff; 2,5x.
- Fig. 4** Neufund, medianer Querschnitt, Azetat-Folienabzug; 5x.
- Fig. 5** Ausschnitt aus Fig. 4; Randbereich, holzartiges Gewebe aus radialen Zellreihen; 35x.
- Fig. 6** Ausschnitt aus Fig. 4; zentraler Bereich mit keilförmig in den Markraum vorspringendem Holzgewebe; 35x.
- Fig. 7** Neufund, quer gebrochene Tracheiden; REM-Aufnahme, 250x.
- Fig. 8** Neufund, Tracheiden mit einzelnen Hoftüpfeln (Pfeile); REM-Aufnahme, 250x.
- Fig. 9** Neufund, einzellige Markstrahlen senkrecht zu den Tracheiden; REM-Aufnahme, 500x.



| | | | | |
|--------------------------|----|---------|-------------------|--------------------------|
| Geol. Paläont. Westf. | 10 | 51 – 84 | 12 Abb. 1 Tab. | Münster November 1987 |
|--------------------------|----|---------|-------------------|--------------------------|

Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland)

ANDREAS MAY

Kurzfassung:

Im nördlichen Briloner Sattel zwischen Brilon, Wülftle und Alme ist der devonische Massenkalk über 1250 m mächtig, ohne daß seine Unter- oder Oberkante bekannt wäre. Im Norden ist der älteste Teil des nicht überkippten Massenkalkes auf Oberdevon und Unterkarbon überschoben oder aufgeschoben.

Der Massenkalk besitzt im Arbeitsgebiet durchgängig einen lagunären Charakter. Der größte Teil seiner Gesteine wurde im Bereich einer weit ausgedehnten Gezeiten-Fläche gebildet. Nirgendwo wurden eine Schwelm-Fazies (als biostromale Anfangsphase des Riffwachstums) oder Riffkomplexe beobachtet.

Er ist in Großzyklen gegliedert. Vorherrschend sind helle mikritische, hauptsächlich intertidale Kalke (Birdseye-Bindstones), in die auskartierbare Pakete überwiegend dunkelgrauer Kalke eingelagert sind. Die dunkelgrauen Kalke sind meist subtidal gebildete fossilreiche Kalke, die nicht selten Biostrome darstellen. Gelegentlich treten verschiedene Typen von Kleinzyklen auf, die ebenso wie die Großzyklen auf Schwankungen der relativen Höhe des Meeresspiegels beruhen.

Die Fossilführung des Massenkalkes wird zusammengestellt. Die wichtigste Gruppe sind die Stromatoporen. Durch Funde von *Stringocephalus* und anderen Brachiopoden wurde bewiesen, daß die untersten 500 m des Massenkalkes dem Ober-Givetium angehören. Für die darüber folgenden 750 m macht die Riffbildner-Fauna dieselbe Einstufung wahrscheinlich.

1. Vorwort

Das Massenkalk-Gebiet von Brilon im Ost-Sauerland (= Briloner Sattel) wird schon seit langem und von vielen Seiten untersucht. Die Angaben in der Literatur sind aber oft unbefriedigend und widersprüchlich. Sie geben damit den Anreiz zu einer erneuten Beschäftigung mit diesem Thema.

Für eine Erforschung des devonischen Massenkalkes im nördlichen Briloner Sattel eignete sich besonders gut das mit vielen Aufschlüssen versehene Gebiet zwischen Brilon, Wülftle und Alme. Es wurde auf „Deutschen Grundkarten“ im Maßstab 1 : 5000 geologisch kartiert (Abb. 1). Die große Anzahl von Aufschlüssen im Massenkalk ermöglichte die Aufnahme von mehreren Profilen (Abb. 2 + 9). Zur Ergänzung der Geländeansprache wurden über 240 Gesteinsproben entnommen, angeschliffen und unter dem Binokular untersucht. Außerdem wurden die beiden innerhalb des Gebietes (im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover) niedergebrachten Bohrungen Nehden 3 und Fünf Brücken untersucht (Abb. 2). Aus ihnen lagen 80 angeschliffene Bohrkern und 20 Dünnschliffe vor. Sämtliche im Material auftretenden Fossilien wurden vom Verfasser bestimmt. Das Belegmaterial befindet sich im Geologischen Institut der Ruhr-Universität Bochum.

Der vorliegende Artikel ist Teil einer an der Ruhr-Universität Bochum durchgeführten kombinierten Diplomarbeit, die von Herrn Prof. Dr. H. MENSINK angeregt und zusammen mit Herrn Dr. K. W. MALMSHEIMER betreut wurde. Wichtige Hinweise zur Bohrung Nehden 3 gaben Herr cand. geol. P. HAGEMANN und Herr cand. geol. B. MESTERMANN. Die Dünnschliffe fertigten die Präparatoren Herr F. EICKHOFF und Herr W. GILSING an. Für alle Unterstützungen bin ich herzlich dankbar.

Abb. 1

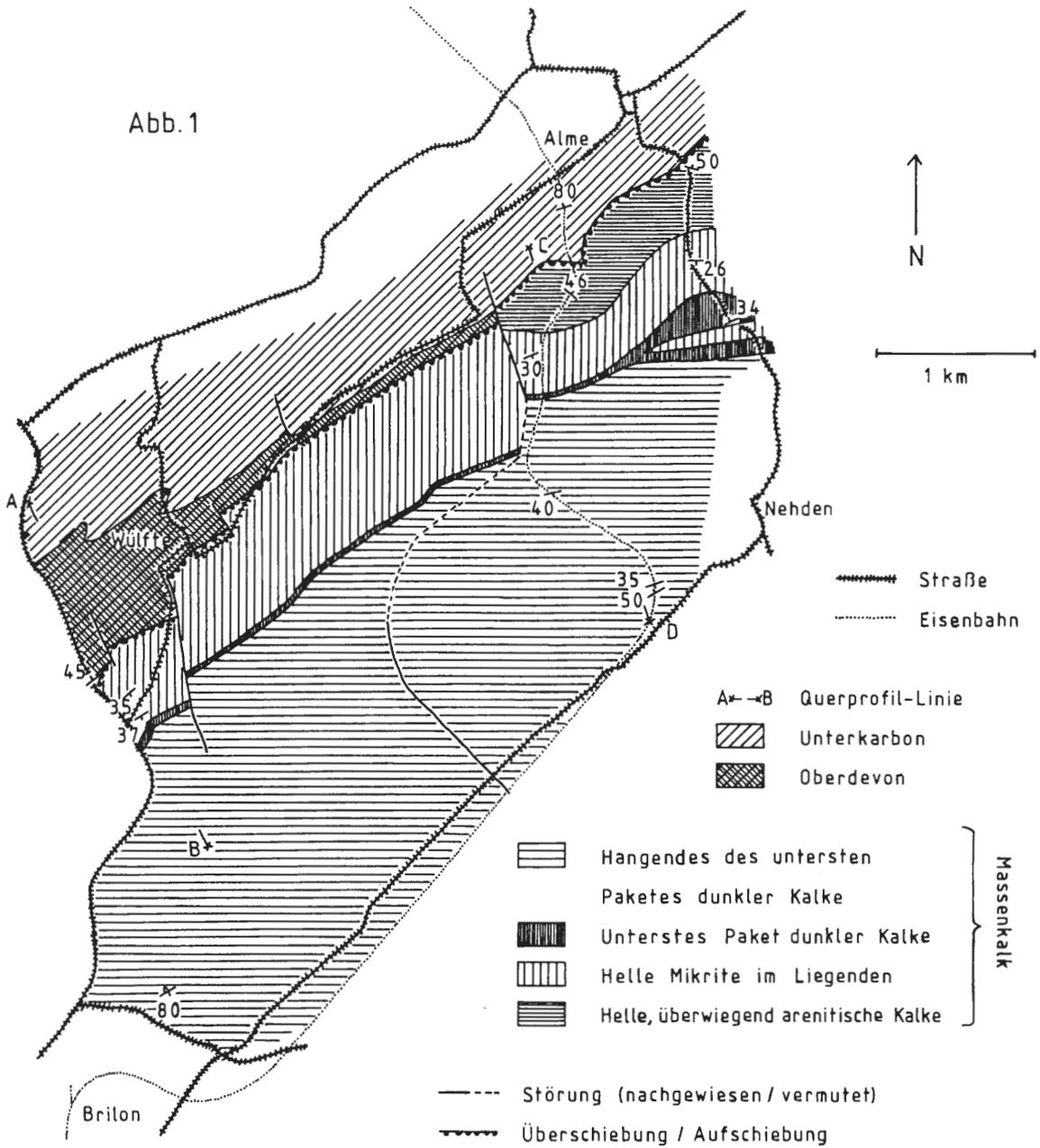


Abb. 1: Geologische Karte des Gebietes zwischen Brilon, Wülfe und Alme (Ost-Sauerland). Vereinfacht nach der Neukartierung des Verfassers; Profile A-B und C-D siehe Abb. 11.

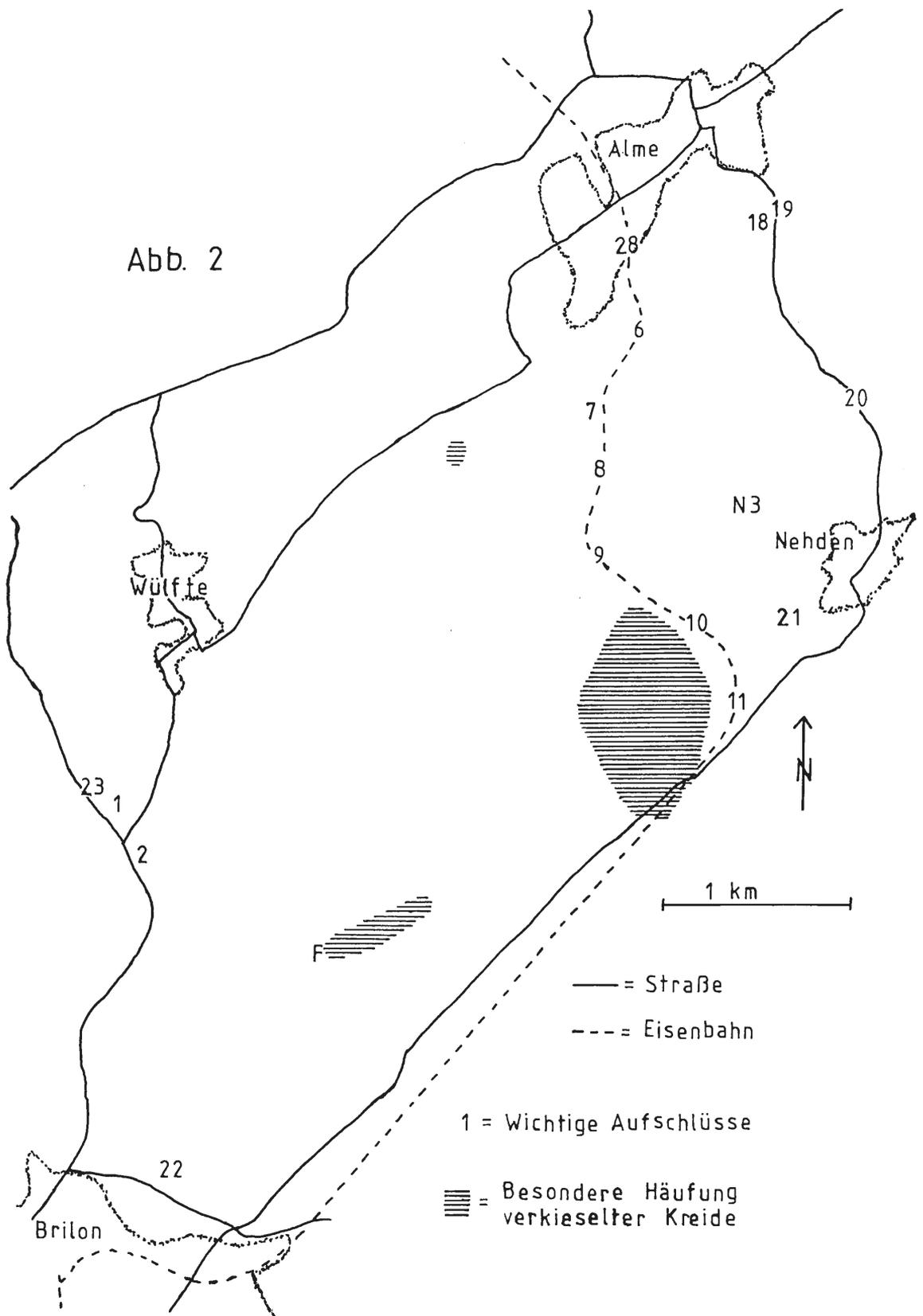


Abb. 2: Wichtige Aufschlüsse im Arbeitsgebiet.

1 = $r^{34}70800$ $h^{56}99000$, Massenkalk: hellgraue Mikrite;

2 = $r^{34}71000$ $h^{56}98800$, Massenkalk: helle und dunkle Kalke;

- 6-11 = r³⁴73740 h⁵⁷01670 bis r³⁴74250 h⁵⁶99600, Profil Mühllental durch den Massenkalk: Eisenbahnschnitt und Klippen sowie Spatgrube im Mühllental;
- 18 = r³⁴74400 h⁵⁷02175, Massenkalk: subaquatisch gerutschte Arenite;
- 19 = r³⁴74440 h⁵⁷02335, Massenkalk: hellgraue Arenite;
- 20 = r³⁴74420 h⁵⁷01800 bis r³⁴74910 h⁵⁷01160, Massenkalk;
- 21 = r³⁴74500 h⁵⁷00000, Massenkalk mit unterkretazischer saurieführender Karstspalten-Füllung, früher als Apt/Alb eingestuft (OEKENTORP 1984), neuerdings als Berriasium (SCHUDACK 1987);
- 22 = r³⁴71135 h⁵⁶96965, Massenkalk: Arenite vom Gallberg;
- 23 = r³⁴70680 h⁵⁶99100, Straßenaufschluß, Massenkalk und Oberdevon;
- 28 = r³⁴73660 h⁵⁷02060, Eisenbahnschnitt, spezialgefaltete Kulmtonschiefer;
- F = Bohrung Fünf Brücken, r³⁴71945 h⁵⁶98155, Massenkalk, Endteufe 360,80 m (BRINCKMANN 1981);
- N³ = Bohrung Nehden 3, r³⁴74210 h⁵⁷00620, Massenkalk, Endteufe 532,50 m (BRINCKMANN 1981; MORITZ 1983).

2. Geologischer Überblick

Geologisch zählt das Gebiet zum Nordost-Rand des Rheinischen Schiefergebirges. Aufgeschlossen sind marine paläozoische Schichten des Mittel- und Oberdevons sowie des Karbons, die im Rheinischen Trog am Nordrand der Variszischen Geosynklinale abgelagert wurden.

Ältere Gesteine als der Massenkalk sind aus dem Arbeitsgebiet nicht bekannt. Der südwestlich ausbeibende (unter-givetische?) Briloner Schiefer – ein Mergelstein mit Linsen biostromaler Kalke – scheint durch eine Störung von ihm getrennt zu sein.

Der Massenkalk ist das Produkt einer flachmarinen Karbonatplattform, die isoliert am Rand des externen Schelfes lag und den Charakter eines Saumriffes hatte. Der „Riffkern“ – mit dominierenden, meist autochthonen Stromatoporen – befand sich im Süden des Briloner Sattels, während im Arbeitsgebiet nur lagunäre Sedimente mit einzelnen Biostromen zur Ablagerung kamen. Dieses Riff entstand im Mitteldevon (Givetium) und starb im Oberdevon (Adorfium).

Weder die Unter- noch die Oberkante des Massenkalkes sind im Arbeitsgebiet erschlossen. Der älteste Teil grenzt infolge der Nordrand-Störung entweder an Oberdevon oder an Unterkarbon. Südlich davon beißt nur Massenkalk aus. Seine Mächtigkeit dürfte deshalb diejenige des Profils im Mühllental – über 1250 m – weit übersteigen. Eine Schwelm-Fazies im Sinne von KREBS (1974) – als biostromale Anfangsphase des Riffwachstums – konnte nicht beobachtet werden.

Aus dem Oberdevon sind Beckensedimente bekannt (mehr als 40 m rote und grüne Hembergschiefer und 30-40 m graugrüne Dasbergschiefer). Im Unterkarbon entwickelte sich daraus eine kieselig überprägte Flysch-Sedimentation in einem schlecht durchlüfteten Becken (euxinische Verhältnisse): Es entstanden die 80-90 m mächtige Kiesel-schiefer-Serie (Kulm-Alaunschiefer, Kulm-Lydit und Kulmkieselkalke) und die mehrere 100 m mächtigen Kulmtonschiefer. Nach einer Zunahme des Sandgehaltes an der Wende Unter-/Oberkarbon kam es zur Ablagerung des flözleeren Oberkarbons.

Im Oberkarbon erfolgte durch Auffaltung und Heraushebung die Angliederung an das Variszische Faltengebirge. NE-SW-streichende Sattel- und Muldenstrukturen kennzeichnen den Nordost-Teil des Rechtsrheinischen Schiefergebirges. Die Sattelkerne nehmen Sedimente des Devons, die Muldenkerne solche des Karbons ein. Das Gebiet umfaßt einen Teil des Briloner Sattels, an den sich nördlich die Nuttla-r Hauptmulde anschließt.

Aus der post-variszischen Zeit sind nur wenige Spuren bekannt: Die Festlandszeit vor der Oberkreide wird durch fossilführende unterkretazische Karstspalten-Füllungen dokumentiert. Auf der Briloner Kalkhochfläche sind Lesesteine verkieselter Blöcke und Quarzite der Kreide erhalten. Sie zeigen, daß das Oberkreide-Meer auch diesen Bereich überflutete. Ansonsten sind quartäre Bildungen (Talfüllungen und Hang- und Hochflächenlehme) vorhanden. Im ausgehenden Tertiär und Quartär entstand die jetzige Mittelgebirgslandschaft.

3. Frühere Arbeiten

PAECKELMANN bearbeitete die Geologische Karte 1 : 25000 MTB Alme (PAECKELMANN 1926, 1928; PAECKELMANN & KÜHNE 1936). Seine Untersuchungen wurden zur Grundlage der weiteren Forschungen. Er gliederte den Massenkalk des Briloner Sattels nach lithologischen und faunistischen Merkmalen in Schwelmer, Eskesberger (oberes Mitteldevon) und Dorper Kalk (unteres Oberdevon). Entgegen der Deutung als wurzellose Decke (z. B. HENKE 1914) erkannte er den Briloner Sattel als autochthon mit einem Kern aus Briloner Schiefer (PAECKELMANN & KÜHNE 1936: 36). Den Nordrand erklärte er als steil südfallende Aufschiebung. PAECKELMANN & KÜHNE (1936) deuteten das Auftreten dunkler Kalke am Hallerstein (südlich Alme) als Sattel, WAHBA (1978: 135) als Horst. (Die Neukartierung ergab in die Schichtenfolge eingelagerte Pakete überwiegend dunkler Kalke).

KRONBERG et al. (1960: 27) differenzierten den Massenkalk bei Wülffe und Alme in einen oberdevonischen Dorper Kalk, der ohne Störung südlich der Hembergschiefer folge, und einen mitteldevonischen Eskesberger Kalk. Der Eskesberger Kalk sollte auf Dorper Kalk bis Unterkarbon flach überschoben sein und ein Muster von Deckenklippen und -fenstern bilden.

Schon JUX (1960: 295) stellte fest, daß es keine lithologischen und faunistischen Unterschiede zwischen dem „Schwelmer“ und dem „Eskesberger“ Kalk des Briloner Sattels gibt. Er erkannte im Massenkalk eine Reihe von größeren oder kleineren Biostromen, die durch mächtige, ziemlich fossilarme Folgen voneinander getrennt sind (JUX 1960: 297).

BÄR (1966) unterteilte den Briloner Massenkalk anhand des Hauptgrünsteins, der am Calvarienberg bei Brilon eingelagert ist, in einen Unteren (= Schwelmer) und einen Oberen Massenkalk. Der Obere Massenkalk soll bis ins mittlere-obere Adorfium reichen. Er nahm einen Riffkern am Südrand des Briloner Sattels an, dem sich nach Norden ein Rückriff- bis Lagunen-Bereich anschließt. An der Nordflanke sollten wieder größere Riffkomplexe sein (BÄR 1966: 20). Außerdem stellte BÄR (1966: 21) fest, daß der Raum der Nehdener Mulde im höheren Oberdevon eine tiefere Quersenkung innerhalb der Briloner Schwelle war. Bereits in der Zeit der Massenkalk-Entwicklung machte sich diese Querzone seiner Ansicht nach bemerkbar. Diese Auffassung wurde von KREBS (1974: 172), STOPPEL (1976: 6) und WAHBA (1978) unterstützt.

Innerhalb des Briloner Sattels wies BÄR (1968) eine Schichtlücke nach, die das höhere Oberdevon und tiefe Unterkarbon umfaßt; deshalb nahm er auch für den Nordrand des Massenkalkes eine tektonisch überprägte Schichtlücke an. Im Mühlental fand er in Spaltenfüllungen im Massenkalk Conodonten des Oberdevon I bis Unterkarbon II (BÄR 1968: 271).

KREBS (1974) wandte seine Unterscheidung in Schwelm-Fazies und Dorp-Fazies auch auf den Briloner Massenkalk an. Er verstand unter der Schwelm-Fazies biostromale dunkle Kalke, die am Beginn des Riffwachstums stünden. Die Dorp-Fazies definierte er als Bildungen des in Vorriff, Riffkern und Rückriff gegliederten Riffes. Er kennzeichnete das Briloner Riff als Atoll (KREBS 1974: 171) am externen Schelfrand des Rheinischen Troges der variszischen Geosynklinale.

Demgegenüber wiesen EDER et al. (1975: 37) darauf hin, daß im Nordwesten des Briloner Riffkomplexes back-reef-Kalke und unregelmäßig verteilte patch-reefs herrschten, gesäumt von einem Rand aus Kalken der riffnahen Fazies und des Vorriffes im Südosten. Dieses ist – ebenso wie ihre Abbildung der Faziesverteilung im Briloner Riffkomplex (EDER et al. 1975: 38) – ein großer Fortschritt gegenüber den Ansichten von BÄR (1966) und KREBS (1974).

Den Briloner Massenkalksattel bezeichnete BOTTKE (1978) als nördliche tektonische Einheit der „Briloner Scholle“. Er deutete ihn als eine im Norden schneller einsinkende Kippscholle, begrenzt vom Altenbührener Lineament im Westen und dem Rhene-Lineament im Osten.

WAHBA (1978) übernahm die Massenkalk-Gliederung von PAECKELMANN und unterschied zwischen einem „Unteren Massenkalk in Schwelm-Fazies (Oberes Givet)“ und einem „Oberen Massenkalk in Dorp-Fazies (Oberes Givet bis Nehden-Stufe)“. Unter diesem Blickwinkel untersuchte er auch mehrere Aufschlüsse im Kartiergebiet. WAHBA (1978: 128) deutete den Massenkalk-Nordrand als Aufschiebung. Ihm gelang der Nachweis von Conodonten-führenden Oberdevon-Kalken am Massenkalk-Nordrand bei Wülffe und Alme (WAHBA 1978: 117-118).

MORITZ (1983) untersuchte mehrere Bohrungen im Bereich des Briloner Karbonatkomplexes. Er gelangte zu einer Rekonstruktion des Riffwachstums mit vier Entwicklungsstadien: Auf ein Schwellenstadium (mittleres Givet) und ein Plattformstadium (oberes Givet) in Schwelm-Fazies folgte ein Atollstadium

(oberes Givet bis unteres Adorf). Die Riffentwicklung schlieÙe mit einem Kappenstadium in Iberg-Fazies (oberes Adorf) ab. Das Riff sei infolge schneller Absenkung abgestorben.

BRINCKMANN & STOPPEL (1986) vertraten die Ansicht, daÙ es – von einer im Unterdevon angelegten Hochzone ausgehend – zur Entstehung eines Saumriff-Komplexes kam, der sich im Ober-Adorf zu einem Atollriff ausbildete.

KUBITZA (1984) konnte im Massenkalk zwischen Nehden und Madfeld zwei Faziestypen auskartieren: zum einen bevorzugt dunkelgraue bis schwarze, bituminöse, im Meter-Bereich gebankte Kalke (= Typ A), zum anderen hell- bis mittelgraue, deutlich gebankte Kalke (= Typ B), die sich sowohl vertikal als auch lateral ersetzen können.

4. Gesteine des Massenkalkes

Im Gelände wurden die Kalke nach ihrer Helligkeit (hell-, mittel-, dunkelgrau oder schwarz) und Körnigkeit (arenitisch oder mikritisch) unterschieden. Die Gesteinsansprache im An- und Dünnschliff erfolgte nach der erweiterten DUNHAM-Klassifikation in FLÜGEL (1982). Für Gesteine, die in ihren Merkmalen zwischen zwei Kategorien stehen, wurden zusammengesetzte Namen (z.B. Bind-Floatstone) verwandt.

Bei sehr vielen mikritischen Kalken – nicht nur Bindstones – läÙt sich im Dünnschliff erkennen, daÙ sie aus Peloid-Kalken hervorgegangen sind (siehe 4.3.). In den Dünnschliffen findet sich anstatt Mikrit (im eigentlichen Sinne) immer Mikrosparrit; dieser ist wahrscheinlich durch Rekrystallisation aus Mikrit (i.e.S.) entstanden.

Es treten verbreitet authigene idiomorphe Tief-Quarze auf (Länge 0,2-0,4 mm, Breite 0,05-0,1 mm). Nach SCHNEIDER (1977) entstanden sie in der späten Diagenese im Unterkarbon.

4.1. Grainstones und Rudstones

Die Grain- und Rudstones sind hell- bis mittelgrau und bestehen meist aus Bioklasten. Es gibt Grainstones aus bis 90 % Echinodermenschutt. Man kann oft erkennen, daÙ dieser Schutt aus Crinoidenstienglied-

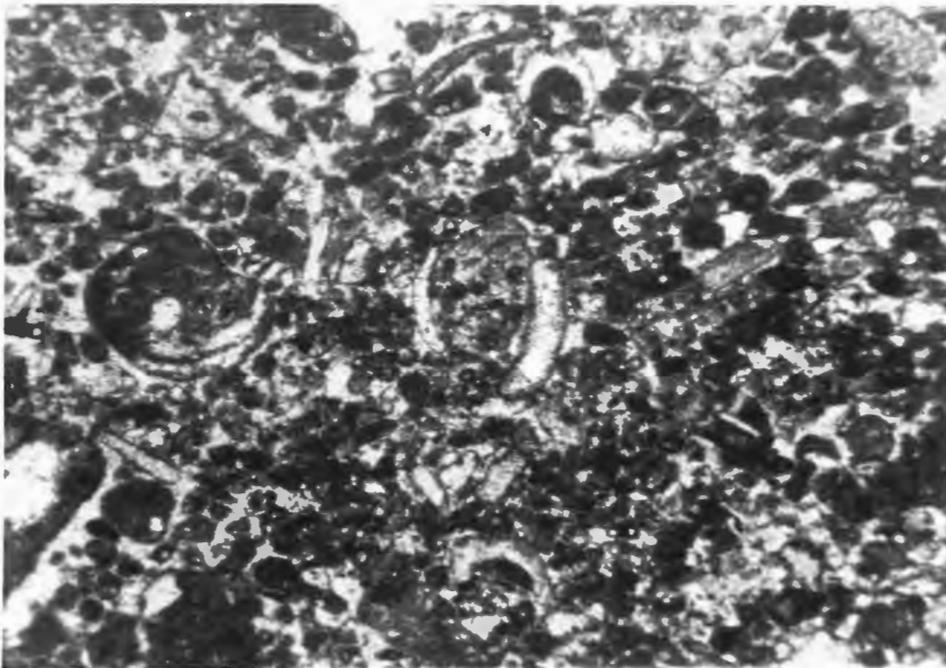


Abb. 3: Mittelgrauer Grainstone aus ca. 60 % Lumps und Peloiden und ca. 30 % Bioklasten. Alle Bioklasten zeigen „micritic envelopes“. Vereinzelt gerundete Intraklasten (im Bild links). Länge des Bildausschnittes: 6,5 mm; Dünnschliff: Y8; Fundort: Eisenbahnanschnitt 39 m südlich des Almer Tunnels (r73705 h01525).

dern besteht. In den meisten Fällen sind die Bioklasten Fragmente von Riffbildnern oder Schalentieren (insbesondere Brachiopoden und Muscheln). Sie haben oft „micritic envelopes“, die vielfach als Hinweis auf flachmarines Milieu aufgefaßt werden (FLÜGEL 1982). Es treten auch Grainstones mit einem hohen Anteil von Lumps (FLÜGEL 1982: 136) und Peloiden auf (Abb. 3).

Es bestehen fließende Übergänge von den häufigeren Grainstones zu den selteneren Rudstones. In den Rudstones sind nicht nur die Fragmente größer, sondern es treten auch häufiger Intraklasten auf.

Der Zement in diesen Gesteinen ist meist blockig. Gelegentlich beobachtet man einen frühen syntaxialen Rindenzement – meist an Echinodermenresten, seltener an Schalenresten. Auch zweiklappige Ostracoden in den Mikriten zeigen oft auf der Schaleninnenseite syntaxialen Rindenzement. Radial-fibröser Zement mit Wachstumsunterbrechungen und vadosem Silt ist aus einem Rudstone im Steinbruch am Flotsberg (Aufschluß 2) bekannt (Hinweis auf subaerische Exposition; siehe FLÜGEL 1982: 75, 78).

4.2. Floatstones, Wackestones und Mudstones

Von den hell- bis mittelgrauen Grain- und Rudstones unterscheiden sich die hell- bis mittelgrauen Wacke- und Floatstones durch den Erhalt einer mikritischen Matrix. Dies muß nicht mit einer Änderung der Partikel-Zusammensetzung verbunden sein, wie der Vergleich zwischen den arenitischen Kalken an der Basis des Massenkalkes im Mühlental und im Moospringtal (siehe Kap. 5.2.1. + 5.2.2.) erkennen läßt. Im Profil Mühlental entwickeln sich aus Wacke- und Floatstones durch Abnahme der Bioklastenführung und das Erscheinen von Birdseyes und/oder lagigen Riffbildnern hell- bis mittelgraue Bindstones. Zusammen mit Birdseye-Bindstones kann man häufig Floatstones aus Riffbildnern – meist *Amphipora* – finden. Oft enthalten diese Floatstones aber auch Birdseyes und werden dadurch zu Bind-Floatstones.

Anders als die hellen Kalke enthalten die dunklen Kalke normalerweise keine Birdseyes. Wenn sie häufiger Fragmente von Riffbildnern führen, handelt es sich um Floatstones, andernfalls sind es bioklastische Wackestones oder Mudstones. In den dunklen Kalken findet man gelegentlich etwas Echinodermentschutt. Die Riffbildner in den Floatstones sind nicht weit transportiert worden, sondern nur umgeworfen oder zerbrochen (siehe Abb. 4).

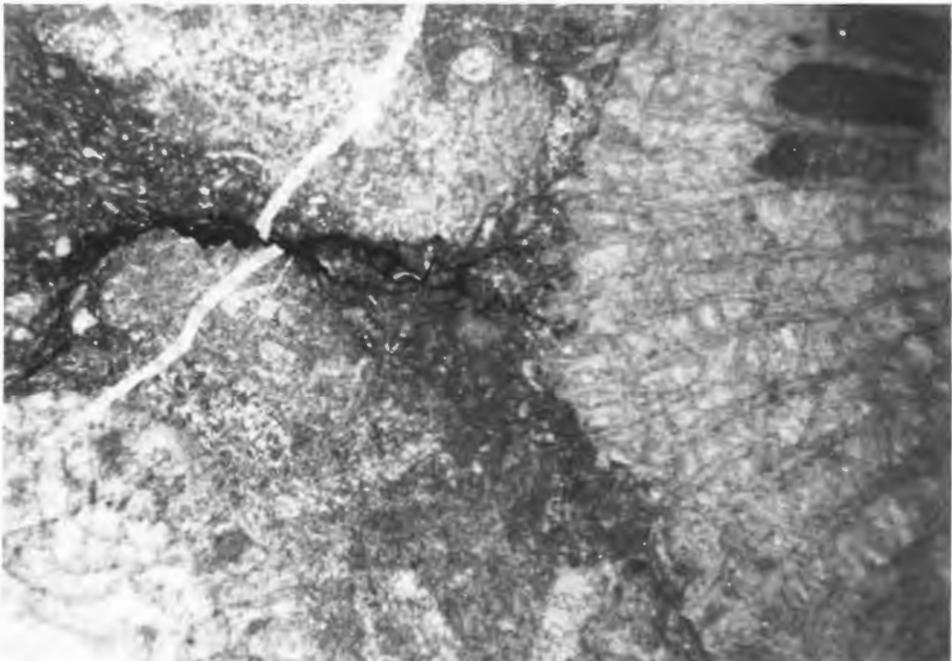


Abb. 4: Floatstone in dunkelgrauer bioklastischer Wackestone-Matrix, stellenweise durchwühlt (helle Partie links der Mitte), mit *Pexiphyllum* ex gr. *rectum-heterophylloides*. Links oben ist eine z.T. angebohrte *Stromatopora cygnea* STEARN 1963.
Länge des Bildausschnittes: 16 mm; Dünnschliff: Y24; Fundort: Aufschluß 2 (r71065 h98785).

4.3. Bindstones

Der größte Teil der hell- bis mittelgrauen mikritischen Kalke sind Bindstones. Ihre Matrix besteht aus Peloid-Wackestones und Peloid-Packstones, vereinzelt auch Peloid-Grainstones. Die Peloiden haben eine unregelmäßige, gerundete oder gerundet-eckige Form, eine Länge von 50-2000 μm (meist 200-400 μm) und bestehen aus Mikrosparit. Durch dichtere Packung (Kompaktion!) gehen sie fließend in einen \pm homogenen Mikrit über (siehe Abb. 5). Bei diesen Peloiden handelt es sich offensichtlich um aufgearbeiteten Kalkschlamm.

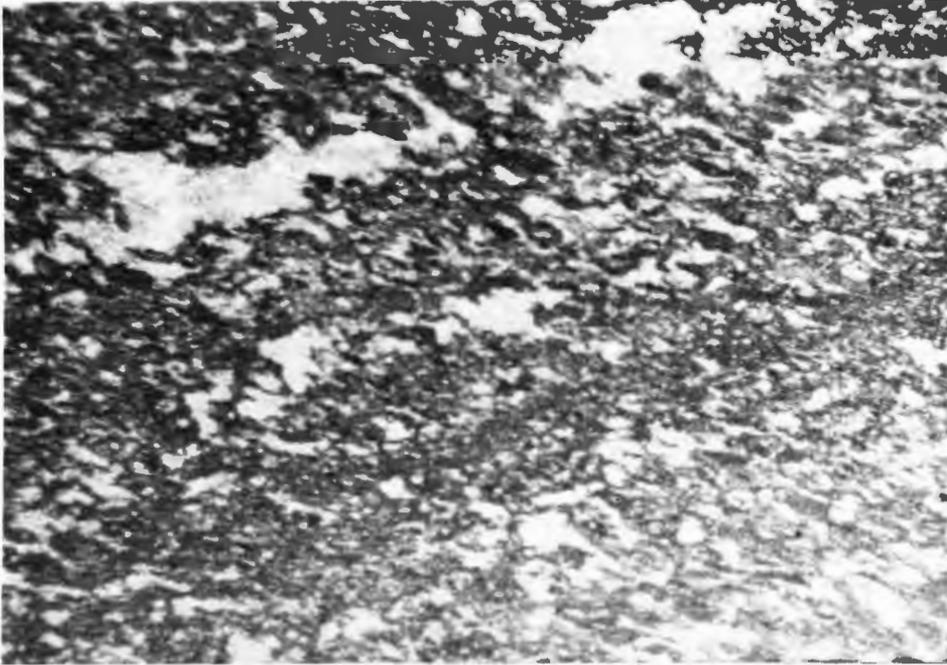


Abb. 5: Hellgrauer Bindstone aus in Lagen angeordneten länglichen Birdseyes in einer Matrix aus 0,1-0,8 mm langen Peloiden (Peloiden tektonisch gelängt!). Länge des Bildausschnittes: 11 mm; Dünnschliff: Y10; Fundort Aufschluß 7 (r73410 h01190).

Wichtig für die Deutung der hellen mikritischen Kalke sind die Birdseyes. Es sind unregelmäßige, längliche spariterfüllte Hohlräume im Gestein mit einer Länge von 0,1-8 mm (kleine Birdseyes < 0,5 mm < große Birdseyes). Vereinzelt treten noch größere (bis > 3 cm), unregelmäßig geformte Hohlräume auf, die mit weißem Sparit erfüllt sind. Sie sind durch fließende Übergänge mit den Birdseyes verbunden und werden deshalb im weiteren als „Superbirdseyes“ bezeichnet. Oft treten die Birdseyes lagenweise gehäuft auf und/oder besitzen eine längliche Gestalt parallel zur Schichtung (Abb. 5). Das Gestein zeigt dann oft eine deutliche lagige Absonderung (Laminite im weiteren Sinne). Durch noch strengere lagenweise Anordnung entstehen Laminite (im eigentlichen Sinne) mit einer Feinschichtung (Lamination) im mm-cm-Bereich.

Es gibt verschiedene Entstehungsmöglichkeiten für Birdseyes und Birdseye-ähnliche Erscheinungen (FLÜGEL 1982; SHINN 1983). Die meist diskutierte Möglichkeit ist die Entstehung durch Algenmatten im Intertidal oder Supratidal. Diese Deutung ist für die im Arbeitsgebiet beobachteten Birdseye-Kalke als sehr wahrscheinlich anzunehmen, da sie oft ein laminares bis laminoides Gefüge zeigen und als Matrix Mikrit bzw. Peloid-Kalke besitzen (READ 1975; FLÜGEL 1982; SHINN 1983). Da die Algenmatten das Sediment gebunden haben, ist es sinnvoll, diese Birdseye-Kalke als Birdseye-Bindstones zu bezeichnen.

Ein zweiter Typ von Bindstones sind hell- bis mittelgraue, meist laminierte Mikrite, die dünne lagige (weniger als 1 cm dicke) Stromatoporen enthalten (siehe Abb. 6), und zwar (fast) ausschließlich *Stachyodes (Keega)jonelrayi*. Untergeordnet können auch lagige Alveolitiden auftreten. Diese Riffbildner wirkten als Sedimentbinder. Da die Kalke auch \pm häufig Birdseyes enthalten, muß es sich um Bildungen des Intertidals oder des Grenzbereiches Intertidal/Subtidal handeln. Diese Stromatoporen-Bindstones sind südlich Wülfe besonders häufig, treten aber auch in anderen Teilen des Gebietes auf.



Abb. 6: Hellgrauer Bindstone aus dünnlagigen *Stachyodes (Keega) jonelrayi* STEARN 1975. Die Stromatoporen verlaufen ungefähr schichtparallel und haben stellenweise mm-große sedimenterfüllte Anbohrungen. Die Matrix ist ein bioklastischer Wackestone, gelegentlich mit zweiklappigen Ostracoden (im Bild links).
Länge des Bildausschnittes: 16 mm; Dünnschliff: Y5; Fundort: Südausgang des Almer Tunnels (r73705 h01525).

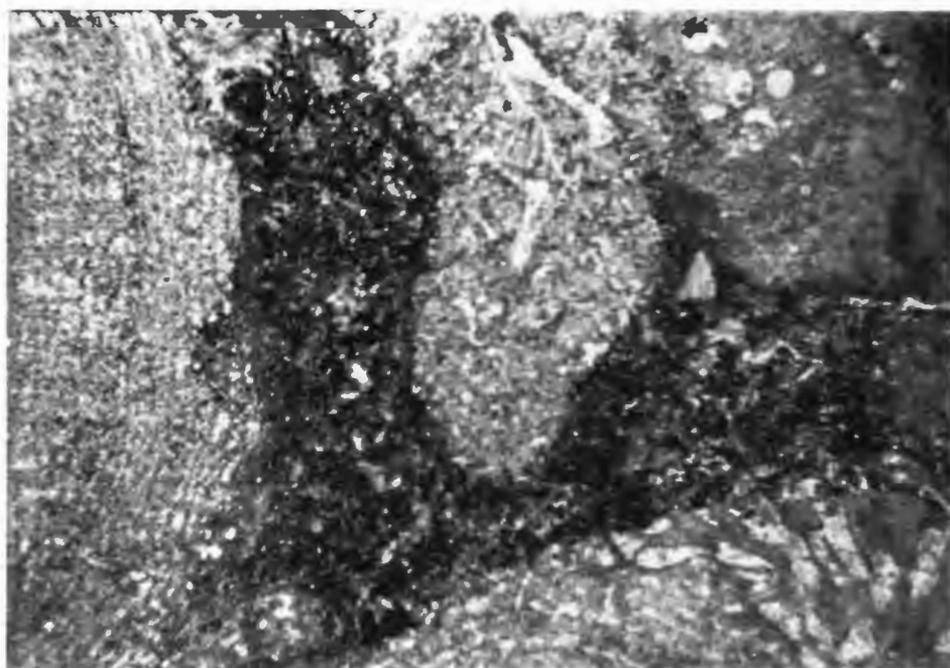


Abb. 7: Mittelgrauer Stromatoporen-Framestone mit bioklastischer Wackestone-Matrix. Zwischen tabularen bis knolligen Stromatoporen-Coenostea (z.B. *Hermatostroma porosum* (LEC.) im Bild oben) sind Fragmente ästiger Riffbildner (*Stachyodes* cf. *caespitosa* LEC. rechts im Bild). Auf dem Foto sind links die inkrustierende Stromatopore *Clathrocoilona spissa* (LEC.) und die inkrustierende Auloporide *Roemerolites* cf. *exornatus* (DETHIER & PEL 1971) zu sehen.
Höhe des Bildausschnittes: 16 mm; Dünnschliff: Y19; Fundort: Eisenbahnanschnitt bei r74200 h99630 (Aufschluß 11).

Aus dem Steinbruch am Flotsberg (Aufschluß 2) sind außerdem noch subtidale Stromatoporen-Bindstones bekannt, die sich durch ihre Fauna, ihre dunkle Färbung und das Fehlen von Birdseyes deutlich von den beiden anderen Typen unterscheiden. Sie enthalten als dünnlagige Stromatopore hauptsächlich *Stromatopora cygnea*.

4.4. Bafflestones und Framestones

Gelegentlich treten Rasen aus ästigen Stromatoporen auf. Diese Bafflestones werden von *Amphipora* oder von *Stachyodes* aufgebaut. Selten gibt es solche mit der ästigen tabulaten Koralle *Scoliopora* (z.B. Aufschluß 8) oder aus der knolligen tabulaten Koralle *Alveolites*.

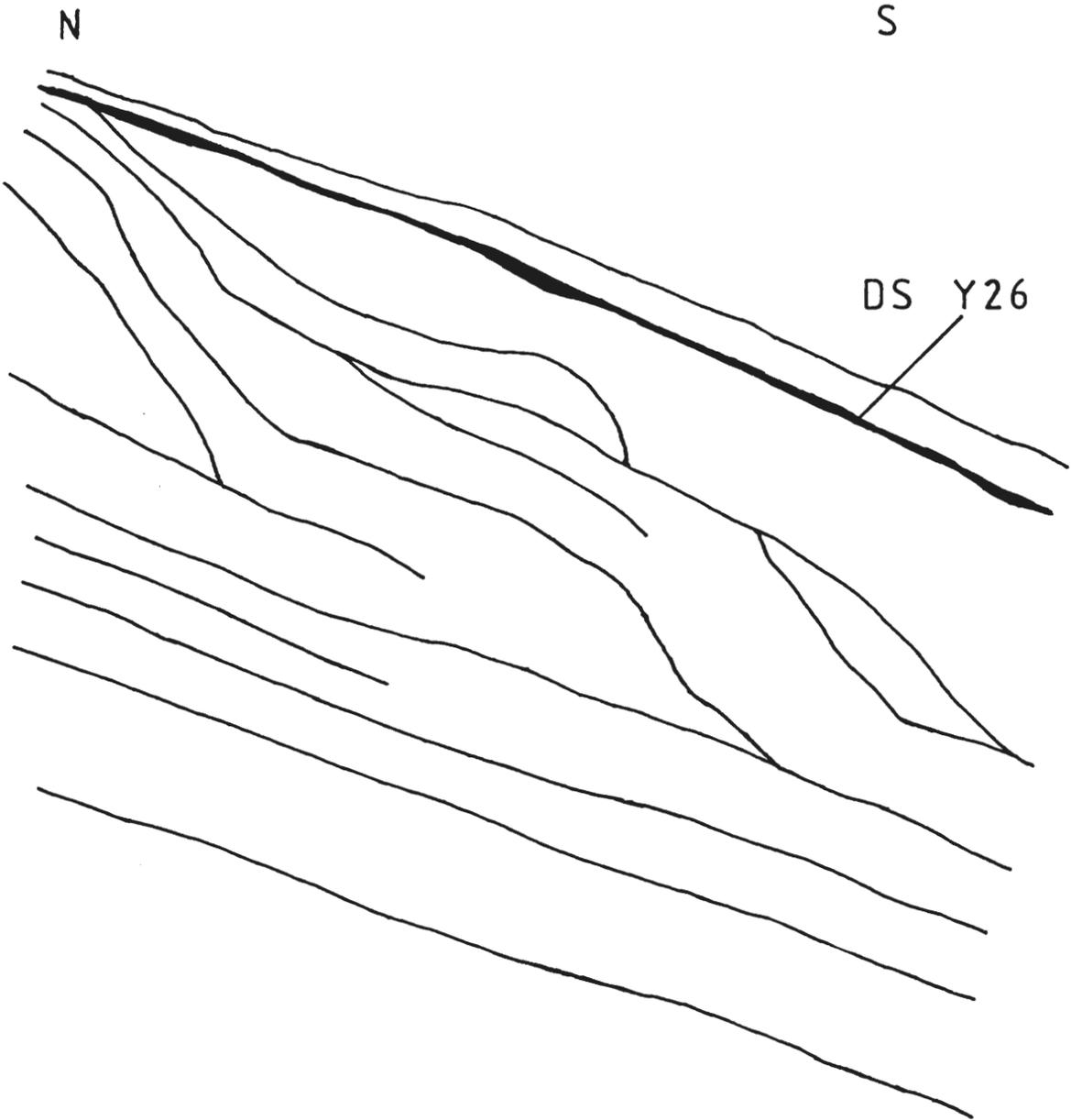


Abb. 8: Aufschluß in subaquatisch gerutschten dunkelgrauen Wackestones am Top des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke (mit Angabe des Entnahmepunktes des DS-Nr. Y26). Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülfe (Aufschluß 2), 45 m südlich der Felswand (r71065 h98785), Aufschlußhöhe 2 m.

Vereinzelte Framestones besitzen ein Gerüst aus \pm knolligen Stromatoporen. Andere Riffbildner findet man dazwischen. Die Matrix besteht aus mittel- bis dunkelgrauem bioklastischem Wackestone (Abb. 7).

4.5. Subaquatisch gerutschte Gesteine

Es wurden mehrfach im Massenkalk subaquatisch gerutschte Gesteine beobachtet – zum einen im untersten Teil des Massenkalkes im Mühlental und Moospringtal, zum anderen im Steinbruch südwestlich Wülftle.

Im Mühlental und im Moospringtal ist an mehreren Stellen eine subaquatische Rutschung in hellgrauen Echinodermenschutt-Areniten (Grainstones, Wackestones, Packstones) aufgeschlossen. Charakteristisch sind laminierte Partien, die die Arenite ungefähr parallel zur Schichtung durchziehen. Im Steinbruch am Osthang des Buchenberges (r 74400 h 02175) (Aufschluß 18) vernetzen sich diese laminierten Partien weitspannig. Ein Dünnschliff (DS-Nr. Y7) aus dem Eisenbahnschnitt 37 m südlich des Almer Tunnels (Aufschluß 6) zeigt, daß die laminierten Kalke aus 1-6 mm dicken Lagen von gradierten Siltiten (bis Fein-Areniten) bestehen, die verbogen bis kleingefaltet sind. Sie enthalten Partien aus Echinodermenschutt-Packstones und langegezogene Flatschen aus siltitischen Areniten. Die gradierten Lagen lassen sich durch Sedimentation aus Suspensionsströmen erklären.

Im Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülftle (r 71000 h 98800) (Aufschluß 2) ist am Top des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke eine subaquatische Rutschung in mittel- bis dunkelgrauen Wackestones und Grainstones entwickelt. Sie dokumentiert sich in der auffälligen Verbiegung und dem Auskeilen der Kalksteinbänke (siehe Abb. 8). In ihrem obersten Teil enthält sie ein ca. 3 cm dickes, weißlich/rötlich gefärbtes, laminiertes Band. Der davon angefertigte Dünnschliff (DS-Nr. Y26) ist dem Dünnschliff aus der laminierten Partie 37 m südlich des Almer Tunnels vergleichbar: Feine, gradierte Siltite bilden Lagen von 0,2-1 mm Dicke, die oft wellig verbogen oder in Falten von wenigen mm Spannweite gelegt sind.

5. Fazies des Massenkalkes

5.1. Grundlagen der bathymetrischen Einstufung

Für die Rekonstruktion der faziellen Entwicklung ist besonders wichtig, ob die Kalke im Supra-, Inter- oder Subtidal gebildet wurden.

a) **Supratidal**: Für supratidale Sedimente charakteristische Merkmale – wie z.B. Caliche-Bildungen, Tepee-Strukturen und Trockenrisse (FLÜGEL 1982: 468) – wurden nicht beobachtet.

b) **Intertidal**: Da Birdseye-Kalke mit einer Matrix aus Mikrit oder Peloiden auf Inter- und Supratidal \pm beschränkt sind, die im Arbeitsgebiet vorkommenden aber keine Hinweise auf supratidale Entstehung zeigen, kann man sie in ihrer Gesamtheit dem Intertidal zurechnen. READ (1975) und MOUNTJOY (1975) konnten drei Typen von Birdseye-Kalken unterscheiden: laminierte Kalke mit laminoiden Birdseyes im unteren Intertidal, massige Kalke mit unregelmäßigen Birdseyes im mittleren und oberen Intertidal und fleckige Kalke mit tubulären Birdseyes im oberen Intertidal und Supratidal. Laminierte Birdseye-Bindstones, die dem ersten Typ entsprechen, sind aus dem Mühlental (Abb. 5) und der Bohrung Nehden 3 bekannt. Ebenso treten Kalke auf, die dem zweiten Typ vergleichbar sind; aber es wurden nie fleckige Kalke mit tubulären Birdseyes beobachtet.

c) **Subtidal**: Da rugose Korallen, artikulate Brachiopoden und (mit Einschränkungen) tabulate Korallen auf subtidale und tiefere Meeresbereiche beschränkt waren, spricht ihr Auftreten im Sediment für Bildung im Subtidal. Ebenso sind verhältnismäßig artenreiche Riffbildner-Vergesellschaftungen nur dort zu erwarten. Auch Echinodermenschuttkalke sind ein Hinweis auf Subtidal, da sie – soweit nachweisbar – aus Crinoidenresten aufgebaut wurden.

Ins Auge fällt, daß im Untersuchungsgebiet die intertidalen Kalke hell- bis mittelgrau gefärbt sind, während die subtidalen Kalke sehr oft dunkelgrau sind. Eine wichtige Ausnahme sind die hellen Echinodermenschutt-Arenite des Subtidals im untersten Teil des Massenkalkes. Die dunklere Färbung der subtidalen Sedimente läßt sich nur durch einen höheren Gehalt an organischer Substanz und/oder an feinverteilten Sulfiden erklären. Um die organische Substanz zu erhalten und die Bildung von Sulfiden zu ermöglichen

chen, mußten im Sediment reduzierende Bedingungen herrschen. Trotzdem kam es nicht zu euxinischen Verhältnissen, wie das reiche Epibenthos beweist.

5.2. Fazielle Entwicklung und Großzyklen

Obwohl weder die Unter- noch die Obergrenze des Massenkalkes erschlossen sind, erlauben drei Profile durch große Teile des Massenkalkes wichtige Aussagen über die Entwicklung der Fazies. Sie sind das Ergebnis umfänglicher Aufschluß-Aufnahmen im Mühllental, im Moosspringtal und in den Steinbrüchen südwestlich Wülftle. Ihre Parallelisierung erfolgte, mit Hilfe der Kartierung und einer subaquatischen Rutschung im ältesten Teil des Massenkalkes. Die Gesteinsfolge in den drei Profilen wird in den Kap. 5.2.1.-3 kurz aufgelistet. Eine zeichnerische Darstellung gibt Abb. 9.

Der älteste Teil des Massenkalkes besteht aus fossilführenden, subtidalen Echinodermenschutt-Areniten, die in flachmarinem Milieu (Lumps, „micritic envelopes“ usw.) gebildet wurden. Da die Rudstones an der Basis sehr viele Intraklasten flachmariner Kalke enthalten, ist anzunehmen, daß auch das nicht bekannte Liegende aus solchen besteht.

Aus diesen subtidalen Areniten entwickeln sich fließend fossilarme, intertidale mikritische Birdseye-Bindstones, indem der Gehalt an bioklastischem Schutt immer mehr abnimmt und der Mikrit-Gehalt dafür zunimmt. Folgende Abfolge läßt sich erkennen: Grainstones und Wackestones – Stromatoporen-Bindstones – Bind-Floatstones und Bind-Wackestones – mikritische Birdseye-Bindstones. Diese Abfolge ist nicht nur Ausdruck abnehmender Schuttfzufuhr, sondern auch abnehmender Wassertiefe. Diese Entwicklung scheint nicht über das Intertidal hinaus gekommen zu sein; denn außer einem 30 cm mächtigen Rudstone im Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülftle (Aufschluß 2), der vadosen Silt enthält, gibt es keine Hinweise auf subaerische Exposition während der Sedimentation und der frühen Diagenese (siehe FLÜGEL 1982: 78-79).

Über den fossilarmen mikritischen Birdseye-Bindstones erscheint das unterste Paket überwiegend dunkler Kalke. Wie im nächsten Kapitel dargelegt wird, ist dieses Paket durch Kleinzyklen von 3-15 m Mächtigkeit in subtidale und intertidale Sedimente gegliedert. Auffällig ist – und das gilt ebenso für die anderen Pakete überwiegend dunkler Kalke –, daß die dunkelgefärbten, fossilreichen subtidalen Anteile überwiegen.

Darüber folgen wieder helle, mikritische Birdseye-Bindstones, die oft laminiert sind und im Intertidal entstanden. Vereinzelt sind helle mikritische Kalke eingeschaltet, die man dem Subtidal zurechnen muß (z.B. Brachiopoden-Lagen).

Die weitere Abfolge im Profil Mühllental ist eine Aneinanderreihung von sechs ca. 5-150 m mächtigen Paketen überwiegend dunkelgrauer, vorwiegend subtidaler Kalke, die die Einschaltungen zwischen ca. 35-230 m mächtigen Paketen hell- bis mittelgrauer, hauptsächlich intertidaler Kalke bilden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der Massenkalk oberhalb der überwiegend arenitischen Kalke an der Basis – die in der weiteren Abfolge kein Gegenstück haben – in **Großzyklen** gegliedert ist, die folgenden Aufbau zeigen: intertidale Sedimente – überwiegend subtidale Sedimente – intertidale Sedimente. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 40 m und 350 m. Diese Großzyklen und ihre Fauna ließen sich sehr gut in der Bohrung Nehden 3 beobachten (siehe 5.3.2.).

5.2.1. Profil Mühllental (Aufschluß 6-11)

Die Gesamtmächtigkeit des Profils Mühllental beträgt ca. 1254 m. Damit ist es das längste Profil durch den Massenkalk des Briloner Sattels. Jedes Profil geht vom Ältesten zum Jüngsten.

1) **Zu unterst** aufgeschlossen ca. 10 m hellgraue (seltener mittelgraue) Grainstones und Rudstones, seltener Wackestones; überwiegend aus Bioklasten: meist Echinodermenschutt, außerdem Schalenreste und Riffbildner-Fragmente (*Amphipora* und andere Stromatoporen); häufig Intraklasten.

2) Ca. 1 m subaquatisch gerutschte hellgraue Echinodermenschutt-Packstones und -Wackestones.

3) Ca. 15 m hellgraue (seltener mittelgraue) Grainstones, Wackestones und Floatstones aus Bioklasten (überwiegend Echinodermenschutt); Biomorpha: gelegentlich Tabulata, Rugosa und Stromatoporen, sowie nördlich des Almer Tunnels im unteren Teil Brachiopoden in Nestern angehäuft.

4) Ca. 60 m hell- bis mittelgraue arenitische Kalke (mit Wackestone-Matrix aus Bioklasten und Peloiden); Birdseyes häufig; Bind-Floatstones und Bind-Wackestones, im unteren Teil auch Stromatoporen-Bindstones. Biomorpha: ästige Stromatoporen häufig-gelegentlich (*Amphipora*, *Stachyodes*), andere Stromatoporen gelegentlich; ästige und knollige Tabulata und Rugosa im unteren Teil gelegentlich.

5) Ca. 50 m hellgraue (seltener mittelgraue) Bindstones und Bind-Floatstones; Birdseyes häufig, Superbirdseyes vereinzelt; bioklastischer Schutt gelegentlich; Biomorpha: ästige Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*) und andere Stromatoporen gelegentlich.

6) Ca. 160 m hellgraue (seltener mittelgraue) Birdseye-Bindstones, nur vereinzelt laminiert; Superbirdseyes vereinzelt; ästige Stromatoporen (meist *Amphipora*) gelegentlich bis selten, vereinzelt zu Floatstones angereichert.

7) Ca. 25 m mittel- bis hellgraue mikritische, lagig absondernde Birdseye-Bindstones; ästige Stromatoporen (meist *Amphipora*) gelegentlich-selten.

8) Ca. 15 m überwiegend dunkelgraue Kalke: häufig Bafflestones und Floatstones mit vielen ästigen Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*), anderen Stromatoporen und ästigen Tabulaten (*Scoliopora*), selten rugose Korallen; am Top *Stringocephalus* sp.; darin Birdseye-Bindstones eingeschaltet.

9) 3 m hellgraue Rudstones-Grainstones, bioklastisch; an der Basis *Stringocephalus* (*Stringodiscus*) sp..

10a) Aufgeschlossen ca. 130 m hell- bis mittelgraue Birdseye-Bindstones, ± deutlich laminiert (außer unterste 50 m); darin gelegentlich Stromatoporen-Lagen (z.B. *Actinostroma*) und Floatstones aus ästigen Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*), vereinzelt Brachiopoden-Lagen.

10b) Ca. 100 m helle Kalke, nicht aufgeschlossen; darüber 5 m helle Kalke (wie 10a) wieder aufgeschlossen.

11) Ca. 5 m dunkelgraue Floatstones und Bafflestones mit sehr häufigen ästigen Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*), kugeligen Stromatoporen; ästige tabulate und rugose Korallen selten.

12) Ca. 45 m hell- bis mittelgraue Birdseye-Bindstones, meist lagig absondernd, vereinzelt Superbirdseyes; gelegentlich knollige Stromatoporen, gelegentlich *Amphipora*-Floatstones.

13) Nicht aufgeschlossen: ca. 5 m überwiegend dunkelgraue Kalke.

Nicht aufgeschlossen: ca. 35 m helle Kalke.

Nicht aufgeschlossen: ca. 5 m überwiegend dunkle Kalke.

14a) Nicht aufgeschlossen: ca. 5 m helle Kalke.

14b) Darüber ca. 30 m hellgraue Birdseye-Bindstone aufgeschlossen; Superbirdseyes vereinzelt; nur im unteren Teil undeutlich lagig absondernd; gelegentlich Floatstone-Lagen aus ästigen Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*); vereinzelt Brachiopoden.

14c) Nicht aufgeschlossen: ca. 65 m helle Kalke.

15) Nicht aufgeschlossen: ca. 5 m überwiegend dunkle Kalke.

Nicht aufgeschlossen: ca. 35 m helle Kalke.

16a) Nicht aufgeschlossen: ca. 110 m überwiegend dunkle Kalke.

16b) Darüber aufgeschlossen: ca. 45 m überwiegend dunkle Kalke, die fließend in überwiegend helle Kalke übergehen (17a): dunkel- bis hellgraue Floatstones, Bafflestones und Birdseye-Bindstones; häufig *Amphipora*, gelegentlich andere (knollige) Stromatoporen.

17a) Ca. 200 m mittel- bis hellgraue Birdseye-Bindstones (Superbirdseyes vereinzelt), Floatstones und Bafflestones; gelegentlich-häufig ästige Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*) und gelegentlich andere Stromatoporen; vereinzelt dunkelgraue Kalke eingelagert (hauptsächlich unterste 40 m); die untersten 60 m häufig ästige Stromatoporen, darüber nur noch gelegentlich, stattdessen oft lagige Absonderung.

17b) Nicht aufgeschlossen: ca. 35 m helle Kalke.

18a) Nicht aufgeschlossen: ca. 35 m überwiegend dunkle Kalke.

18b) Darüber aufgeschlossen bis zum Muldenkern ca. 20 m mittel- bis dunkelgraue Kalke; im tiefsten Teil sind noch häufig Birdseyes, im höheren Teil ist die Matrix ein bioklastischer Wackestone. Biostromaler Charakter: Bafflestones und Floatstones, vereinzelt sogar Framestones aus Stromatoporen. Biomorpha: ästige Stromatoporen häufig-sehr häufig (*Amphipora*, *Stachyodes*), andere Stromatoporen häufig, Tabulata und Rugosa selten.

5.2.2. Profil Moospringtal (Aufschluß 18-20)

1) Zu unterst ca. 40 m hellgraue bis mittelgraue Echinodermenschutt-reiche Floatstones und Wackestones; gelegentlich ästige Stromatoporen (*Amphipora*, *Stachyodes*), selten tabulate und rugose Korallen; im obersten Teil subaquatische Rutschung. Es folgt eine große Aufschlußlücke, in deren Bereich die Gesteinsmächtigkeit nicht sicher abzuschätzen ist.

2a) Nicht aufgeschlossen: ca. 40 m hellgraue mikritische Kalke.

2b) Darüber aufgeschlossen ca. 95 m hellgraue (seltener mittelgraue) Birdseye-Bindstones, die vereinzelt undeutlich laminiert sind; Superbirdseyes gelegentlich; Amphiporen-Floatstones vereinzelt.

3) (Schlecht aufgeschlossen) ca. 30 m mittel- bis hellgraue Kalke; meist mikritisch, an Basis und Top auch bioklastische Wackestone-Matrix; Birdseye-Bindstones, gelegentlich *Amphipora*-Floatstones; andere Stromatoporen gelegentlich, rugose Korallen selten.

4) Ca. 10 m dunkel- bis mittelgraue Bafflestones, Floatstones und Wackestones mit bioklastischer Wackestone-Matrix; untere 4 m fossilreich (*Amphipora* häufig, andere Stromatoporen häufig); darüber 6 m Wackestones, zuoberst Brachiopoden-Reste.

5) Ca. 10 m dunkel- bis mittelgraue Kalke mit bioklastischer Wackestone-Matrix; an Basis und Top Bafflestones, sonst häufiger Float- und Wackestones; sehr häufig Tabulaten (*Alveolites*, *Thamnopora*), häufig Rugosen, gelegentlich Brachiopoden.

6) 1 m mittelgraue Wackestones und 4 m hellgraue Boundstones, die häufig dünnlagige Stromatoporen und Alveolitiden enthalten.

7) Darüber 1 m mittel- bis dunkelgrauer Floatstone.

5.2.3. Profil südwestlich Wülftle (Aufschluß 1-2)

1) Zu unterst aufgeschlossen ca. 90 m hellgraue (selten mittelgraue) mikritische Birdseye-Bindstones, die \pm deutlich laminiert sind; selten bioklastische Wackestone-Matrix; gelegentlich (meist dünnlagige) Stromatoporen und selten Alveolitiden, können Bindstones bilden.

2) Nicht aufgeschlossen: ca. 50 m hellgraue mikritische Kalke.

3) Ca. 20 m hellgraue mikritische, meist \pm deutlich laminierte Birdseye-Bindstones; gelegentlich eingeschwemmte *Amphipora* und gelegentlich andere Stromatoporen.

4) 30 cm hellgrauer Rudstone aus Stromatoporen u. Intraklasten (mit Anzeichen für subaerische Exposition; siehe 4.1.).

5) Ca. 20 m hellgraue mikritische Kalke: Birdseye-Bindstones und Bindstones aus lagigen Stromatoporen; selten Grainstones.

6) Ca. 10 m dunkel- bis mittelgraue mikritische Kalke, die sehr häufig tabulate Korallen (*Alveolites*, *Thamnopora*) und häufig rugose Korallen enthalten; Stromatoporen sind selten; an der Basis geringmächtiger Bafflestone, darüber Floatstones.

7) 8 m hellgraue mikritische Bindstones, die häufig bis sehr häufig Birdseyes und dünnlagige Stromatoporen enthalten.

8) Ca. 7 m mittel- bis dunkelgraue Kalke: an der Basis Bindstones und Bafflestones aus Alveolitiden (und

Stromatoporen), danach fossilarme bioklastische Wackestones, im obersten Teil mit subaquatischer Rutschung.

9) Daraus entwickeln sich (aufgeschlossen) ca. 35 m hellgraue, seltener mittelgraue, mikritische Birdseye-Kalke (Bindstones!), die oft laminiert sind, häufig-gelegentlich dünnlagige Stromatoporen, gelegentlich lagige Alveolitiden und vereinzelt *Amphipora*-Floatstones enthalten.

5.3. Kleinzyklen

5.3.1. Unterstes Paket überwiegend dunkler Kalke

Das unterste Paket überwiegend dunkler Kalke wurde in drei Aufschlüssen untersucht:

1) Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülftle (Aufschluß 2, r 71065 h 98785), östlicher Teil der oberen Etage.

2) Eisenbahnanschnitt im Mühltal (Aufschluß 8, r 73530 h 00880), Westseite des Anschnittes 165-220 m südlich des Straßentunnels (r 73520 h 01055).

3) Steinbruch am Nehder Kopf (Aufschluß 20, r 74910 h 01160) und daran anschließender Straßenaufschluß bis 70 m nördlich des Steinbruchs.

Die drei aufgenommenen Profile sind in Abb. 10 dargestellt und miteinander parallelisiert.

Besonders anschaulich ist der zyklische Aufbau des Gesteinspaketes im Steinbruch südwestlich Wülftle. Am Beginn stehen hellgraue Birdseye-Bindstones, Stromatoporen-Bindstones und Grainstones, die (zumindest zum Teil) Bildungen des Intertidals sind. Über ihnen folgen dunkle Boundstones ohne Birdseyes, die sich durch ihre reiche Riffbildner-Fauna als subtidale Bildungen zu erkennen geben. Zuerst erscheint eine Wechselfolge aus bis zu 3 cm dicken Floatstone-Lagen (mit *Thamnopora* und *Stachyodes*) und Lagen aus vielen dünnlagigen Stromatoporen (*Stromatopora cygnea* häufig, *Stachyodes (Keega) jonelrayi* gelegentlich), die Stromatoporen-Bindstones bilden. Die Ablösung dieser Stromatoporen-Bindstones durch *Alveolites*-Bafflestones läßt sich durch eine verstärkte Produktion von bioklastischem Schutt erklären, der die dünnlagigen Stromatoporen zu schnell zusedimentierte. Die weitere Verstärkung der Schuttproduktion unterband das Wachstum des Biostromes, und es kam zur Bildung der Floatstones aus parautochthonen Riffbildnern – deren wichtigste sind *Alveolites suborbicularis* LAMARCK, *Thamnopora micropora* Lecompte und *Pexiphyllum ex gr. rectum-heterophylloides* (Abb. 4). Insbesondere das häufige Auftreten der rugosen Korallen deutet auf eine weitere relative Hebung des Meeresspiegels. In den Zeiträumen, in denen die Sedimentationsrate etwas geringer war (= Entstehung von Mergellagen!), konnten wieder einige Riffbildner (*Alveolites*, dünnlagige Stromatoporen) wachsen. Die Erklärung für die verstärkte Schuttproduktion ist in einer Verstärkung der Wasserbewegung zu suchen, die wahrscheinlich mit der relativen Hebung des Meeresspiegels verknüpft war.

Da der rückläufige Ast des Kleinzyklus unterdrückt ist, folgen auf die dunkelgrauen Floatstones des Subtidals sofort hellgraue Stromatoporen-Birdseye-Bindstones (mit viel *Stachyodes (Keega) jonelrayi*), die im Intertidal oder im Grenzbereich Intertidal/Subtidal gebildet wurden.

Danach wiederholte sich das Ganze noch einmal: Nach dunkelgrauen Stromatoporen-*Alveolites*-Bindstones entstanden *Alveolites*-Bafflestones, die dann im bioklastischen Schutt ertranken. Hier ist der rückläufige Ast des Kleinzyklus nicht völlig unterdrückt; während die Hauptmasse der Wackestones und Grainstones keine Makrofossilien enthält, führt der oberste Teil wieder einige Riffbildner, die man als Anfänge einer Neubesiedlung – infolge abnehmender Sedimentationsrate – deuten kann. Es kam aber nicht zur Bildung eines Biostromes, und nach der abschließenden subaquatischen Rutschung – ein Anzeichen für Bodenunruhe – entwickelten sich wieder die Stromatoporen-Birdseye-Bindstones.

Die beiden Kleinzyklen im Steinbruch am Flotsberg zeigen einen gleichartigen Aufbau: Der „transgressive“ Ast des Kleinzyklus erlaubte durch eine relative Hebung des Meeresspiegels die Bildung eines Biostromes, bis es durch die gleichzeitig angestiegene Schuttproduktion wieder erstickt wurde. Der in der Gesteinfolge nur schlecht dokumentierte „regressive“ Ast führte danach vom Subtidal ins Intertidal zurück.

Die im Steinbruch südwestlich Wülftle erkannte Zyklizität findet man im Steinbruch am Nehder Kopf wieder. Der obere Teil des aufgenommenen Profiles entspricht in Aufbau und Fossilinhalt weitgehend dem entsprechenden Abschnitt im Steinbruch südwestlich Wülftle – trotz einer Entfernung von 4,5

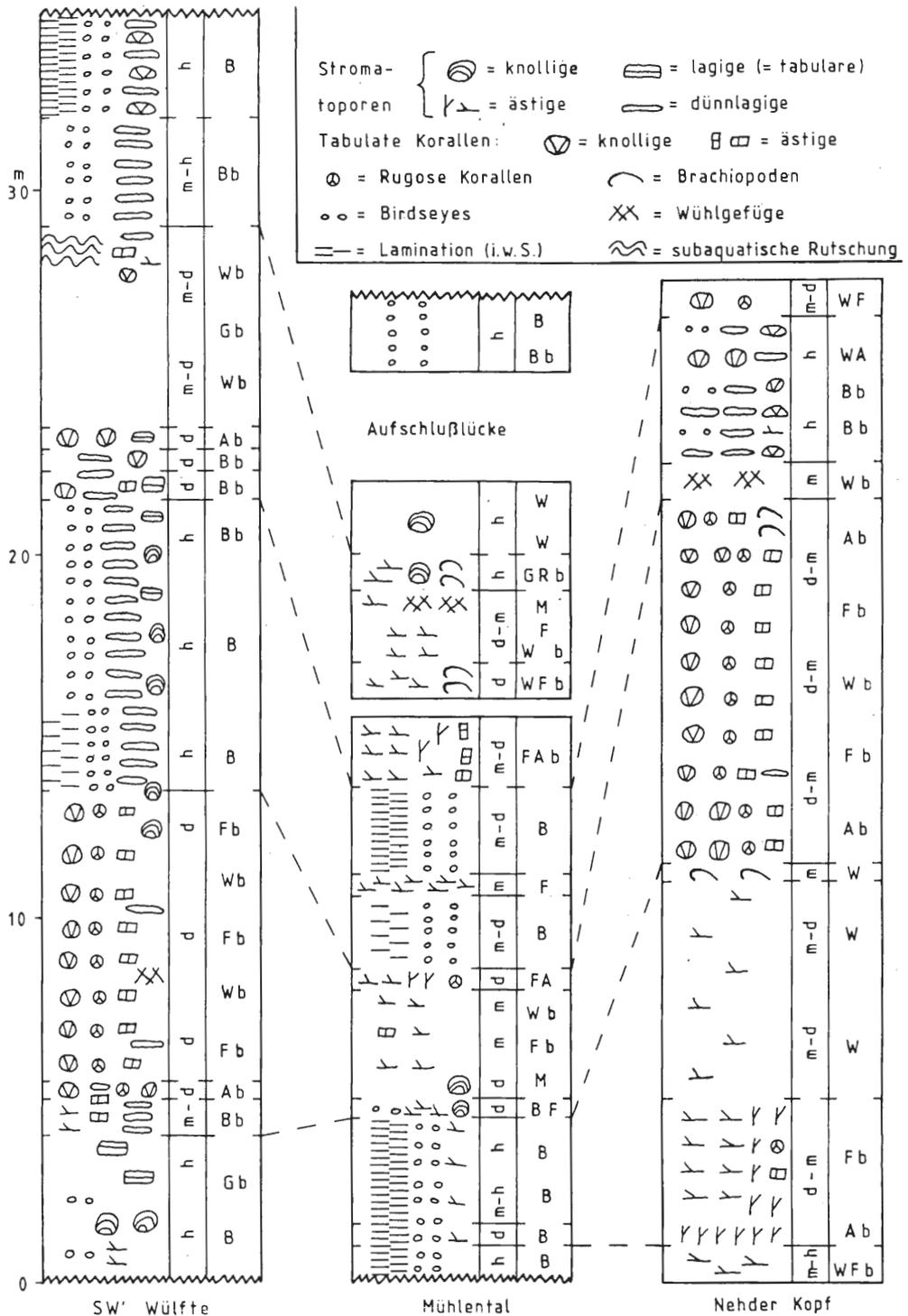


Abb. 10: Aufbau des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke im Massenkalk in drei Profilen (Anordnung von West nach Ost): Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülfte (Aufschluß 2), Westseite des Eisenbahnanschnittes im Mühlental (Aufschluß 8), Steinbruch und Straßenaufschluß am Nehder Kopf (Aufschluß 20). Die Parallelisierung einzelner Teile ist angegeben.

Zeichenerklärung: R = Rudstone M = Mudstone h = hellgrau
 G = Grainstone B = Bindstone m = mittelgrau
 F = Floatstone A = Bafflestone d = dunkelgrau
 W = Wackestone b = Bioklasten führend

km voneinander. Im Steinbruch am Nehder Kopf läßt sich die ca. 10 m mächtige Folge überwiegender dunkelgrauer Floatstones aus *Alveolites suborbicularis suborbicularis*, *Thamnopora micropora* und *Pexiphyllum* ex gr. *rectum-heterophylloides* direkt mit den unteren dunklen Kalken jenes Aufschlusses vergleichen, denn diese Folge enthält an der Basis und am Top biostromale Bafflestones. Ebenfalls folgen am Nehder Kopf darüber hellgraue Bindstones mit *Stachyodes (Keega) jonelrayi*, die aber zusätzlich häufig *Alveolites suborbicularis suborbicularis* enthalten. Von den darüber folgenden oberen dunklen Kalken ist nur der unterste Teil aufgeschlossen (Floatstones mit Rugosen und Alveolitiden).

Demgegenüber findet der untere Teil des Profils am Nehder Kopf im Profil südwestlich Wülftle kein Gegenstück. Gemeint ist eine Abfolge mittel- bis dunkelgrauer bioklastischer Kalke, die mit einem *Amphipora*-Bafflestone beginnt und über einem Floatstone aus ästigen Stromatoporen in einem Wackestone endet. Es handelt sich um den „transgressiven“ Ast eines neuen Kleinzyklus, der älter ist als die beiden aus Wülftle bekannten. Dieser ist unvollständig, denn der „regressive“ Ast und die intertidalen Bindstones fehlen. Außerdem muß in seinem subtidalen Teil eine geringere Wassertiefe als im folgenden Kleinzyklus geherrscht haben, denn tabulate und rugose Korallen sind selten.

Obwohl der Eisenbahnanschnitt im Mühlental zwischen den beiden anderen Aufschlüssen liegt und nur 1,5 km vom Nehder Kopf entfernt ist, unterscheidet sich sein Profil sehr von den beiden anderen:

- 1) Die Mächtigkeit ist stark reduziert.
- 2) Die zyklische Gliederung ist nicht so deutlich.
- 3) Seine ärmere Fossilführung deutet auf stärker eingeschränktes Milieu; *Alveolites* und *Thamnopora* fehlen, rugose Einzelkorallen sind sehr selten. Es dominieren *Amphipora ramosa*, *Stachyodes verticillata* und *Scoliopora denticulata*.

Der untere Kleinzyklus ist nur durch geringmächtige dunkelgraue bis schwarze Kalke dokumentiert. Der von den beiden anderen Profilen bekannte typische Aufbau findet sich am deutlichsten im mittleren Kleinzyklus wieder. Der obere Zyklus enthält in seinem oberen Teil Grain- bis Rudstones (mit *Stringocephalus (Stringodiscus)* sp.), die dem Subtidal zuzurechnen sind. Ebenso wie die subaquatische Rutschung südwestlich Wülftle lassen sie sich als Hinweis für unruhige Verhältnisse am Meeresboden deuten.

5.3.2. Bohrung Nehden 3

In der Bohrung Nehden 3 finden sich Groß- und Kleinzyklen. Deshalb wurde sie näher untersucht. Es lassen sich die oben beschriebenen Großzyklen aus hellen, überwiegend intertidalen und dunklen, überwiegend subtidalen Kalken erkennen. Auffällig ist die große Mächtigkeit des unteren dunklen Paketes, das von 516 m bis 167 m Teufe reicht, obwohl es schon im Mühlental auskeilt. Der faunistische Kontrast zwischen dem unteren dunklen Paket und dem darüber folgenden hellen ist sehr deutlich: Die unteren dunklen Kalke führen neben ziemlich vielen Brachiopoden (*Stringocephalus* sp. u.a.) eine verhältnismäßig reiche Riffbildner-Fauna, die außer den häufigen ästigen Stromatoporen (*Amphipora* häufig, *Stachyodes* gelegentlich) und den anderen Stromatoporen (*Syringostroma capitatum* und *Clathrocoilona spissa* gelegentlich, *Actinostroma*, *Hermatostroma*) gelegentlich tabulate Korallen (*Scoliopora denticulata*, *Caliopora battersbyi* M.-E. & H. u.a.) sowie mehrere Arten rugoser Korallen umfaßt. Die Riffbildner-Fauna der darüber folgenden hellen Kalke ist arm, und Brachiopoden, tabulate und rugose Korallen treten nur noch selten auf.

Das untere Paket überwiegend dunkelgrauer Kalke besteht hauptsächlich aus Floatstones (aus *Amphipora* und/oder anderen Riffbildnern), seltener aus Bafflestones und Bindstones. Die Abfolge der Kalke läßt nur selten Kleinzyklen erkennen. Eine Ausnahme bildet der Abschnitt zwischen 304 m und 293,50 m Teufe, der eine dreimalige zyklische Abfolge a b c b a zeigt:

- c) Mittelgraue fossilarme Birdseye-Bindstones des Intertidals.
- b) Fossilreiche Kalke mit Wühlgefüge aus 1-3 cm dicken Knollen mittelgrauer Kalke, zwischen denen Interstitien aus dunkelgrauen, z.T. mergeligen Kalken sind (Packstones bis Wackestones aus Brachiopodenschalen).
- a) Dunkelgraue fossilreiche Floatstones des Subtidals.

Obwohl diese drei Gesteinstypen auch in anderen Teilen des unteren dunklen Paketes auftreten, ist der symmetrisch gebaute Kleinzyklus nur von diesem Abschnitt bekannt.

Das oberste Paket mittel- bis hellgrauer Kalke enthält häufig knollige *Syringostroma capitatum*-Coenostea und besitzt dadurch große Ähnlichkeiten mit der Bohrung Fünf Brücken (241-170 m Teufe). In der Bohrung Nehden 3 sind in 22,48 m bis 13 m Teufe sechs Kleinzyklen entwickelt, die im Idealfalle von unten nach oben die Abfolge a b c haben:

c) In einem mittelgrauen Floatstone aus \pm dicht gepackten *Amphipora*-Ästen sind viele Stromatoporen-Coenostea von bis zu mehr als 10 cm Größe, die meist knollige, aber auch halbkugelige oder lagige Wuchsform besitzen. Sie gehören in den meisten Fällen der Art *Syringostroma capitatum* (GOLDFUSS 1826) an. Die Coenostea sind vollständig oder zerbrochen – große häufig in Lebensstellung, kleine meist nicht. Diese Stromatoporen können so dicht neben- und übereinander liegen, daß sie einen Framestone bilden. Vereinzelt findet man Wühlspuren. Trotz der ziemlich artenarmen Fauna muß man diese Einheit dem Subtidal zurechnen. Sie ist in den unteren beiden Zyklen gut entwickelt und erreicht dort 300 cm bzw. 32 cm Mächtigkeit. In den darüber folgenden Kleinzyklen ist sie nur in Ansätzen vorhanden.

b) Mittel- bis hellgraue Floatstones, die im unteren Teil oft als Bafflestones beginnen. Sie werden hauptsächlich aus *Amphipora ramosa* (PHILLIPS) aufgebaut und nur untergeordnet aus *Stachyodes* (*Sphaerostroma*) *crassa* (LECOMPTE) und *Stachyodes* (*Stachyodes*) sp.. Es können auch (meist kleine) Coenostea von *Syringostroma capitatum* auftreten. Diese Einheit besitzt 15-90 cm Mächtigkeit. Durchwühlung wurde vereinzelt an ihrer Basis beobachtet.

a) Hell- bis mittelgraue mikritische Birdseye-Bindstones. Außerdem können auch Birdseye-Kalke in bioklastischer Wackestone-Matrix und Floatstone-Lagen aus *Amphipora*-Ästen auftreten. Die Häufigkeit dieser Floatstone-Lagen nimmt normalerweise nach oben zu und vermittelt so den Übergang zur Einheit b. Die Birdseye-Bindstones bei 17,45-16,60 m Teufe und 15,10-14,40 m Teufe sind stellenweise etwas rötlich verfärbt. Die Möglichkeit, daß es sich dabei um Anzeichen für subaerische Exposition handele, bekommt ein Gegenargument dadurch, daß gerade diese Kalke durch sehr viele, meist große, in Lagen angeordnete Birdseyes gekennzeichnet sind, wie sie für das untere Intertidal charakteristisch sind (siehe 5.1.). Diese im Intertidal gebildete Einheit hat eine Mächtigkeit von 13-85 cm.

Dieser asymmetrische Kleinzyklus ist – trotz großer Unterschiede im Aussehen – dem Kleinzyklus des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke prinzipiell vergleichbar: In beiden beginnt der „transgressive“ Ast im Intertidal und endet im Subtidal, und in beiden ist die Zunahme der Wassertiefe mit einer Zunahme der Wasserenergie verknüpft. Die Tendenz, den „regressiven“ Ast zu unterdrücken, ist auch schon im Kleinzyklus des untersten dunklen Paketes angedeutet.

Ein sehr gut vergleichbarer Zyklus wird von KASIG (1980) aus dem Ober-Givetium und Unter-Frasnium des Aachener Raumes beschrieben. Dort bauen diese Kleinzyklen den gesamten Riffkalk auf. Sie besitzen dieselben Einheiten in derselben Reihenfolge: Mikrit mit Birdseyes, *Amphipora*-„Rasen“ und Biostrom aus großen globulären Stromatoporen. Außerdem sind die Dimensionen der Zyklen vergleichbar (KASIG 1980: 26).

5.4. Interpretation der zyklischen Sedimentation

Auffällig ist die große Mächtigkeit des Massenkalkes, die innerhalb eines ziemlich kurzen Zeitraumes abgelagert wurde – über 1250 m wahrscheinlich innerhalb des Ober-Givetiums. Da dieses mit einer nur geringen bathymetrischen Schwankungsbreite verbunden war, muß eine ziemlich starke, aber kontinuierliche Absenkung stattgefunden haben, die durch die Sedimentation \pm ausgeglichen wurde. Ein derartiger Gleichgewichtszustand läßt sich durch folgendes beeinflussen:

- 1) Eustatische Meeresspiegel-Änderungen;
- 2) Änderungen der Absenkungsgeschwindigkeit;
- 3) Änderungen der Stärke der Sedimentproduktion.

Die Änderung eines dieser Faktoren zieht eine Änderung der relativen Höhe des Meeresspiegels nach sich. Wenn sich derartige Prozesse wiederholt im Sediment in vergleichbarer Weise niederschlagen, wird es möglich, eine Zyklizität zu erkennen. Im einzelnen Zyklus läßt sich oft ein „transgressiver“ und ein „regressiver“ Ast unterscheiden. Der „transgressive“ Ast dokumentiert die relative Hebung des Meeresspiegels, der „regressive“ die relative Senkung.

Zyklische Sedimentabfolgen sind auf Karbonatplattformen verbreitet, und BURCHETTE (1981: 116) unterscheidet drei Größenordnungen von Zyklen, die er auf eustatische Meeresspiegel-Änderungen

zurückführt. Perioden eines Gleichgewichtes zwischen Riffwachstum und Meeresspiegel-Anstieg wechselten mit scharfen transgressiven Impulsen. Dadurch entstanden Zyklen, deren „transgressiver“ Ast oft unterdrückt ist. Das zeigt sich besonders deutlich bei den kleinsten Zyklen, den Zyklen 3. Ordnung, die nur einige Meter mächtig sind. Es sind „shoaling-upwards sequences“ in Backreef-Kalken (BURCHETTE 1981: 124-125).

Davon unterscheiden sich die im Untersuchungsgebiet beobachteten Kleinzyklen deutlich, denn in ihnen ist der „transgressive“ Ast betont und nicht der „regressive“ wie in den „shoaling-upwards“-Zyklen. Trotzdem ist es durchaus möglich, daß auch sie auf eustatischen Meeresspiegel-Änderungen beruhen. Dafür würde die weite Verfolgbarkeit einzelner Groß- und Kleinzyklen sprechen. Aber auch die Geschwindigkeit der Absenkung des Untergrundes spielte eine Rolle, wie die lateralen Unterschiede innerhalb eines Zyklus zeigen. Unwahrscheinlich ist eine Änderung der Stärke der Karbonatproduktion; denn auf Klimaänderungen, die dieses im Briloner Riff bewirken konnten, gibt es keine Hinweise.

Ein weiteres Charakteristikum der in den vorigen Kapiteln beschriebenen Kleinzyklen ist die Erscheinung, daß eine Zunahme der Wassertiefe mit einer Zunahme der Wasserbewegung verbunden war. Das läßt sich dadurch erklären, daß infolge der großräumigen Zunahme der Wassertiefe Wasserströmungen und Wellenbewegung weiter in den lagunären Bereich vorstoßen konnten.

6. Lithostratigraphie des Massenkalkes

6.1. Kartiereinheiten

Innerhalb des Massenkalkes lassen sich drei Kartiereinheiten unterscheiden:

Die älteste Einheit bilden hell- bis mittelgraue, überwiegend arenitische Kalke, die südlich Alme verbreitet sind. Im unteren Teil sind es Grainstones, Rudstones, Wackestones und Floatstones, die eine an mehreren Stellen nachweisbare subaquatische Rutschung enthalten. Daraus entwickeln sich Bindstones, die durch Abnahme des Anteils an bioklastischem Schutt fließend in hell- bis mittelgraue, überwiegend mikritische Kalke übergehen. Deshalb läßt sich keine sichere Grenze zwischen dieser und der folgenden Kartiereinheit ziehen.

Ca. 35-235 m mächtige Pakete hell- bis mittelgrauer, überwiegend mikritischer Kalke (= Peloid-Kalke; siehe 4.3.) bauen den größten Teil des Massenkalkes auf. Es handelt sich meist um Bindstones. Floatstones und Bafflestones treten nur untergeordnet auf. Diese Kalke enthalten nur selten Fauna und wenn, dann ist sie ziemlich arm.

Innerhalb der hellen mikritischen Kalke lassen sich Pakete überwiegend dunkelgrauer Kalke auskartieren, die eine Mächtigkeit von 5 m bis über 300 m haben können. Es sind mikritische bis arenitische Kalke, die häufig eine ziemlich reiche Fauna aus Stromatoporen, tabulaten und rugosen Korallen führen. Sie bauen nicht selten Biostrome auf. Die überwiegenden dunkelgrauen Kalke können neben mittelgrauen bis schwarzen Kalken auch hellere Einlagerungen enthalten. Außerdem können die dunklen Kalke durch die Verwitterung gebleicht sein. Deshalb sind zur Ansprache im Gelände (mehrere) möglichst frische Gesteinsproben notwendig. Dieses führte – zusammen mit den unbefriedigenden Aufschlußverhältnissen – dazu, daß die Grenzen der dunklen Pakete oft nur als vermutet auskartiert werden konnten. (Deshalb wurden die im Hangenden des untersten dunklen Paketes folgenden in Abb. 1 nicht dargestellt.)

6.2. Lithostratigraphische Parallelisierungen

Die Existenz zyklischer Abfolgen im Massenkalk des Arbeitsgebietes bildet die Grundlage der lithostratigraphischen Gliederung und sämtlicher Parallelisierungen. Ihr Ergebnis ist in Abb. 9 zu sehen. Die als Bestandteil von Großzyklen gebildeten Pakete überwiegend dunkler Kalke ließen sich auskartieren und ermöglichten dadurch eine Parallelisierung der einzelnen Aufschlüsse und Bohrungen. Sie umfassen als ein Teil eines Zyklus nur einen relativ kurzen Zeitraum und bilden somit eine \pm isochrone Grenze. Die meisten halten über weite Strecken aus – über 4,5 km wurde das unterste Paket verfolgt. Eine Ausnahme stellt jenes Paket dar, das in der Bohrung Nehden 3 ca. 320 m mächtig ist und 600 m westlich davon im Mühlental auskeilt. Wahrscheinlich findet es seine westliche Fortsetzung in einem geringmächtigen dunklen Paket, das westlich des Hallersteines und im Bereich von Hermelenstein und Flotsberg auskartiert werden konnte.

Da innerhalb eines dunklen Paketes beim Vergleich zwischen verschiedenen Aufschlüssen Mächtigkeit, Lithologie und Fauna recht unterschiedlich sein können (siehe 5.3.1.), ist ein direkter Vergleich ohne Kartierung des dazwischen liegenden Geländes ziemlich schwierig. In Anbetracht dieser Beobachtungen und der hohen Mächtigkeit des Massenkalkes ist bei der von MORITZ (1983) durchgeführten Parallelisierung verschiedener Bohrungen im Massenkalk des Briloner Sattels Skepsis angebracht.

Die Bedeutung der Kleinzyklen für die Stratigraphie ist nicht so groß. Dieses zeigt das Beispiel der Kleinzyklen des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke: Erst als die prinzipielle Gleichaltrigkeit der drei Aufschlüsse durch die Kartierung bestätigt war, wurde eine direkte Parallelisierung einzelner Kleinzyklen möglich. Im Bereich von Mühlen- und Moospringtal ermöglicht eine subaquatische Rutschung eine weitere Parallelisierung (siehe Abb. 9).

7. Paläogeographische Aussagen

Der „Riffkern“ des Karbonatkomplexes befindet sich am Süd- und Südostrand des Briloner Sattels. Er wird aus subtidalen arenitischen Kalken gebildet, deren Matrix meist aus Grainstones bis Rudstones besteht. Sie enthalten viele autochthone Riffbildner: *Stachyodes*-Rasen, Pakete mit vielen großen, kugelförmigen bis knolligen Stromatoporen oder aus großen tabularen Stromatoporen. Dazwischen sind immer wieder Bereiche, in denen sich Riffschutt (Rudstones und Grainstones) sammelte. Südlich und östlich davon schließt sich das Vorriff an. Es ist durch Echinodermenschutt-Arenite gekennzeichnet, die ziemlich häufig Brachiopoden und rugose und tabulate Korallen enthalten; Stromatoporen sind weniger häufig.

BÄR (1966) und KREBS (1974) nahmen an, daß am Nordrand des Briloner Sattels größere Riffkomplexe seien, die ein Gegenstück zum Südrand bildeten. Dieses läßt sich nicht bestätigen. Nirgendwo im Untersuchungsgebiet wurden Gesteine beobachtet, die den oben beschriebenen Kalken des „Riffkerns“ vergleichbar wären.

Die hellen arenitischen Kalke am Nordrand des Massenkalkes bei Alme besitzen große Ähnlichkeit mit den Gesteinen des Vorriffs. Da sich aber aus ihnen fließend lagunäre Birdseye-Bindstones entwickeln (siehe Kap. 5.2.) – ohne daß sich eine „Riffkern“-Fazies einschaltet –, müssen auch die Arenite dem lagunären Bereich angehören. KREBS (1976: 27) weist darauf hin, daß in einigen deutschen Backreef-Lagunen Echinodermen-Grainstones und -Wackestones mit der *Stachyodes*- und der *Amphipora*-Fazies vergesellschaftet sind. Er nimmt an, daß es sich um große zungenförmige Anhäufungen handelt, die während schwerer Stürme durch Kanäle in die Backreef-Lagune transportiert wurden. Die arenitischen Kalke bei Alme könnten somit ein Hinweis auf einen „Riffkern“ sein, der nördlich des heutigen Massenkalk-Ausbisses lag. Eine andere Möglichkeit wäre, daß es sich um die Bildungen einer Frühphase der Massenkalk-Entwicklung handelt, als noch nicht so stark lagunäre Verhältnisse herrschten.

Über den hellen Areniten an der Basis folgen Kalke, die durchgängig Merkmale eingeschränkter, lagunärer Verhältnisse zeigen: Dominanz von Mikrit, verbreitete Intertidal-Sedimente und arme Faunen, die häufig *Amphipora*-Arten enthalten. Oft wird ein derartiges Milieu als Backreef bezeichnet. Dieser Begriff ist m.E. hier nicht gut geeignet, denn der Bereich war nicht durch einen Riffkern – der eine Erhebung sein sollte – vom offenen Meer abgeschnürt. Vielmehr handelte es sich um eine Karbonatplattform, die im wesentlichen im Gezeitenbereich lag. Sie bildete eine weit ausgedehnte Gezeiten-Fläche (= „tidal flat“) (READ 1975, FLÜGEL 1982), wie sie LECOMPTE (1970: 36) für seine „sublagunäre Zone“ annahm. In den Phasen, in denen die Plattform unter den Gezeitenbereich absank, konnten sich neben anderen subtidalen Kalken auch geringmächtige Biostrome bilden.

Demgegenüber gehören im Briloner Karbonatkomplex die Sedimente des „Riffkerns“ durchgängig dem Subtidal an. Sie lagen also wahrscheinlich etwas tiefer als die Plattform. Das erklärt die Beschränkung der „Riffkern“-Sedimente auf den Süd- und Südostrand des Massenkalkes, denn sie entstanden wahrscheinlich am oberen Ende des beckenwärts gerichteten Abhanges der Karbonatplattform. Hier waren die Turbulenz und der Nährstoffreichtum des Meeresswassers groß genug, um ein reiches Riffbildner-Wachstum zu ermöglichen.

Der lagunäre Bereich war keine ganz einheitliche Plattform, wie der Vergleich der drei Massenkalk-Profile zeigt. Die Mächtigkeit des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke ist im Mühltal am geringsten, und die Verhältnisse sind stärker eingeschränkt als in den beiden anderen Profilen (siehe 5.3.1.). Besonders gravierend ist seine Mächtigkeitszunahme im Moospringtal: Vom Mühltal zum Moospringtal hat sich die Mächtigkeit verdoppelt! Im darüber folgenden dunklen Paket ist es noch extremer: Im

Mühlental ist es nicht nachweisbar und in der Bohrung Nehden 3 ca. 320 m mächtig! Somit läßt sich feststellen, daß vom Mühlental nach Osten die Mächtigkeit der dunklen, subtidalen Kalke auf Kosten der hellen, intertidalen Kalke zunimmt. Die Vermutung ist berechtigt, daß diese Erscheinung mit der „Nehdener Querzone“ zusammenhängt, die im höheren Oberdevon eine Senke darstellte. Schon BÄR (1966) war der Ansicht, daß sich diese Quersenkung bereits in der Zeit der Massenkalk-Entwicklung bemerkbar machte.

8. Fossilführung

Die Fossilführung des Massenkalkes in den Aufschlüssen des Untersuchungsgebietes und in der Bohrung Fünf Brücken ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Aus Übersichtsgründen wurden die Brachiopoden und Mollusken der Echinodermenschutt-Arenite nördlich des Almer Tunnels nicht darin aufgenommen – sie sind in Kap. 9.1. aufgelistet.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|------|----------|---------|---------|
| a) Stromatoporen: | | | | |
| <i>Actinostroma</i> sp. | ● | A | ● | A |
| <i>Actinostroma clathratum</i> NICHOLSON 1886 | ● | A, W | ● | A |
| <i>Actinostroma</i> cf. <i>clathratum</i> NICH. | A | ● | ● | ● |
| <i>Actinostroma crassepilatum</i> LECOMPTE 1951 | ● | ● | ● | A |
| <i>Actinostroma perlaminatum</i> LECOMPTE 1951 | ● | ● | A | A |
| <i>Hermatostroma</i> sp. | ● | W | ● | A |
| <i>Hermatostroma schlüteri</i> NICHOLSON 1892 | ● | W | A | A |
| <i>Hermatostroma episcopale</i> NICHOLSON 1892 | ● | ● | ● | A |
| <i>Hermatostroma</i> cf. <i>episcopale</i> NICH. | ● | W | N | ● |
| <i>Hermatostroma porosum</i> (LECOMPTE 1952) | ● | ● | ● | A |
| <i>Parallelopora</i> sp. | ● | ● | ● | A? |
| <i>Parallelopora bücheliensis</i> (BARGATZKY 1881) | ● | ● | N | ● |
| <i>Stictostroma lensiforme</i> (LECOMPTE 1951) | A | ● | A | F |
| <i>Stromatopora</i> sp. | A | W | ● | ● |
| <i>Stromatopora concentrica</i> GOLDFUSS 1826 | ● | ● | ● | A |
| <i>Stromatopora</i> ex gr. <i>hüpschii</i> (BARGATZKY 1881) | ● | ● | N | ● |
| <i>Stromatoporella</i> sp. | A | W | W | A |
| <i>Stromatoporella</i> cf. <i>laminata</i> (BARG.) | ● | ● | N, W | ● |
| <i>Stromatoporella laminata</i> (BARGATZKY 1881) | ● | ● | W | ● |
| <i>Syringostroma</i> sp. | A | W | A, N | F |
| <i>Syringostroma capitatum</i> (GOLDFUSS 1826) | ● | ● | ● | F |
| <i>Trupetostroma</i> sp. | A? | W | W | F, A? |
| <i>Clathrocoilona</i> sp. | A | A, W, N? | N | F |
| <i>Clathrocoilona spissa</i> (LECOMPTE 1951) | A | W | A, N | A |
| <i>Stachyodes</i> (<i>Keega</i>) <i>jonelrayi</i> STEARN 1975 | A | W | N, W | W |
| <i>Stromatopora cygnea</i> STEARN 1963 | ● | ● | N, W | ● |
| aa) ästige Stromatoporen: | | | | |
| <i>Amphipora</i> sp. | A, N | A, N, W | A | A, W, F |
| <i>Amphipora ramosa</i> (PHILLIPS 1841) | N | A, W | A, N | A, F |
| <i>Amphipora</i> cf. <i>ramosa</i> (PHILL.) | A | A | ● | A |
| <i>Amphipora angusta</i> LECOMPTE 1952 | ● | ● | A, N | A, (B) |
| <i>Amphipora</i> cf. <i>angusta</i> LEC. | ● | A | ● | F |
| <i>Amphipora</i> ex gr. <i>laxeperforata-pervesiculata</i> LECOMPTE 1952 | A | A, W | ● | A |
| <i>Stachyodes</i> sp. | A, N | A, W | A, N, W | A, F |
| <i>Stachyodes</i> (<i>Stachyodes</i>) <i>verticillata</i> (McCOY 1851) | ● | ● | A | A |

Fortsetzung Tabelle 1

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----|-----|-------|-------|
| <i>Stachyodes (Stachyodes) cf. verticillata</i> (McCOY) | ● | ● | A,N | ● |
| <i>Stachyodes (Stachyodes) caespitosa</i> LECOMPTE 1952 | A | ● | ● | ● |
| <i>Stachyodes (Stachyodes) cf. caespitosa</i> LEC. | ● | ● | ● | A |
| <i>Stachyodes (Stachyodes) costulata</i> LECOMPTE 1952 | A,N | ● | A,N | ● |
| <i>Stachyodes (Stachyodes) cf. costulata</i> LEC. | ● | ● | ● | A |
| <i>Stachyodes (Stachyodes) cf. paralleloporoides</i> LECOMPTE 1952 | ● | ● | N | ● |
| <i>Dendrostroma oculatum</i> (NICHOLSON 1886) | ● | ● | ● | A |
| b) Tabulate Korallen: | | | | |
| <i>Thamnopora</i> sp. | A | ● | W | ● |
| <i>Thamnopora cf. reticulata</i> (BLAINVILLE 1830) | ● | ● | ● | A |
| <i>Thamnopora cf. boloniensis</i> (GOSSELET 1877) | A | ● | ● | ● |
| <i>Thamnopora micropora</i> LECOMPTE 1939 | ● | ● | N,W | ● |
| <i>Thamnopora cf. irregularis</i> LECOMPTE 1939 | A | ● | ● | ● |
| <i>Alveolites</i> sp. | A | W | N,W | W |
| <i>Alveolites suborbicularis suborbicularis</i> LAMARCK 1801 | A | ● | N,W | ● |
| <i>Alveolites crassus</i> LECOMPTE 1939 | ● | ● | N | ● |
| <i>Alveolitella cavernosa</i> (LECOMPTE 1939) sensu IVEN 1980 | A | ● | ● | A |
| <i>Platyaxum (Egosiella) aff. gracile</i> (LECOMPTE 1939) | ● | ● | N,W | ● |
| <i>Scoliopora denticulata</i> (MILNE-EDWARDS & HAIME 1851) | N | ● | A,N,W | A |
| Alveolitidae indet. | A | A | N | A |
| <i>Roemerolites tenuis</i> (SCHLÜTER 1885) | ● | ● | W | ● |
| <i>Roemerolites cf. exornatus</i> (DETHIER & PEL 1971) | ● | ● | ● | A |
| <i>Roemerolites cf. spicatus</i> (GOLDFUSS 1829) | ● | ● | W | ● |
| <i>Caunopora</i> sp. | ● | ● | N,W | ● |
| <i>Caunopora placenta</i> PHILLIPS 1841 | ● | ● | W | ● |
| <i>Syringoporella</i> sp. | A | ● | ● | ● |
| Auloporida indet. | A | W? | A? | ● |
| c) Rugose Korallen: | | | | |
| <i>Acanthophyllum ? sp.</i> | A | ● | ● | ● |
| <i>Pexiphyllum ex gr. rectum</i> WALTHER – <i>heterophylloides</i> (FRECH 1885) | ● | ● | N,W | ● |
| Rugose Einzelkorallen | ● | N | A,N | A,(B) |
| <i>Disphyllum</i> sp. | ● | ● | N | (B?) |
| <i>Disphyllum caespitosum</i> (GOLDFUSS 1826) | ● | ● | N,W | ● |
| <i>Cyathophyllum ? sp.</i> (Kolonie) | A | ● | ● | ● |
| <i>Dendrostella trigemme</i> (QUENSTEDT 1879) | ● | ● | ● | A |
| <i>Frechastraea pentagona</i> (GOLDFUSS 1826) | A | ● | ● | ● |
| Rugosa indet. | A,N | N,W | A,N | W |
| d) Kalkalgen: | | | | |
| <i>Renalcis</i> sp. | A | W | ● | ● |
| <i>Rothpletzella devonica</i> (MASLOV 1956) | ● | W | ● | ● |
| e) Brachiopoden: | | | | |
| <i>Stringocephalus</i> sp. | ● | ● | A | ● |
| <i>Stringocephalus (Stringodiscus)</i> sp. | ● | ● | A | ● |
| <i>Stringocephalus (Parastringocephalus ?)</i> sp. | ● | ● | ● | (B) |
| fragliche Stringocephaliden | ● | N | N | A |

| Fortsetzung Tabelle 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-----|------|-------|-----|
| Pentameriden | ● | ● | N? | A |
| andere Brachiopoden | A | ● | ● | (B) |
| f) Bryozoen-Reste | A | ● | ● | ● |
| g) Muscheln | A | ● | N | A |
| h) Gastropoden: | | | | |
| <i>Macrochilina</i> sp. | ● | ● | ● | (B) |
| <i>Euomphalus</i> sp. | ● | ● | ● | (B) |
| <i>Murchisonia</i> ? sp. | ● | ● | ● | A |
| Gastropoda indet. | A | A,W | N | A,F |
| i) Foraminiferen: | | | | |
| <i>Bisphaera</i> sp. | A | A,W | A?,W? | A,F |
| <i>Cribrosphaeroides</i> sp. | A | ● | ● | ● |
| <i>Parathuramina</i> sp. | ● | W | ● | ● |
| <i>Vicinesphaera</i> sp. | A | W,A? | ● | A? |
| j) Calcisphaeren | A | A,W | A | A,F |
| k) Ostracoden | A | W | A,W | ● |
| l) Echinodermen-Schutt | A,N | ● | A,N,W | (B) |

Tab. 1: Fossilführung des Massenkalkes im Arbeitsgebiet. Zeichenerklärung:

- 1) helle, überwiegend arenitische Kalke an der Basis;
- 2) helle, überwiegend mikritische Kalke im Liegenden des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke;
- 3) unterstes Paket überwiegend dunkler Kalke;
- 4) Hangedes des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke.

A = Bereich des Mühlintales (u.a. Aufschluß 6-11);

N = Bereich des Moosspringtales (Aufschluß 18-20);

W = Bereich südlich Wülfte (u.a. Aufschluß 1-2);

(B) = Bereich des Gallberg (Aufschluß 22 und Umgebung), lithostratigraphische Einstufung nicht gesichert;

F = Bohrung Fünf Brücken;

? = Bestimmung unsicher;

● = keine Funde.

8.1. Riffbildner

Die Stromatoporen sind durch ihre weite Verbreitung und große Häufigkeit die wichtigsten Riffbildner des Massenkalkes. Im Arbeitsgebiet herrschen die Taxa mit ästiger Wuchsform vor: Besonders häufig sind die Vertreter der Gattung *Amphipora*, die nach dem Vorgehen von LECOMPTE (1952) bestimmt wurden. Etwas seltener sind die schwer unterscheidbaren Arten von *Stachyodes* (*Stachyodes*), während *Stachyodes* (*Sphaerostroma*) *crassa* (LECOMPTE 1952) nur aus der Bohrung Nehden 3 bekannt ist. Im Gegensatz zu den ästigen Untergattungen *St.* (*Stachyodes*) und *St.* (*Sphaerostroma*) besitzt *Stachyodes* (*Keega*) *jonelrayi* STEARN 1975 dünnlagige Wuchsform und baut Stromatoporen-Bindstones auf – ebenso wie *Stromatopora cygnea* STEARN 1963 (siehe Kap. 4.3.). Stromatoporen mit kugeliger, knolliger oder tabularer Wuchform gehören in den meisten Fällen den Gattungen *Actinostroma*, *Hermatostroma*, *Trupetostroma* oder *Syringostroma* an. Weit verbreitet sind *Actinostroma*, *Hermatostroma* und *Trupetostroma*, die von den artenarmen Bindstones des Intertidals bis zu den artenreichen Biostromen des Subtidals vorkommen. Die wichtigste inkrustierende Stromatopore ist *Clathrocoilon spissa*.

Ebenfalls weit verbreitet, aber nicht sehr häufig, sind tabulate Korallen. Am häufigsten ist die ästige Alveolitide *Scoliopora*, die den Platz der ästigen Favositiden *Thamnopora* einnimmt. *Thamnopora* ist im Untersuchungsgebiet auffällig selten. Die verbreitete *Alveolites* ist stellenweise sogar gesteinsbildend. Alle anderen tabulaten Korallen sind \pm selten oder fehlen ganz.

Rugose Korallen sind ziemlich selten; hauptsächlich findet man Einzelkorallen. Kalkalgen sind selten.

8.2. Riffbewohner

Da artikulate Brachiopoden abnorme Salinität und zeitweiliges Trockenfallen nicht tolerieren, sind sie im lagunären Milieu recht selten. Abgesehen von den Echinodermenschutt-Areniten nördlich des Almer Tunnels (siehe 9.1.) mit ihrer reichen Brachiopoden-Fauna findet man im Untersuchungsgebiet gelegentlich Stringocephaliden und Pentameriden, die beide vergleichbare Ökologie und ähnliches Aussehen haben.

Gastropoden sind zwar nie sehr häufig, aber weit verbreitet. Muscheln besitzen keine große Bedeutung. Ostracoden treten gelegentlich auf (siehe Abb. 6).

In den Dünnschliffen findet man nicht selten einkammerige Foraminiferen und Calcisphaeren mit glatter Hülle (= nicht-radiosphaeride Calcisphaeren). Beide Gruppen sind in der Bohrung Nehden 3 auffällig häufig. KAZMIERCZAK (1976) deutet die Foraminifere *Vicinesphaera* und den größten Teil der nichtradiosphaeriden Calcisphaeren als Erhaltungszustände der Grünalge *Eovolvox silesiensis* KAZMIERCZAK 1975, für die er als Lebensraum überdüngte Süß- und Brackwasserseen annimmt.

Anbohrungen an Riffbildnern und Wühlspuren sind ziemlich weit verbreitet.

9. Biostratigraphische Einstufung des Massenkalkes

Bevor biostratigraphische Einstufungen versucht werden können, muß zuerst die verwandte Umgrenzung und Gliederung des Givetiums angegeben werden, denn es gab in den letzten Jahrzehnten durchaus unterschiedliche Konzepte dazu. 1985 legte die „Subcomission on Devonian Stratigraphy“ die Untergrenze der unteren *asymmetricus*-Conodontenzonenzone als Untergrenze des Frasniums fest, die nur wenig oberhalb der Unterkante der Assise de Frasnes ist (ZIEGLER & KLAPPER 1985: 107). Dadurch werden die Assise de Fromelennes, die früher (LECOMPTE 1951/1952; STRUVE 1982b; BIRENHEIDE 1985) als unterster Teil des Frasniums betrachtet wurden, zum jüngsten Teil des Givetiums. Ansonsten wird im weiteren die von STRUVE (1982b) ausführlich diskutierte Untergrenze und Zweiteilung des Givetiums verwandt.

9.1. Die Fauna vom Almer Tunnel

Aus den hellgrauen Echinodermenschutt-Areniten an der Basis des Massenkalkes im Mühlental konnte aus dem Eisenbahnanschnitt 7-12 m nördlich des Almer Tunnels eine reiche Fauna gewonnen werden (Aufschluß 6, r 73740 h 01630). Besonders häufig findet man in Nestern angereicherte Brachiopoden, die oft zweiklappig erhalten sind. Fauna:

a) Brachiopoden:

Schizophoria aff. *similis* (SCHLOTHEIM 1820), häufig
Mystrophora sp., selten
Mucrospirifer conjungens (TORLEY 1934), gelegentlich
Undispirifer undiferus (ROEMER) ?, selten
Spinatrypina (*Exatrypa*) *tubaecostata* (PAECKELMANN 1913), gelegentlich
Spinatrypina (*Spinatrypina*) ex gr. *soetenica* (STRUVE 1964) – *comitata* COPPER 1967, häufig
Mimatrypa cf. *fretterensis* COPPER 1968, selten
Athyris cf. *concentrica* (BUCH 1834), gelegentlich
Dicamara sp.?, selten
Newberria caiqua (ARCHIAC & VERNEUIL 1842), gelegentlich.
Fitzroyella sp.?, selten
Pugnax sp., selten
Pugnax acuminatus cf. *dillanus* H. SCHMIDT 1941, gelegentl.
Septalaria descendens H. SCHMIDT 1975, gelegentlich

b) Mollusken:

Platyceras compressum (ROEMER), gelegentlich
Holopella sp., selten
Megalodus sp.?, selten
Puella sp.?, selten

c) Korallen:

Frechastreaa pentagona (GOLDFUSS 1826), selten
Rugosa indet., selten
Alveolitidae indet., selten
Thamnopora sp., selten

Die als *Schizophoria* aff. *similis* (SCHLOTHEIM 1820) bestimmten Exemplare unterscheiden sich von der durch STRUVE (1965a) erneut beschriebenen *Sch. similis* dadurch, daß die Zunge der Stielklappe meist etwas tiefer reicht und der Umriß gelegentlich etwas weniger breit als bei *similis* ist. *Schizophoria similis* (SCHLOTHEIM 1820) stammte wahrscheinlich aus dem Frasnium (STRUVE 1965a: 195), aber der *Schizophoria* aff. *similis* vergleichbare Formen sind aus dem Ober-Givetium bekannt (LEIDHOLD 1928; TORLEY 1934).

Mucrospirifer conjungens (TORLEY 1934) und *Septalaria descendens* H. SCHMIDT 1975 wurden nur im Ober-Givetium gefunden (TORLEY 1934; H. SCHMIDT 1975). Zu den als *Pugnax acuminatus* cf. *dillanus* H. SCHMIDT 1941 bestimmten Stücken muß man feststellen, daß *Pugnax acuminatus dillanus* typisch für das Frasnium ist; aber sehr ähnliche Formen treten vereinzelt schon im Ober-Givetium auf (H. SCHMIDT 1941: 285). *Newberria caiqua* (ARCHIAC & VERNEUIL 1842) erscheint im Unter-Givetium und ist verbreitet im Ober-Givetium (STRUVE 1982a: 228).

Das Auftreten von *Mimatrypa* cf. *fretterensis* COPPER 1968 belegt, daß die Fauna älter als Frasnium ist, und weist auf Ober-Givetium hin, denn die Gattung *Mimatrypa* existierte vom obersten Eifelium bis zum Ober-Givetium (COPPER 1968: 117) und *Mimatrypa fretterensis* ist eine verbreitete Art des Ober-Givetiums (TORLEY 1934: 124; COPPER 1968). *Spinatrypina* (*Exatrypa*) *tubaecostata* (PAECKELMANN 1913) ist im tiefen Frasnium verbreitet und tritt wahrscheinlich ab dem Ober-Givetium auf (COPPER 1967a). Der *Sp. tubaecostata* „ähnliche Formen gibt es im gesamten Givetium (. . .), häufig gerade auch in Ablagerungen, die als spät-givetisch gelten“ (STRUVE 1982a: 206).

Im aufgesammelten Material tritt häufig eine kleinwüchsige *Spinatrypina*-Art auf, die nie größer als 20 mm und etwa genauso breit wie lang ist. Ihre Berippung ist dicht: 15 mm vor dem Wirbel sind ca. 11-12 Rippen / 10 mm. Eine sichere Abgrenzung gegen die untergivetische *Sp. soetenica* (STRUVE 1964) oder die frasnische *Sp. comitata* COPPER 1967 ist nicht möglich, zumal vergleichbare Formen aus dem Ober-Givetium bekannt sind. Darum wurde die gefundene Form als *Spinatrypina* (*Spinatrypina*) ex gr. *soetenica-comitata* bezeichnet. Sie läßt eine zeitliche Einstufung vom tieferen Givetium bis zum tieferen Frasnium zu (STRUVE 1964; COPPER 1967 a, b).

Bei der Zusammenschau der gesamten Fauna zeigt es sich, daß sie weder älter noch jünger als Ober-Givetium sein kann. Auch die hier nicht diskutierten Brachiopoden sprechen nicht gegen eine Einstufung ins Ober-Givetium.

9.2. *Stringocephalus*-Funde

Die Gattung *Stringocephalus* erscheint mit dem Beginn des Givetiums und verschwindet im tiefsten Teil der Äquivalente der Assise de Fromelennes (STRUVE 1982b). In den Einheiten der Conodonten-Stratigraphie ausgedrückt bedeutet das: Die letzten Vertreter von *Stringocephalus* verschwinden weltweit vor dem Beginn der *disparilis*-Zone (MAWSON & JELL & TALENT 1985: 11; JOHNSON et al. 1985). Da die neue Givetium/Frasnium-Grenze ein Stück oberhalb des Aussterbens von *Stringocephalus* liegt, beweist jeder sichere *Stringocephalus*-Fund Givetium.

Im obersten Teil des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke tritt im Mühlental ziemlich häufig *Stringocephalus* sp. auf. Im darüber folgenden Grain- bis Rudstone fanden sich einige große, als *Stringocephalus* (*Stringodiscus*) sp. bestimmbare Exemplare. Die Untergattung *Stringodiscus* ist im mittleren Ober-Givetium verbreitet (STRUVE 1982a: 222).

In der Bohrung Nehden 3 enthält das untere Paket überwiegend dunkler Kalke immer wieder *Stringocephalus* sp.. Dieses Paket konnte mit dem Profil Mühlental parallelisiert werden (Abb. 9). Es folgt über dem untersten Paket überwiegend dunkler Kalke im Mühlental.

Die in diesem und dem vorherigen Kapitel vorgestellten Brachiopoden-Faunen beweisen, daß die untersten ca. 500 m des Massenkalkes des Kartiergebietes dem Ober-Givetium angehören.

9.3. Riffbildner-Faunen

Von BIRENHEIDE (1978, 1985) und IVEN (1980) wurden die bisher bekannten stratigraphischen Reichweiten der Arten der tabulaten und rugosen Korallen angegeben. Trotzdem muß man damit rechnen, daß einzelne Arten eine größere Reichweite besitzen. So wurden im Arbeitsgebiet in sicherem Ober-Givetium drei Korallen-Arten gefunden, die bisher nur aus dem Frasnium bekannt waren. Bei zwei weiteren – in offener Namensgebung gekennzeichneten – Formen gilt dieses für die Arten, auf die Bezug genommen wurde. Als erste liegt vom Brachiopoden-Fundort in den Echinodermenschutt-Areniten beim Almer Tunnel (Aufschluß 6) *Frechastraea pentagona* (GOLDFUSS 1826) vor. Das unterste Paket überwiegend dunkler Kalke, das im Mühlental als (mittleres) Ober-Givetium datiert werden konnte, enthält im Steinbruch am Flotsberg südwestlich Wülftle und im Steinbruch am Nehder Kopf die vier anderen Arten:

Pexiphyllum ex gr. *rectum* WALTHER-*heterophylloides* (FRECH),
Alveolites suborbicularis suborbicularis LAMARCK 1801,
Thamnopora micropora LECOMPTE 1939,
Platyaxum (*Egosiella*) aff. *gracile* (LECOMPTE 1939).

Der Verfasser versuchte auch die Riffbildner-Faunen stratigraphisch auszuwerten. Dazu wurden die stratigraphischen Reichweiten der einzelnen Stromatoporen, Tabulaten und Rugosen zusammengestellt. Bei den Aufschlüssen im Kartiergebiet und der Bohrung Nehden 3 wurde jeweils zwischen einem unteren Teil mit *Stringocephalus*-Funden und einem oberen Teil ohne *Stringocephalus*-Funde unterschieden. Die so unterschiedenen Faunen besitzen ein ziemlich einheitliches stratigraphisches Verhalten. In allen Vorkommen ist die Abgrenzung gegen das Eifelium wesentlich schärfer als gegen das Frasnium; denn der Anteil der Taxa, die erst nach dem Eifelium erscheinen, beträgt 65-75 %, während nur 32-36 % vor den Assise de Frasnies verschwanden. Auch ansonsten deuten die Faunen obergivetisches Alter an. Da der Anteil oberdevonischer Taxa in den oberen Teilen ohne *Stringocephalus* nicht zunimmt, gibt es keinen Hinweis darauf, daß der Massenkalk im untersuchten Gebiet irgendwo jünger als Ober-Givetium ist. Damit macht die Riffbildner-Fauna es wahrscheinlich, daß nicht nur die untersten ca. 500 m des Profils Mühlental, sondern auch die darüber folgenden ca. 750 m dem Ober-Givetium angehören.

10. Tektonik

Im Oberkarbon (asturische Phase) wurde das Gebiet gefaltet. Dadurch entstanden Falten, Störungen und Schieferung. Zwei zeichnerische Querprofile durch das Gebiet sind in Abb. 11 dargestellt.

Man kann vereinfachend sagen, daß der Massenkalk den flachen Südflügel eines großen Sattels bildet und daß das steilstehende Oberdevon-Unterkarbon der steile Nordflügel ist. Damit wird die Massenkalk-Nordrand-Störung zu einem Ersatz für die Umbiegungszone des Sattelkernes.

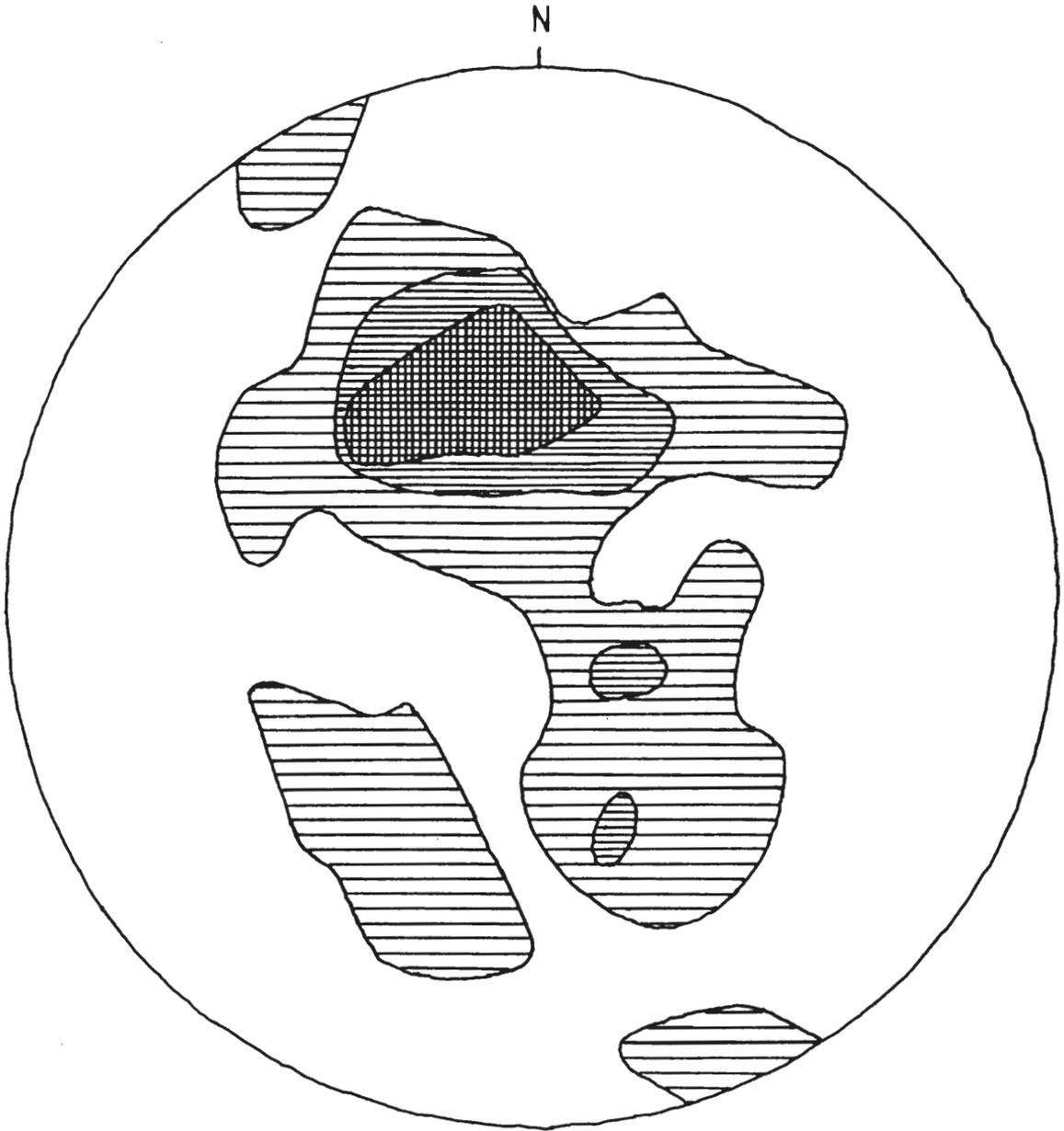


Abb. 11: Zwei geologische Querprofile durch das Kartiergebiet. Länge jedes Profils: 2500 m; nicht überhöht. Lage der Profile A-B und C-D siehe Abb. 1.

Unterschiedene Gesteinsschichten:

1-4 = Massenkalk

1 = Helle, überwiegend arenitische Kalke;

2 = Helle Mikrite im Liegenden des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke;

3 = Pakete überwiegend dunkler Kalke;

4 = Helle Mikrite im Hangenden des untersten Paketes überwiegend dunkler Kalke;

5 = Hembergschiefer des Oberdevons;

6 = Dasbergschiefer des Oberdevons;

7 = Kieselschiefer-Serie des Unterkarbons;

8 = Kulmtonschiefer des Unterkarbons.

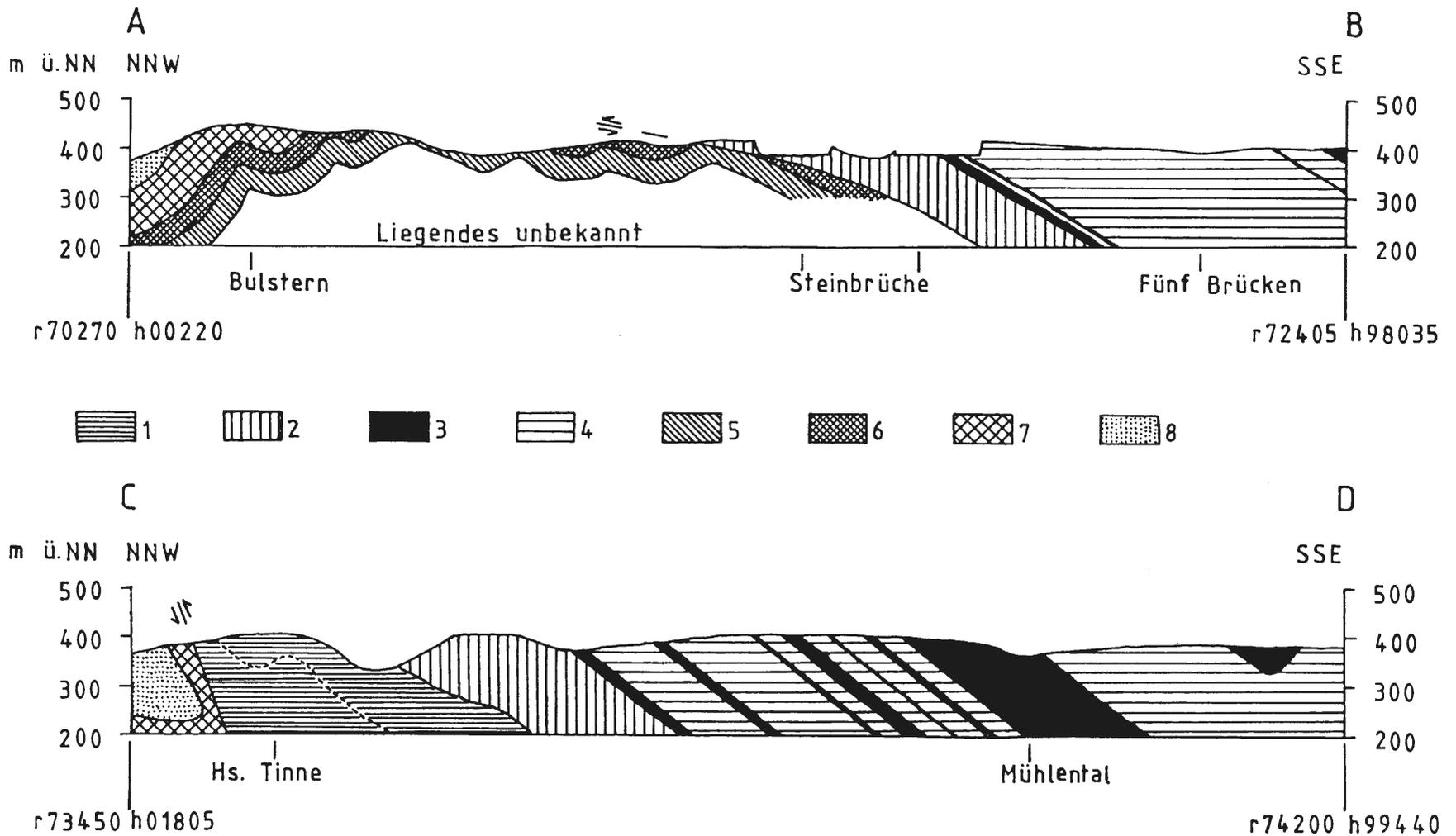


Abb. 12: Lagenkugel-Diagramm (untere Halbkugel) aus 106 Schichtflächen im Massenkalk und 10 Schichtflächen in Oberdevon/Unterkarbon-Sedimenten; ausgezählt nach der Doppelnetz-Methode; Grenzen 0-2-8-23 %.

10.1. Falten

Die Schichten streichen normalerweise SW-NE (Abb. 12). In den Umbiegungszonen der Falten beobachtet man abweichende Streichrichtungen. Auffällig ist das verbreitete W-E-Streichen im Nordteil des Massenkalkes.

Die Falten sind nordvergent: Die langen Südflügel fallen relativ flach nach SE ein, und die kurzen Nordflügel steil nach NW oder überkippt nach SE.

Im Ausstrich des Massenkalkes gibt es Spezialfalten im 100 m-Bereich:

1) in den überwiegend arenitischen Kalken am Nordrand bei Alme. Deshalb haben diese Gesteine so eine große Ausstrichsbreite.

2) im untersten Paket überwiegend dunkler Kalke westlich des Nehder Kopfes.

Eine Mulde unbekannter Größe hat ihren Kern am Süden des Mühlentales (r 74250 h 99660) (Aufschluß 11).

Das Oberdevon und Unterkarbon enthält westlich Wülffe Spezialfalten im 100 m-Bereich. Sie sind die östlichen Ausläufer des Scharfenberger Sattels.

10.2. Störungen

Den Nordrand des Massenkalkes bildet überall im Kartiergebiet eine Störung. Sie ist offensichtlich eine Aufschiebung bis Überschiebung:

1) Am Nordrand befindet sich der älteste Teil des Massenkalkes, denn seine Schichten fallen meist mit 30-40° nach S-SE ein und liegen normal. Es wurden keine Hinweise auf überkippte Lagerung gefunden. Von den beiden Steinbrüchen südwestlich Wülffe behauptete WAHBA (1978: 85), daß die Schichtfolge überkippt sei – das Gegenteil läßt sich feststellen. (Schon WAHBA (1978: 160) hätte aus seinem Lagenkugeldiagramm die normale Lagerung erkennen können.)

2) Das nördlich anschließende Oberdevon und Unterkarbon fällt im Osten steil ein (überkippt nach SE u./o. normal nach NW) und ist westlich Wülffe spezialgefaltet. Ein ungestörter Zusammenhang mit dem Massenkalk ist also unmöglich.

3) Trotz der schlechten Aufschlußverhältnisse gibt es deutliche Hinweise darauf, daß die Störung zwischen Massenkalk und Oberdevon bei Wülffe ziemlich flach nach Süden einfällt (Überschiebung) und bei Alme zwischen Massenkalk und Kulmtonschiefer ziemlich steil nach Süden einfällt (Aufschiebung).

Die Querstörungen sind jünger als die Faltung und die Massenkalk-Nordrand-Störung, denn sie verwerfen das verfaltete Gestein und die Massenkalk-Nordrand-Störung. Drei ziemlich kleine und eine größere Querstörung verwerfen den Massenkalk-Nordrand. Eine sehr lang aushaltende Verwerfung liegt westlich Ober-Alme. Die sich südlich anschließende Störung, die vom Hallerstein nach Südosten verläuft, dürfte durch eine SW-NE streichende Störung nördlich des Hallersteines mit ihr verbunden sein (siehe Abb. 1).

10.3. Schieferung

Durch die variszische Faltung kam es auch zur Ausbildung einer steil nach SE fallende Transversalschieferung. Sie ist in Phyllosilikat-reichen Gesteinen (Hemberg- und Dasbergschiefer, Kulmtonschiefer) sehr intensiv ausgebildet.

Im Massenkalk dagegen ist die Schieferung \pm schlecht entwickelt. Während massige Gesteine (z.B. viele Arenite) oft überhaupt keine Schieferung zeigen, ist sie in gut geschichteten Kalksteinen meist erkennbar.

10.4. Klüftung

Klüfte sind im Massenkalk das dominierende Flächenelement. Oft beobachtet man gut ausgebildete N-S bis NW-SE-streichende Klüfte. Ausführliche Untersuchungen über die Kluftrichtungen wurden von WAHBA (1978) durchgeführt.

Literaturverzeichnis (einschließlich Bestimmungsliteratur):

- BÄR, P. (1966): Stratigraphie, Fazies und Tektonik am Briloner Massenkalk-Sattel (Ostsauerland). – Diss., 31 S., 9 Abb.; Gießen.
- (1968): Die ober-devonisch/unter-karbonische Schichtlücke über dem Massenkalk des Briloner und Messinghäuser Sattels (Ost-Sauerland). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **131** (3): 263-288, 2 Abb., 1 Tab., 1 Beil., Taf. 16-18; Stuttgart.
- BEUSHAUSEN, L. (1895): Die Lamellibranchiaten des rheinischen Devon mit Ausschluß der Aviculiden. – Abh. kgl. preuß. geol. L.-Anst., N. F. **17**: 514 S., 38 Taf.; Berlin.
- BIRENHEIDE, R. (1978): Rugose Korallen des Devon. – Leitfossilien, **2**: 265 S., 119 Abb., 2 Tab., 21 Taf.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- (1985): Chaetetida und tabulate Korallen des Devon. – Leitfossilien, **3**: 249 S., 87 Abb., 2 Tab., 42 Taf., 1 Beil.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- BOTTKE, H. (1978): Zur faziesgebundenen Tektonik der Briloner Scholle (Ostsauerland, Rheinisches Schiefergebirge). – Z. dt. geol. Ges., **129**: 141-151; Hannover.
- BRINCKMANN, J. (1981): Projekt Rhenoherynikum. Untersuchung der Metallverteilung in geosynklinalen Sedimenten des Rhenoherynikums in stratiformen Konzentrationen. Bericht über das Kernbohrprogramm im Briloner Riffkalk-Komplex. – 129 S., 21 Fig., unveröff.; Hannover (B.-Anst. f. Geowiss. u. Rohst.). – [Archiv-Nr.: 90890; Tagebuch-Nr.: 11646/81] – [Bohrg. Fünf Brücken: 68-70, 1 Abb.; Bohr. Nehden 3: 117-119, 1 Abb.].
- BRINCKMANN, J., & STOPPEL, D. (1986): Präorogene Bewegungsabläufe am Beispiel des Briloner Riffs – Ergebnisse eines Bohrprogramms. – Nachr. dt. geol. Ges., **35**: 21; Hannover.
- BURCHETTE, T. P. (1981): European Devonian reefs: a review of current concepts and models. – In: TOOMEY, D. F. [Hrsg.]: European Fossil Reef Models; Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., **30**: 85-142, 24 Abb.; Tulsa/Oklahoma.
- CLAUSEN, C.-D., & LEUTERITZ, K. (1984): Erläuterungen zu Blatt 4516 Warstein. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25000, Erl., **4516**: 155 S., 20 Abb., 14 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- COPPER, P. (1967a): Frasnian Atrypidae (Bergisches Land, Germany). – Palaeontographica, **A126** (3-6): 116-140, 17 Abb., Taf. 19-27; Stuttgart.
- (1967b): *Spinatrypa* and *Spinatrypina* (Devonian Brachiopoda). – Palaeontology, **10** (3): 489-523, 24 Abb., Taf. 76-83; London.
- (1968): *Mimatrypa* (Devonian Brachiopoda) from Sauerland, Germany. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **130** (2): 113-128, 8 Abb., Taf. 11-13; Stuttgart.
- EDER, W., & ENGEL, W., & FRANKE, W., & LANGENSTRASSEN, F., & UFFENORDE, H. (1975): Devonian Reef and Shelf Environments of the Eastern Rheinisches Schiefergebirge. – In: FLÜGEL, E. [Hrsg.]: Guide Book International Symposium on Fossil Algae, Erlangen 1975: 7-53, 14 Abb.; Erlangen.
- FLÜGEL, E. (1959): Die Gattung *Actinostroma* Nicholson und ihre Arten (Stromatoporoidea). – Ann. naturhist. Mus. Wien, **63**: 90-273, 3 Abb., 27 Tab., Taf. 6-7; Wien.
- (1974): Stromatoporen aus dem Schwelmer Kalk (Givet) des Sauerlandes. (Stromatoporen aus dem deutschen Paläozoikum 1). – Paläont. Z., **48** (3/4): 149-187, 9 Tab., Taf. 24-27; Stuttgart.
- (1982): Microfacies Analysis of Limestones. – 633 S., 78 Abb., 58 Tab., 53 Taf.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer). – [Translated by K. Christenson].

- FLÜGEL, E. & H. W. (1979): Tabulata, Sclerospongia und Stromatopora aus dem Devon von Menorca. – Mitt. österr. geol. Ges., **70** (1977): 49-73, 1 Abb., 6 Taf.; Wien.
- FLÜGEL, E., & HÖTZL, H. (1971): Foraminiferen, Calcisphaeren und Kalkalgen aus dem Schwelmer Kalk (Givet) von Letmathe im Sauerland. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **137** (3): 358-395, 5 Abb., 16 Tab.; Stuttgart.
- ,– (1976): Palökologische und statistische Untersuchungen in mitteldevonischen Schelf-Kalken (Schwelmer Kalk, Givet; Rheinisches Schiefergebirge). – Bayerische Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl. Abh., N.F. **156**: 70 S., 29 Abb., 17 Tab.; München.
- FLÜGEL, E., & WOLF, K. (1969): „Sphaerocodien“ (Algen) aus dem Devon von Deutschland, Marokko und Australien. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1969**: 88-103, 4 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- HENKE, W. (1914): Über die Gliederung des Devons des östlichen Sauerlandes. – Z. dt. geol. Ges., **65** (für 1913): 602-606, 1 Taf.; Berlin.
- HOLZAPFEL, E. (1895): Das Obere Mitteldevon im Rheinischen Gebirge. – Abh. kgl. preuß. geol. L.-Anst., N.F. **16**: 459 S., 19 Taf.; Berlin.
- IVEN, Ch. (1980): Alveolitiden und Heliolitiden aus dem Mittel- und Oberdevon des Bergischen Landes (Rheinisches Schiefergebirge). – Palaeontographica, **A167** (4/6): 121-179, 29 Abb., Taf. 25-39; Stuttgart.
- JOHNSON, J., G., & KLAPPER, G., & MURPHY, M. A., & TROJAN, W. R. (1985): Devonian Series Boundaries in Central Nevada and neighboring regions, Western North America. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **75**: 177-196, 9 Abb., 8 Tab.; Frankfurt a. M.
- JUX, U. (1960): Die devonischen Riffe im Rheinischen Schiefergebirge. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **110** (2): 186-392, 25 Abb., Taf. 9-30, 6 Beil.; Stuttgart.
- KASIG, W. (1980): Cyclic sedimentation in a Middle-Upper Devonian shelf environment in the Aachen region, F.R.G. – Meded. Rijks Geol. Dienst, **32** (3): 26-29, 3 Abb., 3 Taf.; Haarlem.
- KAZMIERCZAK, J. (1971): Morphogenesis and systematics of the Devonian Stromatoporoidea from the Holy Cross Mountains, Poland. – Palaeont. Polonica, **26**: 150 S., 20 Abb., 3 Tab., 41 Taf.; Warszawa.
- ,– (1976): Volvocacean nature of some paleozoic non-radiosphaerid calcispheres and parathuramminid „foraminifera“. – Acta Palaeont. Polonica, **21** (3): 245-258, Taf. XIX-XXII; Warszawa.
- KREBS, W. (1968): Facies Types in Devonian Back-Reef Limestones in the Eastern Rhenish Schiefergebirge. – In: MÜLLER, G. & FRIEDMANN, G. M. [Hrsg.]: Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe: 186-195, 12 Abb.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- ,– (1974): Devonian carbonate complexes of Central Europe. – In: LAPORTE, L. F. [Hrsg.]: Reefs in time and space; Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., **18**: 155-208, 25 Abb., 9 Tab.; Tulsa/Oklahoma.
- ,– (1976): Geology of Reefs. – 77 S., 77 Abb., 16 Tab.; Calgary. – [C.S.P.G. Seminar 25.-27. 2. 1976, University of Calgary].
- KRONBERG, P., & PILGER, A., & SCHERP, A., & ZIEGLER, W. (1960): Spuren altvariscischer Bewegungen im nordöstlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3** (1): 1-46, 13 Abb., 3 Tab., 7 Taf.; Krefeld.
- KUBITZA, B. (1984): Die Geologie des Gebietes zwischen Nehden und Madfeld (MTB Alme 4517 und MTB Madfeld 4518). – Unveröff. Kartierbericht, Univ. Bochum; 36 S., 10 Abb., Bochum.
- LECOMPTE, M. (1951/1952): Les Stromatoporoides du Dévonien moyen et supérieur du Bassin de Dinant. – Mém. Inst. r. Sci. nat. Belg., **116/117**: 359 S., 70 Taf.; Bruxelles.
- ,– (1956): Stromatoporoidea. – In: MOORE, R. C. [Hrsg.]: Treatise on Invertebrate Paleontology, F [Coelenterata]: 107-144, Abb. 86-112; Lawrence/Kansas.
- ,– (1970): Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. – Geologica et Palaeontologica, **4**: 25-71, 20 Abb., 3 Tab., 4 Taf.; Marburg.
- LEIDHOLD, C. (1928): Beitrag zur Kenntnis der Fauna des rheinischen Stringocephalenkalkes, insbesondere seiner Brachiopodenfauna. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N. F. **109**: 99 S., 62 Abb., 7 Taf.; Berlin.

- MAWSON, R., & JELL, J. S., & TALENT, J. A. (1985): Stage Boundaries within the Devonian: Implications for Application to Australian Sequences. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **75**: 1-16, 4 Abb., 1 Tab.; Frankfurt a. M.
- MORITZ, W. (1983): Fazies und Diagenese des Briloner Karbonat-Komplexes anhand einiger ausgewählter Bohrungen. – Diss., 181 S., 10 Taf., 4 Tab., 26 Abb.; Braunschweig.
- MOUNTJOY, E. W. (1975): Intertidal and Supratidal Deposits within Isolated Upper Devonian Buildups, Alberta. – In: GINSBURG, R. N. [Hrsg.]: *Tidal Deposits*: 387-395, 4 Abb.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- OEKENTORP, K. (1984): Die Saurierfundstelle Brilon-Nehden (Rheinisches Schiefergebirge) und das Alter der Verkarstung. – *Kölner Geogr. Arb.*, **45**: 293-315; Köln.
- PAECKELMANN, W. (1926): Der Briloner Massenkalksattel, die Devon-Carbonmulde von Nehden und das Oberdevon-Culmgebiet von Rixen, Scharfenberg und Wülffe. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, **47** (1): 19-35, 1 Tab.; Berlin.
- ,– (1928): Der Scharfenberger Sattel bei Brilon in Westfalen. – *Jb. preuß. geol. L.-Anst.*, **49**: 254-262; Berlin.
- PAECKELMANN, W., & KÜHNE, F. (1936): Erläuterungen zu Blatt Alme, Nr. 2585. – *Geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Länder 1*: 25000, 61 S., 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Berlin. – [Mit Geol. Kt.: Aufnahme abgeschlossen 1928].
- PITRAT, C. W. (1965): Spiriferidina. – In: MOORE, R. C.: *Treatise on Invertebrate Paleontology, H [Brachiopoda]* **2**: 667-728, Abb. 543-593; Lawrence/Kansas.
- READ, J. F. (1975): Tidal-Flat Facies in Carbonate Cycles, Pillara Formation (Devonian), Canning Basin, Western Australia. – In: GINSBURG, R. N. [Hrsg.]: *Tidal Deposits*: 251-256, 3 Abb.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- RIDING, R. (1974): The Devonian genus *Keega* (algae) reinterpreted as a stromatoporoid basal layer. – *Palaeontology*, **17** (3): 565-577, Taf. 85-86; London.
- SANDBERGER, G. & F. (1850-56): Die Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau. – 564 S., 38 Taf.; Wiesbaden.
- SCHMIDT, Herm., & PLESSMANN, W. (1961): Sauerland. – *Sig. geol. Fhr.*, **39**: 151 S., 8 Abb., 5 Taf., 20 Kt.; Berlin.
- SCHMIDT, Herta (1941): Rhynchonellidae aus rechtsrheinischem Devon. – *Senckenbergiana*, **23**: 277-290, Abb. 1-13; Frankfurt a. M.
- ,– (1975): Septalariinae (Brachiopoda, Rhynchonellida) im Devon westlich und östlich des Rheins. – *Senckenbergiana lethaea*, **56** (2/3): 85-121, 12 Abb., 1 Tab., 7 Taf.; Frankfurt a. M.
- SCHNEIDER, W. (1977): Diagenese devonischer Karbonatkomplexe Mitteleuropas. – *Geol. Jb.*, **D21**: 107 S., 11 Abb., 7 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- SCHUDACK, M. (1987): Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhlenfüllung von Nehden im Sauerland. – *Geol. Paläont. Westf.*, **10**; Münster (Landschaftsverband Westfalen-Lippe). – [Dieses Heft].
- SHINN, E. A. (1983): Birdseyes, fenestrae, shrinkage pores and loferites: a reevaluation. – *J. Sedimentary Petrol.*, **53** (2): 619-628, 5 Abb., 1 Tab.; Tulsa/Oklahoma.
- STEARNS, C. W. (1975): Stromatoporoid Assemblages, Ancient Wall Reef Complex (Devonian), Alberta. – *Canadian J. Earth Sci.*, **12**: 1631-1667, 8 Abb., 5 Taf.; Ottawa.
- STOPPEL, D. (1976): Ergebnisse von Bohrungen auf den Massenkalk-Vorkommen von Brilon und Warstein. – *Nachr. dt. geol. Ges.*, **15**: 5-6; Hannover.
- STRUVE, W. (1964): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 9: Erörterung des Alters der Refrath-Schichten und Darstellung einiger devonischer Atrypinae. – *Senckenbergiana lethaea*, **45** (6): 523-532, 4 Abb., 1 Tab.; Frankfurt a. M.
- ,– (1965a): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 11: *Schizophoria striatula* und *Schizophoria excisa* in ihrer ursprünglichen Bedeutung. – *Senckenbergiana lethaea*, **46** (2/3): 193-215, 4 Abb., Taf. 19-21; Frankfurt a. M.
- ,– (1965b): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 14: über *Geranocephalus (Stringomimus)* n.sg. und Verwandte. – *Senckenbergiana lethaea*, **46** (4-6): 459-472, 6 Abb.; Frankfurt a. M.
- ,– (1978): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 19: Arten von *Fitzroyella* (Rhynchonellida; Givetium und Frasium von Europa und Australien). – *Senckenbergiana lethaea*, **59** (4/6): 329-365, 12 Abb., 3 Taf.; Frankfurt a. M.

- ,– (1981): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 21: Das untergivetische Leit-Fossil *Undispirifer givefex* (Spiriferida/Reticulariidae). – *Senckenbergiana lethaea*, **61** (3/6): 437-443, 1 Taf.; Frankfurt a.M.
- ,– (1982a): Beiträge zur Kenntnis devonischer Brachiopoden, 23: Schaltier-Faunen aus dem Devon des Schwarzbach-Tales bei Ratingen, Rheinland. – *Senckenbergiana lethaea*, **63**: 183-283, 14 Abb., 13 Taf., Frankfurt a.M.
- ,– (1982b): The Eifelian within the Devonian frame, history, boundaries, definitions. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **55**: 401-432; Frankfurt a.M.
- TOOMEY, D. F., & MOUNTJOY, E. W., & MACKENZIE, W. S. (1970): Upper Devonian (Frasnian) algae and foraminifera from the Ancient Wall carbonate complex, Jasper National Park, Alberta, Canada. – *Canadian J. Earth Sci.*, **7** (3): 946-981, 10 Tab., 7 Taf.; Toronto.
- TORLEY, K. (1934): Die Brachiopoden des Massenkalkes der Oberen Givet-Stufe von Bilveringsen bei Iserlohn. – *Abh. senckenberg. naturf. Ges.*, **43** (3): 67-148, 82 Abb., 9 Taf.; Frankfurt a.M.
- WAHBA, Y. (1978): Die Geologie des Briloner Massenkalksattels im östlichen Sauerland. – *Diss.*, 219 S., 8 Taf., 6 Anl., 15 Tab.; Clausthal.
- ZIEGLER, W., & KLAPPER, G. (1985): Stages of the Devonian System. – *Episodes*, **8** (2): 104-109, 9 Abb., Ottawa.
- ZUKALOVA, V. (1971): Stromatoporoidea from the Middle and Upper Devonian of the Moravian Karst. – *Ustredni Ustav Geologicky, Rozpravy Ustredniho Ustavu Geologickeho*, **37**: 143 S., 16 Abb., 7 Tab., 40 Taf.; Praha.

Bisher sind in dieser Reihe erschienen:

Heft 1

KAMPMANN, Hans:
Mikrofossilien, Hölzer, Zapfen und Pflanzenreste aus der unterkretazischen Sauriergrube bei Brilon-Nehden.

Beitrag zur Deutung des Vegetationsbildes zur Zeit der Kreidesaurier in Westfalen.

Nov. 1983, 146 S., 20 Abb., 1 Tab., 61 Taf.

DM 28,00

Heft 2

MINNIGERODE, Christian; KLEIN-REESINK, Josef:
Das Dörentruper Braunkohleflöz als Zeuge eines fossilen Moores.
Petrographische und palynologische Untersuchungen zur Flözgenese.

Juli 1984, 68 S., 17 Abb., 12 Tab., 9 Taf.

DM 16,00

Heft 3

BRAUCKMANN, Carsten; KOCH, Lutz; KEMPER, Michael:
Spinnentiere (Arachnida) und Insekten aus den Vorhalle-Schichten (Namurium B; Ober-Karbon) von Hagen-Vorhalle (West-Deutschland).

Jan. 1985, 132 S., 57 Abb., 23 Taf.

DM 25,00

Heft 4

AVLAR, Hüseyin; DOHMEN, Maria:
Bemerkungen zur Schwarzschiefer-Fazies der Remscheider Schichten und erste Untersuchungsergebnisse der Vertebraten-Fundstelle NE-Kierspe (Sauerland, Rheinisches Schiefergebirge).

SCHALLREUTER, Roger:
Ein ordovizisches Kalksandstein-Geschiebe aus Westfalen.

SPRINGHORN, Rainer; DIEKMANN, Sieghard:
Böden in Lippe.
Anwendung moderner Präparationsmethoden bei der Darstellung ostwestfälischer Bodentypen.

Mai 1985, 65 S., 14 Abb., 1 Tab., 10 Taf.

DM 16,00

Heft 5

SCHÖNFELD, Joachim:
Zur Lithologie, Biostratigraphie und Fossilführung des Ober-Santon Mergels von Westerwiehe (Ostwestfalen).

SCHALLREUTER, Roger:
Eine weitere kalkschalige Foraminifere aus einem ordovizischen Geschiebe Westfalens.

Dezember 1985, 56 S., 28. Abb., 2 Tab., 3 Taf.

DM 14,00

Heft 6

JORDAN, Hartmut & GASSE, Wolfgang:
Bio- und lithostratigraphisch-fazielle Untersuchungen des glaukonitisch-sandigen Santon und Campan im südwestlichen Münsterland.

FRIEG, Clemens:
Planktonische Foraminiferen zwischen Ober-Alb und Mittel-Turon im Ruhrgebiet.

ŠVÁBENICKÁ, LILIAN:
Coccolithen aus der Ober-Kreide der Bohrung Werne 8, westlich Hamm in Westfalen (NW-Deutschland).

August 1986, 88 S., 10 Abb., 3 Tab., 14 Taf.

DM 19,50

Heft 7

Beiträge zur Geschiebekunde Westfalens I

SCHALLREUTER, Roger:
Geschiebekunde in Westfalen

SCHALLREUTER, Roger:
Ostrakoden aus Ordovizischen Geschieben Westfalens I

SCHALLREUTER, Roger & SCHÄFER, Rainer:
Cruminata (Ostracoda) aus Silurgeschieben Westfalens I

SCHALLREUTER, Roger:
Ostrakoden aus silurischen Geschieben Westfalens I

SCHALLREUTER, Roger & SCHÄFER, Rainer:
Gibba (Ostvacoda) aus einem Silurgeschiebe Westfalens

SCHALLREUTER, Roger & SCHÄFER, Rainer:
Karbonsandsteine als Lokalgeschiebe

SCHÄFER, Rainer:
Erfahrungen beim Geschiebesammeln im Münsterländer Hauptkiessandzug

Mai 1987, 88 S., 8 Abb., 11 Taf.

DM 24,00

Heft 8

NORMAN, David B. & HILPERT, Karl-Heinz mit einem Beitrag von HOLDER, Helmut:
Die Wirbeltierfauna von Nehden (Sauerland), Westdeutschland.

August 1987, 77 S., 54 Abb., 2 Taf.

DM 19,50

Heft 9

SCHÖLLMANN, Lothar:
Sporen und Phytoplankton aus den Raumländer Schichten
(Bl. 4916 Bad Berleburg).

ZYGOWSKI, Dieter W.:
Hydrologische Markierungsversuche in Westfalen:
Ein historischer Überblick.

November 1987, 68 S., 7 Abb., 6 Tab., 3 Taf.

DM 18,50

Bestellungen an das

Westf. Museum für Naturkunde
Sentruper Str. 285, 4400 Münster
Tel.: 02 51/ 8 20 84

Preise zuzüglich Porto und Verpackung.

