

Geol. Paläont. Westf.	9	31 S. 7-37	6 Abb. 1 Tab. 3 Taf.	Münster November 1987
--------------------------	----------	---------------	----------------------------	--------------------------

Sporen und Phytoplanton aus den Raumländer Schichten (Bl. 4916 Bad Berleburg)

LOTHAR SCHÖLLMANN*

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
2. Lage der Profile	8
3. Petrographie der untersuchten Gesteine	8
4. Arbeitsmethodik	8
4.1 Probennahme	8
4.2 Aufbereitung und Präparation	9
5. Verbreitung und Erhaltung der Palynomorphen	10
6. Systematische Palynologie	11
6.1 Anteturma Sporites H. POTONIÉ 1893	11
6.1.1 Subturma Azonotriletes LUBER 1935 emend. DETTMANN 1963	12
6.1.1.1 Infraturma Laevigati BENNIE & KIDSTONE 1886 emend. POTONIÉ 1956	12
6.1.1.2 Infraturma Apiculati BENNIE & KIDSTONE 1886 emend. POTONIÉ 1956	14
6.1.1.3 Infraturma Murornati POTONIÉ & KREMP 1954	15
6.1.2 Subturma Zonotriletes WALTZ 1935	19
6.1.2.1 Infraturma Cingulati POTONIÉ & KLAUS 1954 emend. DETTMANN 1963	19
6.1.2.2 Infraturma Zonati POTONIÉ & KREMP 1954	20
6.1.3 Incertae sedis.	21
6.2 Acritarcha	21
7. Deutung der Ergebnisse	24
7.1 Sporen	24
7.2 Acritarchen	25
8. Literaturverzeichnis	26

* Anschrift des Verfassers: Lothar Schöllmann
Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität,
Corrensstraße 24
D-4400 Münster

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. STRAUCH, der die Anregung zur Veröffentlichung gab und das Manuskript kritisch durchsah. Herrn Dr. G. SCHULTZ (Köln), der mir viele Ratschläge zur Aufbereitung gab, und der sich einige Problematika ansah, möchte ich ebenfalls danken.

Zusammenfassung:

Aus den Schwarzschieferzwischenlagen der Quarzite der Raumländer Schichten (Eifel-Stufe; Bl. 4916 Bad Berleburg) konnte eine Sporen- und Acritarchenassoziation isoliert werden. Die Sporen sind in Bezug auf ihre Größe atypisch für das Mitteldevon. Das Vorkommen bestimmter Acritarchengroßgruppen stellte sich als faziesabhängig heraus.

Die Grenze Eifel-/Givet Stufe, die in der Wittgensteiner Mulde noch nicht fixiert ist, konnte auch mit Hilfe der Palynomorphen nicht festgelegt werden.

1.0 Einleitung

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. F. STRAUCH wurde ein Teil der mitteldevonischen Schwarzschiefer, die bisher nur eine sehr schlecht erhaltene Makrofauna geliefert haben, auf Palynomorpha hin untersucht.

2.0 Lage der Profile

Die untersuchten Schichten befinden sich am Nordflügel der Wittgensteiner Mulde (SW' Teil des Bl. 4916 Bad Berleburg). Die für die palynologischen Untersuchungen ausgesuchten Profile befinden sich im Stbr. Hillerberg (s. Abb. 1) und am Westhang des Burgberges. Im Stbr. Hillerberg stand ein nahezu vollständiges Profil des Unteren Quarzits zur Verfügung (zur Auswahl der lithologischen Einheiten s. Kap. 3), welches detailliert aufgenommen wurde, um die genauen Entnahmepunkte der Proben (s. Tab. 1) festzuhalten. Da am Westhang des Burgberges kein durchgehendes Profil vorliegt, unterließ der Bearbeiter hier eine genaue Profilaufnahme.

3.0 Petrographie der untersuchten Gesteine

Bei den für die Mikroflorenanalyse herangezogenen Gesteinen (Zwischenlagen des Unteren- und Oberen Quarzits der Raumländer Schichten (de), vgl. Abb. 2 u. 3) handelt es sich um dickschieferige, z.T. auch scherbzig zerfallende, dunkelgraue bis schwarze Tonschiefer, die schwach sandig oder sandstreifig ausgebildet sein können. Die Tonsteine zeigen eine feine Schichtung im Bereich von 1-5 mm, die durch den Wechsel von schwarzen und grauen Lagen zustande kommt. Der Farbunterschied wird durch unterschiedliche Gehalte an Pyrit und organischem Material verursacht. Sehr selten sind dünne, schwarze Kalkschichten vorhanden (vgl. Kap. 4.2). Die Schwarzschiefer verwittern mit grauen Farben.

4.0 Arbeitsmethodik

4.1 Probennahme

Die in der Wittgensteiner Mulde weit verbreiteten Tonsteine sind meist stark geschiefert, so daß sie für eine palynologische Untersuchung nicht in Betracht kommen (Berleburger Schichten, Dachschieferfolge, Schwarzschiefer des Givet und Adorf; vgl. jeweils mit Kap. 3 im Teil 1 der Arbeit).

Deshalb fanden die Tonschiefer-Zwischenlagen der Quarzite der Raumländer Schichten, die nur zum Teil stark geschiefert sind, Verwendung.

In dem Säulenprofil der Tab. 1 sind die lithologischen Einheiten des Unt. Quarzits wiedergegeben. Eine regelmäßige Probenentnahme (z.B. alle 10 cm) war nicht durchführbar, da zum einen die Tonschiefer mit Sandsteinen und quarzitischen Sandsteinen wechsellagern und zum anderen die Schwarzschiefer stel-

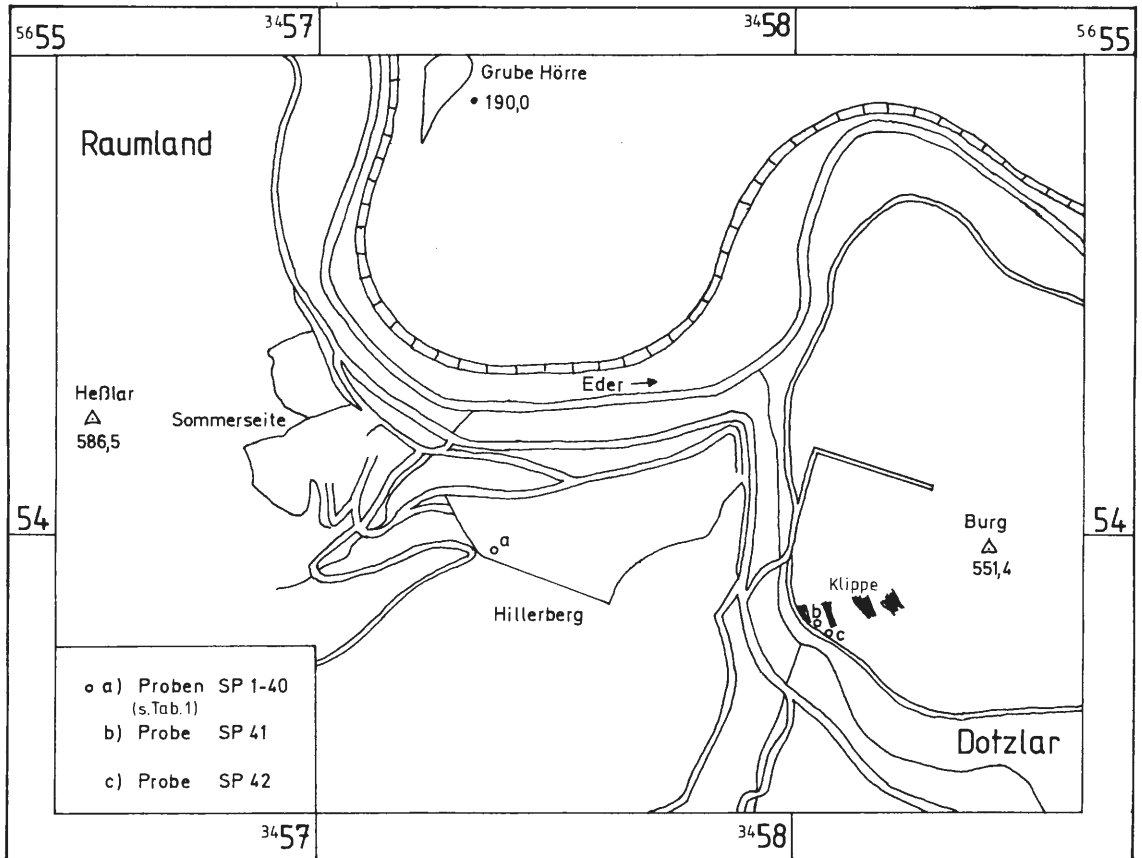


Abb. 1: Lage der Profile

lenweise stark geschiefert sind. Die Beprobung mußte sich also nach den jeweiligen Gegebenheiten richten.

4.2 Aufbereitung und Präparation

Die Aufbereitung erfolgte nach KUMMEL & RAUP (1955), wobei jedoch einige an das Material angepaßte Modifikationen vorgenommen werden mußten. Aus diesem Grund und weil die o.g. Arbeitsvorschrift sehr knapp gehalten ist, wird die Aufbereitung etwas ausführlicher abgehandelt.

Die mit Wasser gereinigten und anschließend getrockneten Proben wurden in einem Backenbrecher auf mm-Körnung zerkleinert und die Fraktion > 1 mm durch Sieben abgetrennt. Von der Fraktion < 1 mm wurden ca. 50 g mit konz. Salzsäure entkarbonatisiert. Dies sollte eine Fluoritbildung bei der Flußsäurebehandlung verhindern, die sich bei den Siebvorgängen sehr störend bemerkbar machen würde. Die Proben zeigten bei der Salzsäurebehandlung in den meisten Fälle keine Reaktion. Nach 12 Stunden konnte die Säure dekantiert werden. Das Probenmaterial mußte nun, um die Salzsäurereste zu entfernen, dreimal mit Aqua dest. gespült werden, wobei nach jedem Spülvorgang zentrifugiert wurde.

Das mit Wasser benetzte entkarbonatisierte Material kam mit 38-40-%iger technischer Flußsäure in Polyäthylenflaschen, die mehrmals täglich zu schütteln waren, um ein schnelles und gleichmäßiges Auflösen der Silikate zu gewährleisten. Nach anfänglichen exothermen Reaktionen verblieb das Material noch 10 Tage in den Flaschen. Die Flußsäure wurde durch dreimaliges Spülen mit Aqua dest. und jeweiligem anschließendem Zentrifugieren ausgewaschen. Mit konz. Salzsäure wurden anschließend die Fluoride beseitigt.



Abb. 2: Ausschnitt des Profils im Unteren Quarzit (deRa,q1): Die Schwarzschieferlagen zwischen den quarzitischen Sandsteinen und Sandsteinen, die für die Untersuchungen herangezogen wurden, lassen sich auf dem Bild gut erkennen. Die Schichten werden durch eine kleine Störung gegeneinander versetzt (vergl. Tab. 1), deren Versatzbetrag nicht ermittelt werden konnte.

Der Rückstand konnte nun durch ein 0,025 mm Sieb gezogen werden, um eine Anreicherung des Probenmaterials zu erzielen. Die hoch inkohlten und deshalb völlig opaken Palynomorphen kamen nun mit Kaliumchlorat und konz. Salpetersäure (Schultzsches Gemisch) im Verhältnis 1:1:3 (nach KUMMEL & RAUP 1955:558-559) in ein kleines Becherglas, das in ein halb mit Wasser gefülltes großes Becherglas gestellt wurde (Verfahren nach einer mündlichen Mitteilung von G. SCHULTZ).

So vorbereitet wurden die Probenrückstände 3-7 Stunden gekocht, wobei nach 3 Std. alle 10 Minuten der Oxydationsgrad kontrolliert werden mußte. Waren die Palynomorphen ausreichend aufgehellt, konnte das Schultzsche Gemisch abzentrifugiert und nach dem Dekantieren der Rückstand mit Aqua dest. gespült werden. Um das Oxydationsmittel gründlich auszuwaschen, wurde das angereicherte Palynomorphenmaterial noch einmal mit reichlich Wasser durch ein Sieb der Maschenweite 0,025 mm gezogen. Das verbleibende Material konnte nun, mit Glycerin und etwas Phenol (gegen Schimmelbildung) versetzt, in Glasröhrchen aufbewahrt werden.

Die Herstellung der Einzelkornpräparate erfolgte nach der von SCHULTZ (1968:8) ausführlich beschriebenen Honigtropfenmethode. In erster Linie wurden jedoch Streupräparate hergestellt.

5.0 Verbreitung und Erhaltung der Palynomorphen

Von den 42 untersuchten Proben erwiesen sich 19 als palynomorphenführend, aber nur 10 enthielten bestimmbare Exemplare. Ein Großteil der Sporen und Acritarchen ist durch Pyritkristalle (vgl. Kap. 7) bis zur Unkenntlichkeit zerstört worden (s. Abb. 4). Zahlreiche Fragmente in den Probenextrakten bezeugen eine ehemals reichere Sporenssoziation (vgl. Kap. 7).



Abb. 3: Kleiner Aufschluß im Oberen Quarzit (deRa,q2): Die steil stehenden Schichten des Oberen Quarzits sind geringmächtig (ca. 5 cm). Die Schwarzschieferzwischenlagen sind z. T. sehr stark geschiefert, so daß nur zwei verwendbare Proben genommen werden konnten. Der Stift markiert den Entnahmepunkt der Probe SP 41.

6.0 Systematische Palynologie

6.1 Anteturma Sporites H. POTONIÉ 1893

Das Sporenmaterial ist nach dem morphographischen System von POTONIÉ & KREMP (1956, 1958, 1960, 1966, 1970) geordnet worden.

Da die Gattungsdiagnosen von den jeweiligen Autoren unterschiedlich gefaßt werden, wurde jeweils eine kurze Beschreibung der Gattungen durchgeführt. Um auch die Artbestimmungen nachvollziehbar zu

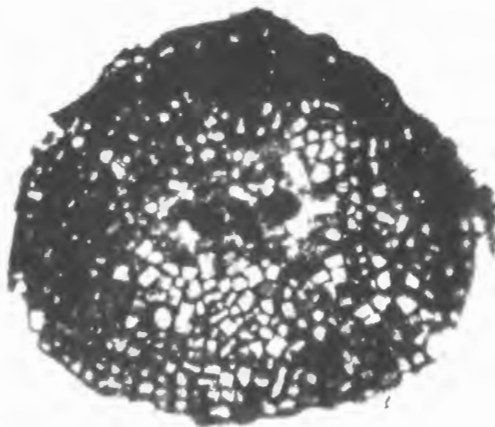


Abb. 4: Durch Pyritkristalle völlig zerstörte Exine: Die eingelagerten Pyrite haben die Spore unbestimmbar gemacht.

gestalten, sind die Beschreibungen mit kurzen Diagnosen versehen worden. Hierbei hat sich der Verfasser bemüht, nach Möglichkeit die Originalbeschreibung heranzuziehen.

6.1.1 Subturma Azonotriletes LUBER 1935 emend. DETTMANN 1963

6.1.1.1 Infraturma Laevigati BENNIE & KIDSTON 1886 emend. POTONIÉ 1956

Diagnose: Die Exine ist glatt.

Genus *Leiotriletes* NAUMOVA 1937 emend. POTONIÉ & KREMP 1954

Diagnose: Die Umrißlinie der glatten Exine ist triangulär, wobei die Interradialia konkav oder konvex ausgebildet sein können. Die Sporen können chagrinata, infrapunctata, infragranulate oder infrareticulate Strukturen besitzen. Die Strahlen der Y-Marke erreichen eine Länge von $> 1/2 r$ (r = Sporenradius).

Leiotriletes adnatoides POTONIÉ & KREMP 1955

Taf. 1, Fig. 1

*1955 *Leiotriletes adnatoides* – POT. & KR.: S. 38, Taf. 11, Fig. 112-115

1974 *Leiotriletes adnatoides* – EDALAT: S. 14, Taf. 1, Fig. 6

1974 *Leiotriletes cf. adnatoides* – POPAL: S. 171, Taf. 3, Fig. 1

1984 *Leiotriletes adnatoides* – VOLKMER: S. 11, Taf. 2, Fig. 2-5

Diagnose: Die Sporen verfügen über eine proximale pyramidenförmige Apexverstärkung.

Beschreibung: Die azonotrileten Sporen (Durchmesser 0,042 mm) besitzen einen triangulären glatten Äquatorumriß. Der Apex ist pyramidenartig verstärkt. Die Strahlen der einfachen, oft weit geöffneten Y-Marke erreichen ca. $3/4 r$. Die Interradialia wölben sich nur schwach nach außen.

Leiotriletes atavus NAUMOVA 1953

Taf. 1, Fig. 2

1974 *Leiotriletes atavus* – EDALAT: S. 12, Taf. 1, Fig. 1

1974 *Leiotriletes atavus* – HAMID: S. 171, Taf. 3, Fig. 2

1984 *Leiotriletes atavus* – VOLKMER: S. 12, Taf. 2, Fig. 9, 10

Diagnose: Die kurzen Y-Strahlen (ca. $1/2 r$) befinden sich in einem dunklen Apikalfeld, das scharf begrenzt sein kann.

Beschreibung: Die azonotrileten, 0,052 bis 0,06 mm großen Exinen zeigen einen triangulären Umriß. Die kurzen Strahlen der einfachen Dehiszenzmarke erreichen $1/3$ - $1/2 r$ und befinden sich in einem dunklen (verstärkten!) Apikalfeld, welches sich prägnant absetzt.

Leiotriletes dissimilis MCGREGOR 1960

Taf. 1, Abb. 3

*1960 *Leiotriletes dissimilis* MCGREGOR: S. 27, Taf. 11, Fig. 1

1960 *Leiotriletes dissimilis* – TILLMANN: S. 86

1974 *Leiotriletes dissimilis* – EDALAT: S. 13, Taf. 1, Fig. 4

1975 *Leiotriletes dissimilis* – TIWARI & SCHAARSCHMIDT: S. 13, Taf. 1, Fig. 1,2

1984 *Leiotriletes dissimilis* – VOLKMER: S. 11, Taf. 2, Fig. 6-8

Diagnose: Die Strahlen der Y-Marke, die leistenartig verstärkt ist, besitzen eine Länge von $1/2$ - $3/4 r$.

Beschreibung: Die azonotrilete, 0,064 mm große, z.T. noch opake Spore besitzt einen glatten triangulären Äquatorumriß. Die Exine ist völlig laevigat. Die leistenförmig verstärkte Y-Marke besteht aus Strahlen die eine Länge von $3/4 r$ aufweisen.

Leiotriletes simplex NAUMOVA 1953

Taf. 1, Abb. 4

1974 *Leiotriletes simplex* – EDALAT: S. 12

1984 *Leiotriletes simplex* – VOLKMER: S. 13, Abb. 7

Diagnose: Die Sporen besitzen eine einfache Dehiszenzmarke und einen kleinen Durchmesser.

Beschreibung: Die azonotrilete 0,03 mm große Exine mit einem glatten triangulären Umriß, ist an zwei Interradialia z.T. zerstört. Die Spore scheint an einigen Stellen infragranulat zu sein, was aber eine Folge von Korrosion ist, wie sich an dem unregelmäßigen Verlauf der angerauten Flächen leicht erkennen läßt. Die einfache Y-Marke besitzt eine Länge von ca. $\frac{3}{4} r$.

Leiotriletes ornatus ISHCENKO 1956

Taf. 1, Abb. 5

- *1956 *Leiotriletes ornatus* ISHCENKO: S. 22, Taf. 2, Fig. 18-21
- 1962 *Leiotriletes ornatus* – PLAYFORD: S. 575, Taf. 78, Fig. 7,8
- 1974 *Leiotriletes cf. ornatus* – EDALAT: S. 13, Taf. 1, Fig. 3
- 1978 *Leiotriletes ornatus* – TILLMANN: S. 86
- 1984 *Leiotriletes ornatus* – VOLKMER: S. 12-13, Taf. 2, Fig. 12; Taf. 3, Fig. 1

Diagnose: Die Strahlen der Y-Marke sind mit einem deutlichen Tectum versehen. Die Strahlen, die sich terminal aufspalten können, erreichen den Äquatorrand.

Beschreibung: Die azonotrilete Spore zeigt einen glatten triangulären Umriß und einen Durchmesser von 0,04 mm. Die deutlich tectaten Laesuren erreichenden Äquator. Die Interradialia sind nach außen gebogen.

? *Leiotriletes* sp.

Taf. 1, Abb. 6

Beschreibung: Azonotrilete, 0,075 mm große, stark zerstörte trianguläre Exine mit einer schwach tectaten, ankerförmigen Tetradenmarke. Die Sporenoberfläche ist völlig laevigat.

Leiotriletes sp. A

Beschreibung: Azonotrilete 0,056 mm große Spore mit triangulärem Umriß. Der z.T. durch Korrosion zerstörte Äquatorrand ist unregelmäßig gezähnt. An einigen Stellen läßt sich der glatte Rand jedoch einwandfrei erkennen. Eine Tetradenmarke konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Zuordnung zum Genus *Leiotriletes* erfolgte aufgrund des dreieckigen Äquatorumrisses und der laevigaten Struktur.

Leiotriletes sp. B

Beschreibung: Größe der Exine 0,07 mm. Azonotrilete trianguläre Spore mit glattem Äquatorrand, der nur noch an einer Stelle erkennbar ist. Durch Korrosion erscheint die Exine infragranulat. Die deutlich ausgebildete tectate Tetradenmarke erreicht den Äquatorrand.

Genus *Punctatisporites* (IBRAHIM 1933) POTONIÉ & KREMP 1954

Diagnose: Trilete Sporen mit kreisförmiger Äquatorkontur. Die laevigaten Exinen können punctat, infrapunctat, infragranulat, infrareticulat oder chagrinat strukturiert sein. Die Strahlen der Tetradenmarke sind meist größer als $\frac{1}{2} r$ (r = Sporenradius).

Punctatisporites minutus KOSANKE 1950

Taf. 1, Fig. 7

- 1955 *Punctatisporites minutus* – POTONIÉ & KREMP: S. 42, Taf. 11, Fig. 8, 9
- 1971 *Punctatisporites minutus* – EDALAT: S. 15-16, Taf. 1, Fig. 7
- 1974 *Punctatisporites minutus* – EDALAT: S. 17, Taf. 1, Abb. 8
- 1974 *Punctatisporites cf. minutus* – HAMID: S. 175, S. 17, Taf. 3, Abb. 13, 14
- 1982 *Punctatisporites minutus* – RAVN & FITZGERALD: S. 114, Taf. 1, Fig. 8, 9

Diagnose: Die Dehiszenzmarke liegt in einem dunklen Apikalfeld (Verstärkung des proximalen Pols). Die Keimmarke ist oft weit geöffnet und zu einem Dreieck erweitert.

Beschreibung: Azonotrilete Spore (Durchmesser 0,06 mm) mit einem circulären Umriß. Die Exine ist z.T. korrodiert und erscheint infrapunctat. Die schwach geöffnete Y-Marke, die in einem dunklen (dicke-

ren) Apicalfeld liegt, besitzt Strahlen mit einer Länge von $2/3r$.

Punctatisporites sp. A

Beschreibung: Die 0,06 mm große, azonotrilete Spore ist infolge der Sedimentauflast deformiert. Ihr ehemals circularer Äquator läßt sich jedoch einwandfrei rekonstruieren. Die relativ breite Tetradenmarke verläuft leicht gebogen und ihre Strahlen erreichen ca. $4/5 r$. Die Strukturierung entstand wahrscheinlich durch Korrosion, die sich auch an dem aufgerauhten Äquatorrand erkennen läßt.

Punctatisporites sp. B

Beschreibung: Die um 0,045 mm großen, azonotrieten Sporen zeigen circular Äquatorkonturen. Die Exinen sind laevigat und besitzen einfache Tetradenmarken, deren Laesuren ca. $3/4 r$ erreichen.

Punctatisporites sp. C

Beschreibung: Die 0,066 mm große, azonotrilete Spore verfügt über einen circularen Umriß und über eine infrapunctate Oberfläche. Der Äquatorrand ist glatt. Die Strahlen der in einem dunklen Apicalfeld liegenden Dehiszenzmarke erreichen $3/4 r$.

Anmerkungen: In Bezug auf die Verstärkung des proximalen Pols stimmt das Exemplar mit *P. minutus* KOSANKE (s.o.) überein. Die Strahlenlängen der Tetradenmarke und deren Öffnung stimmen nicht überein, weshalb eine Zuordnung zu dieser Art nicht erfolgen konnte.

6.1.1.2 Infraturma Apiculati BENNIE & KIDSTON 1886 emend. POTONIÉ 1956

Diagnose: Die Exine besitzt Skulpturen (Spinae, Coni, Verrucae, Granae, Baculae).

Genus *Cyclogranisporites* POTONIÉ & KREMP 1954

Diagnose: Die circularen Sporen sind mit Granae, die sich mehr oder weniger dicht auf der Oberfläche befinden, skulptiert.

Genus *Cyclogranisporites parvulus* var. *makroparvulus* STAPLIN 1960

Taf. 1, Fig. 8

*1960 *Cyclogranisporites parvulus* var. *makroparvulus* STAPLIN: S. 9, Taf. 1, Fig. 25

1974 *Cyclogranisporites parvulus* var. *makroparvulus* – HAMID: S. 181, Taf. 5, Fig. 7

Diagnose: Die Exine ist schwach und irregulär granuliert. Die Strahlen der einfachen Y-Marke erreichen $3/5$ bis $2/3 r$. Die Exine kann plicat sein.

Beschreibung: Die 0,04 mm große, circular Exine besitzt eine feine irreguläre Granulierung, deshalb zeigt der Äquator einen leicht unregelmäßigen Umriß. Die Strahlen, der einfach gestalteten Dehiszenzmarke erreichen $1/3 r$. Das vorliegende Exemplar besitzt keine Falten.

Anmerkungen: Die Spore zeigt Ähnlichkeiten mit *C. minutus* KOSANKE 1950 (STAPLIN 1960: 9), deren Skulptur jedoch gröber und deren Y-Marke längere Strahlen zeigt. Die bei STAPLIN (1960: 9) beschriebenen Exemplare besitzen Dehiszenzmarken, deren Strahlen eine Größe von $3/5$ bis $2/3 r$ erreichen. Die von HAMID (1974: 180) abgebildete und beschriebene Spore verfügt über eine Y-Marke mit kleineren Strahlen ($1/3 r$). HAMID (1974: 181) führte, da die Art aus dem Mississippian beschrieben wurde, nur eine cf-Bestimmung durch. Die Art tritt im Arbeitsgebiet des Verfassers ebenfalls auf, woraus geschlossen werden kann, daß die Spezies wohl schon im Mitteldevon einsetzt.

Cyclogranisporites flexuosus PLAYFORD 1962

Taf. 1, Fig. 9

*1962 *Cyclogranisporites flexuosus* PLAYFORD: S. 585, Taf. 79, Fig. 13-16

1968 *Cyclogranisporites flexuosus* SCHULTZ: S. 20, Taf. 2, Abb. 10, 10a

1962 *Cyclogranisporites* cf. *flexuosus* HAMID: S. 181, Taf. 5, Fig. 6

Diagnose: Die dicke Exine verfügt über undulierend verlaufende Y-Strahlen mit einer Länge von $2/3$ bis $3/4$ r.

Beschreibung: Die 0,08 mm große, azonotrilete Spore zeigt, infolge der der Oberfläche aufsitzenden Granae (0,001 mm Durchmesser), einen gekörnten circulären Äquatorumriß. Die deutlich entwickelte tectate Y-Marke verläuft undulierend und ihre Strahlen erreichen eine Länge von $2/3$ r. Die Exinenoberfläche der proximalen Seite ist im Bereich der sehr undeutlichen Kontaktareen infragranulat. Außerhalb der Kontaktareen zeigt die gesamte Oberfläche einen dichten Besatz mit Granae. Die Dicke der Exine läßt sich, durch den schlechten Erhaltungszustand bedingt, nicht ermitteln.

Anmerkungen: Die von PLAYFORD (1962: 584, 586) beschriebenen Formen besitzen eine deutliche Randverstärkung, die die Exemplare bei SCHULTZ (1968: 20) und dem Verfasser nicht aufweisen.

Cyclogranisporites cf. flexuosus PLAYFORD 1962

Taf. 1, Fig. 10

Diagnose: s.o.

Beschreibung: Azonotrilete, 0,063 mm große Spore mit einem circulären, durch die Granulierung gezähnelten, Äquatorrand. Die schwach tectate Dehiszenzmarke verläuft undulierend; ihre Strahlen sind $3/4$ r lang. Die gesamte Oberfläche der Exine verfügt über eine dichte Skulpturierung mit Granae, die 0,001 mm hoch und breit sind. Der Äquatorrand besitzt eine schwach ausgebildete Crassitude.

Anmerkungen: Die Spore wurde aufgrund der Skulpturierung, die die gesamte Oberfläche der Exine bedeckt, nur mit Vorbehalt der Art *flexuosus* zugeordnet. Ansonsten stimmen alle Merkmale überein.

Damit das ohnehin stark überladene System nicht durch eine weitere Artenflut noch unübersichtlicher wird, könnte die Gattungsdiagnose dahingehend erweitert werden, daß das Genus beidseitig skulptierte Exinen beinhaltet.

Cyclogranisporites sp.

Taf. 1, Fig. 11

Beschreibung: Azonotrilete, 0,042 mm große Exine mit einem leicht gekörnelten Äquatorrand, der durch den dichten Besatz mit feinen Granae ($< 0,001$ mm Durchmesser), die die proximale und distale Hemisphäre bedecken, zustande kommt. Die Y-Marke ist einfach ausgebildet und ihre Strahlen erreichen ca. $1/2$ r. Die Dehiszenzmarke liegt in einem dunklen Feld, das die gleiche Skulpturierung zeigt wie die andere Exinenoberfläche.

6.1.1.3 Infraturma Muornati POTONIE & KREMP 1954

Diagnose: Die Exine besitzt netz-, rippen-, wulst-, oder bogenförmige Skulpturen.

Genus *Dictyotriletes* NAUMOVA 1953 emend. SMITH & BUTTERWORTH 1967

Diagnose: Die Sporen besitzen eine Netzskulptur, die durch flache polygonale Lumina und flache Muri hervorgerufen wird. Deshalb ist die trianguläre bis circuläre Umrißlinie gewellt oder schwach gezähnt.

Dictyotriletes subgranifer MCGREGOR 1973

Taf. 1, Abb. 12

*1973 *Dictyotriletes subgranifer* – MCGREGOR: S. 43, Taf. 5, Fig. 16, 18-20

1976 *Dictyotriletes subgranifer* – MCGREGOR & CANFIELD: S. 21, Taf. 4, Fig. 19, 20

1978 *Dictyotriletes subgranifer* – TILLMANN: S. 87

1984 *Dictyotriletes subgranifer* – VOLKMER: S. 33, Taf. 7, Fig. 8

Diagnose: Proximal ist die Exine mit Granae (0,001 mm breit und hoch) besetzt und distal mit einem Reticulum. Die von Labra begleiteten Y-Strahlen erreichen den Äquatorrand.

Beschreibung: Die Sporen haben einen Durchmesser von 0,048 bis 0,068 mm. Die azonotrieten Exinen verfügen über einen unregelmäßig gezähnelten Äquatorrand. Die Lumina haben einen Durchmesser von 0,005 bis 0,01 mm; die Muri sind 0,001 breit und 0,002 mm hoch. Die Granae der proximalen Hemisphäre und die unregelmäßig verteilten Granae der Lumina besitzen einen Durchmesser von ca. 0,001 mm. Die Strahlen der Dehiszenzmarke berühren den Äquatorrand. Labra konnten nicht ausgemacht werden.

Anmerkungen: Der Holotyp (MCGREGOR 1973: 44) besitzt eine 0,003 bis 0,004 mm breite dunklere (dickere?) Zone parallel zum Äquator. VOLKMER (1984: 33) erwähnt einen hellen zonaartigen Außenraum. Beides konnte bei den vom Verfasser isolierten Exemplaren nicht nachgewiesen werden.

Dictyotriletes nigratus NAUMOVA 1953

Taf. 1, Abb. 13

1971 *Dictyotriletes nigratus* – EDALAT: S. 32, Taf. 2, Fig. 6

1974 *Dictyotriletes nigratus* – HAMID: S. 195, Taf. 8, Fig. 5

Diagnose: Die Exine ist chagrinat strukturiert und distal von einem kräftigen Reticulum bedeckt. Die Y-Strahlen sind nur schwach erkennbar.

Beschreibung: Die 0,08 mm große, azonotriete Spore zeigt einen triangulären, gewellten Äquatorumriß. Die Strahlen der einfachen Y-Marke erreichen ca. $1/2 r$. Die grobe Skulptur wird durch ein kräftiges Reticulum hervorgerufen, das aus 0,002 bis 0,004 mm breiten Muri und 0,002 bis 0,005 mm großen Lumina, die sehr unregelmäßig geformt sind, besteht.

Anmerkungen: Die Spore ist noch recht dunkel was auf ihre dicke Exine zurückgeführt werden kann.

Dictyotriletes canadensis – MCGREGOR 1973

Taf. 1, Fig. 14

*1973 *Dictyotriletes canadensis* MCGREGOR: S. 44, Taf. 5, Fig. 21-23

1984 *Dictyotriletes canadensis* – VOLKMER: S. 33, Taf. 7, Fig. 6; Taf. 8, Fig. 2

Diagnose: Große Sporen mit Reticulum, das an ein Wabenmuster erinnert. Die Lumina sind unregelmäßig mit Granae versehen. Die einfache Tetradenmarke, die i.d.R. nicht sichtbar ist, besitzt Strahlen mit einer Länge von $2/3 r$.

Beschreibung: Die um 0,13 mm großen, azonotrieten Sporen besitzen einen unregelmäßig ovalen Äquatorumriß, der durch die Skulptur der Exine gezähnelte ist. Das Reticulum besteht aus 0,001 mm breiten und 0,001 bis 0,002 mm hohen Muri und aus Lumina mit Durchmessern von 0,004 bis 0,007 mm. Einige Lumina besitzen unregelmäßig verteilte Granae mit einer Größe von $< 0,001$ mm. Eine Dehiszenzmarke konnte nicht ausgemacht werden.

Anmerkungen: VOLKMER (1984: 33) gibt für *D. canadensis* eine Größenvariation von 0,16 bis 0,28 mm an. Die hier beschriebenen Exemplare sind etwas kleiner. Da jedoch sonst alle Merkmale übereinstimmen, wurden die Exine zu der genannten Art gestellt.

Dictyotriletes sp. A

Beschreibung: Die deutlich triangulären, um 0,046 bis 0,056 mm großen Sporen zeigen einen gewellten Äquatorumriß. Die Dreieckspitzen sind relativ flach abgerundet und die Seiten nur leicht ausgebuchtet. Die Exinen sind beidseitig (?) reticulat. Die Muri zeigen eine Breite von 0,002 mm und die Lumina einen Durchmesser von 0,004 mm. Eine Y-Marke ist nicht erkennbar.

Anmerkungen: Obwohl eine Dehiszenzmarke fehlt, konnte aufgrund des dreieckigen Äquatorsaumes und des – im Vergleich mit *Dictyotidium* EISENACK 1951 emend. STAPLIN 1961 – groben Reticulums eine Zuordnung zum Genus *Dictyotriletes* vorgenommen werden.

Dictyotriletes sp. B.

Beschreibung: Die 0,036 mm große azonotriete Spore zeigt einen welligen Äquatorrand. Die trianguläre Exine besitzt breite Dreiecksspitzen und flach ausgebuchtete Seiten. Die Muri sind 0,001 mm breit

und die laevigaten Lumina haben einen Durchmesser von maximal 0,006 mm. Die einfache Y-Marke, deren Strahlen den Äquator erreichen, ist nur undeutlich erkennbar. Dies liegt an der beidseitigen (?) reticulaten Struktur.

Anmerkungen: S. unter Anmerkungen zu *D. sp.A.*

Genus *Emphanisporites* MCGREGOR 1961

Diagnose: Die Exinen besitzen proximale oder distale Radialfalten, die den Äquatorrand erreichen. Der Umriß ist circular bis triangulär.

Emphanisporites rotatus MCGREGOR 1961 emend. MCGREGOR 1973

Taf. 2, Abb. 1

- *1961 *Emphanisporites rotatus* MCGREGOR: S. 3, Taf. 1, Fig. 1-4
- 1965 *Emphanisporites rotatus* – ALLEN: S. 707,
- 1967 *Emphanisporites cf. rotatus* – MORTIMER: Taf. 1, Fig. o
- 1968 *Emphanisporites rotatus* – SCHULTZ: S. 25, Taf. 3, Fig. 5, 5a
- 1971 *Emphanisporites rotatus* – EDALAT: S. 30-31, Taf. 2, Fig. 5
- 1973 *Emphanisporites rotatus* – emend. MCGREGOR: S. 46, Taf. 6, Fig. 9-13
- 1973 *Emphanisporites rotatus* – RIEGEL: S. 89, Taf. 13, Fig. 4
- 1974 *Emphanisporites rotatus* – EDALAT: S. 36, Taf. 2, Fig. 15
- 1976 *Emphanisporites rotatus* – MCGREGOR: S. 36, Taf. 3, Fig. 16
- 1978 *Emphanisporites rotatus* – TILLMANN: S. 87
- 1984 *Emphanisporites rotatus* – VOLKMER: S. 35, Taf. 8, Fig. 3, 4

Diagnose: Die schmalen und flachen Radialrippen der triangulären Exinen laufen am Apex zusammen. Die Zahl der Rippen schwankt. Die Strahlen der Y-Marke erreichen den Äquatorrand.

Beschreibung: Die 0,035 mm große, azonotrilete Exine zeigt einen glatten subtriangulären Umriß. Die Radialfalten, die sich nur auf der proximalen Hemisphäre befinden sind schmal, flach und relativ zahlreich. Die Falten laufen am Apex zusammen. Die Strahlen der Tetradenmarke berühren den Äquatorrand.

Emphanisporites robustus MCGREGOR 1961

Taf. 2, Fig. 2

- *1961 *Emphanisporites robustus* MCGREGOR: S. 4, Taf. 1, Fig. 13
- 1967 *Emphanisporites robustus* – RICHARDSON: Taf. 3, Fig. F; Taf. 4, Fig. B
- 1968 *Emphanisporites robustus* – SCHULTZ: S. 25, 26, Fig. 6, 6a
- 1971 *Emphanisporites robustus* – EDALAT: S. 29-30, Taf. 2, Fig. 4
- 1974 *Emphanisporites robustus* – EDALAT: S. 36, Taf. 2, Fig. 15
- 1978 *Emphanisporites robustus* – TILLMANN: S. 87
- 1984 *Emphanisporites robustus* – VOLKMER: S. 35, Taf. 8, Fig. 5

Diagnose: Die Exine besitzt wenige, breite Radialfalten (vier zwischen je zwei Y-Strahlen). Die distale Hemisphäre ist völlig ohne Verzierungen. Der Sporenumriß schwankt von subtriangulär bis circular.

Beschreibung: Einige der 0,04 bis 0,064 mm großen, subtriangulären Sporen wurden durch die Sedimentauflast deformiert. Deshalb zeigt ein Exemplar einen Teil der proximalen und distalen Seite. Die proximale Hemisphäre der Sporen ist mit kräftigen Radialfalten – 4 zwischen je 2 Y-Strahlen – versehen. Die distalen Seiten sind völlig laevigat. Die Strahlen der einfachen Y-Marke erreichen den Äquatorrand. Dieser besitzt eine ca. 0,005 mm breite Randcrassitude. Einige Exemplare zeigen keine Crassitude und sind damit mit den bei VOLKMER (1984) abgebildeten Exemplaren identisch.

Emphanisporites sp.

Taf. 2, Fig. 3

Beschreibung: Die 0,05 mm große, z.T. zerstörte Exine verfügt über einen subcirculären Äquatorumriß und eine deutliche Randcrassitude (0,005 mm breit). Die zum größten Teil zerstörte distale Polhemisphäre zeigt recht breite Radialfalten. Da die Apikalregion dieser Seite nicht erhalten ist, kann über die

Länge der Falten keine Aussage gemacht werden. Die Reste der Y-Marke kennzeichnen diese als einfach. Die proximale Seite ist dicht mit Granae (0,001 mm Durchmesser) besetzt.

Anmerkung: Die schlechte Erhaltung der Exine erlaubt nur eine sp.-Bestimmung.

Genus *Foveosporites* BALME 1957

Diagnose: Die Innenseite der Exoexine ist mit Kanälchen übersät, die ein netzartiges Muster bilden. Der Umriß der Sporen ist subcirculär.

Foveosporites sp.

Taf. 2, Fig. 4

Beschreibung: Die subcirculäre, 0,04 mm große azonotrilete Exine zeigt infolge von Korrosion einen unregelmäßigen Äquatorrand. Die Oberfläche der Spore ist mit schmalen Kanälchen (0,002 mm) übersät, die sich auf der Innenseite der Exoexine befinden und deshalb so gut sichtbar sind, weil ein großer Teil der distalen Polhemisphäre fehlt. Die Strahlen der Y-Marke erreichen den Sporenrand.

Genus *Brochotriletes* NAUMOVA 1939 emend. NAUMOVA 1953

Diagnose: Die Exinen sind mit mehr oder weniger zahlreichen Foveen versehen, die Durchmesser von 0,001 bis 0,005 mm zeigen. Der Umriß der Foveen ist rund. Das murornate Muster kann durch apiculate Skulpturelemente modifiziert sein.

Anmerkungen: Obwohl eine unveröffentlichte Kartei (freundlicherweise von Dr. G. SCHULTZ zur Verfügung gestellt), in der alle in der Literatur beschriebenen *Brochotriletes*-Arten zusammengestellt sind, vorhanden war, konnte keine Art bestimmt werden. Die im folgenden beschriebenen Sporen wurden daher zu Formtypen zusammengefaßt. Auf die Aufstellung von neuen Arten mußte wegen des schlechten Erhaltungszustandes, der nicht alle Merkmale klar erkennen läßt, und der z.T. geringen Anzahl der Exemplare (meist Einzelindividuen) verzichtet werden.

Brochotriletes sp. A

Taf. 2, Fig. 5, 6

Beschreibung: Die 0,06 bis 0,082 mm großen Exinen mit einem triangulären bis subtriangulären Umriß sind auf der distalen (?) Seite foveolat. Da eine Tetradenmarke nicht erkennbar ist, kann nur vermutet werden, daß es sich um die distale Seite handelt. Die 0,009 mm großen Foveen bedecken die Polhemisphäre recht dicht. Die Muri besitzen eine Breite von 0,002 bis 0,003 mm. Bei einem Exemplar (Fig. 12) sind die Muri noch mit kleinen Foveen (Durchmesser 0,002 mm) versehen. Die proximale (?) Hemisphäre verfügt über viele Granae, die Durchmesser von 0,001 mm besitzen. Der Äquatorrand der besser erhaltenen Exinen (s. Fig. 17) zeigt einen dünnen zonaähnlichen Saum, der maximal 0,006 mm breit ist.

Brochotriletes sp. B

Taf. 2, Fig. 7

Beschreibung: Die 0,06 bis 0,072 mm großen triangulären Sporen zeigen glatte Äquatorkonturen. Eine Polhemisphäre ist dicht mit Granae (Durchmesser 0,002 mm) besetzt. Die andere Exinenseite besitzt wenige große Foveen (0,015 mm), die um den Äquator herum orientiert sind. Die Oberfläche zwischen den Foveen ist laevigat. Eine Tetradenmarke läßt sich nicht erkennen. Die Sporen verfügen über einen dünnen, häutigen, zonaähnlichen Saum.

Brochotriletes sp. C

Taf. 2, Fig. 8

Beschreibung: Die 0,025 mm große, subtrianguläre Exine besitzt einen glatten Äquatorrand. Eine Polhemisphäre ist dicht mit kleinen Granae (0,001 mm) besetzt. Die andere Seite verfügt über, im Verhältnis zur Sporengröße, große Foveen (0,008 mm Durchmesser). Eine Dehisenzmarke konnte nicht nachgesehen werden.

6.1.2 Subturma Zonotriletes WALTZ 1935

6.1.2.1 Infraturma Cingulati POTONIE & KLAUS 1954 emend. DETTMANN 1963

Diagnose: Die Sporen sind von einem dunklen, äquatorialen Verstärkungsring (Cingulum) umgeben.

Genus *Stenozonotriletes* NAUMOVA 1953 emend. POTONIE 1958

Diagnose: Die Cingula der laevigaten Exinen ist 0,001 bis 0,005 mm breit. Der Äquatorumriß schwankt von circolär bis triangulär. Die Exinen können chagrinat strukturiert sein.

Stenozonotriletes conspersus NAUMOVA 1953

Taf. 2, Fig. 9

1960 *Stenozonotriletes conspersus* – TAUGOURDEAU-LANTZ: S. 146, Taf. 1, Fig. 16

1961 *Stenozonotriletes conspersus* – NEVES: S. 268

Diagnose: Das Cingulum ist 0,004 bis 0,008 mm breit. Die Sporen zeigen einen triangulären Äquatorumriß.

Beschreibung: Die um 0,05 mm großen, zonotrileten Sporen verfügen über ein deutliches Cingulum von 0,005 bis 0,006 mm Breite. Der Äquatorrand der triangulären Exinen ist glatt, und die Interradialia sind nach außen gebogen. Die Tetradenmarke befindet sich in 0,004 bis 0,005 breiten Tecta. Die Strahlen der Dehiszenzmarke erreichen den inneren Rand des Cingulums. Die Exinen sind nicht strukturiert oder skulptiert.

Anmerkungen: Die beschriebene Art ist bis auf die Größe völlig identisch mit *Stenozonotriletes triangulus* NEVES 1961 (nach NEVES 1961: 268). Die Art *triangulus* beinhaltet Sporen mit Durchmesser von ca. 0,07 mm, während die Exinen der Art *conspersus* mit einer Größe von ca. 0,05 mm deutlich kleiner sind.

Stenozonotriletes simplex NAUMOVA 1953

Taf. 2, Abb. 12

1971 *Stenozonotriletes simplex* – EDALAT: S. 33-34, Taf. 2, Fig. 7

1984 *Stenozonotriletes simplex* – VOLKMER: S. 41, Taf. 9, Fig. 7, 8

Diagnose: Das Cingulum hat eine Breite von 0,002 bis 0,003 mm. Die Äquatorkontur ist triangulär. Die Strahlen der einfachen leicht verstärkten Y-Marke erreichen den inneren Rand des Cingulums.

Beschreibung: Die zonotrilete 0,042 mm große Spore besitzt einen triangulären Umriß. Da das 0,003 mm breite Cingulum beschädigt ist, läßt sich der ehemals glatte Umriß nur noch an wenigen Stellen erkennen. Die Interradialia biegen sich nach außen. Die Strahlen der leicht verstärkten Y-Marke berühren den inneren Rand des Cingulums.

Stenozonotriletes clarus ISHCHENKO 1958

Taf. 2, Abb. 10

1962 *Stenozonotriletes clarus* – PLAYFORD: S. 607, Taf. 86, Fig. 4, 5

1967 *Stenozonotriletes clarus* – MORTIMER: Taf. 1, Fig. P

1968 *Stenozonotriletes clarus* – SCHULTZ: S. 32, Taf. 4, Fig. 5

1974 *Stenozonotriletes clarus* – EDALAT: S. 39

1976 *Stenozonotriletes clarus* – PLAYFORD: S. 4, Taf. 4, Figs. 3, 4

1984 *Stenozonotriletes clarus* – VOLKMER: S. 41, Taf. 10, Fig. 1, 2

Diagnose: Die Breite des Cingulums schwankt um 0,005 mm. Die Strahlen der Y-Marke können den inneren Rand des Cingulums erreichen. Der Umriß der Exinen ist triangulär.

Beschreibung: Die 0,05 mm großen Exinen wurden durch die Sedimentauflast deformiert. Der ursprünglich trianguläre Äquatorumriß mit breit gerundeten Dreiecksspitzen läßt sich jedoch noch erkennen. Das Cingulum besitzt eine Breite von 0,006 mm. Die Strahlen der Tetradenmarke erreichen den inneren Rand des Cingulums. Die Sporen zeigen eine deutliche Infrapunktierung (besonders Fig. 5).

Anmerkungen: Die verschiedenen Autoren handhaben die Größenvariation dieser Art unterschiedlich. Der Verfasser folgte den Angaben von VOLKMER (1984: 41).

Stenozonotriletes sp.

Taf. 2, Abb. 11

Beschreibung: Die stark beschädigten Exinen zeigen einen triangulären bis subtriangulären Äquatorumriß. Die Größe der zonotrileten Sporen schwankt um 0,08 mm. Das Cingulum besitzt eine Breite von 0,005 mm. Die Strahlen der Y-Marke, die sich in einem dunklen Apikalfeld befinden, erreichen eine Länge von $1/2 r$. Außerhalb des Cingulums und des Apikalfeldes ist die Exine deutlich infrapunctat.

Anmerkungen: Die Sporen haben, in Bezug auf die Apikalverstärkung, Ähnlichkeiten mit *St. recognitus* NAUMOVA 1953. Das Cingulum des hier beschriebenen Exemplares ist dafür jedoch zu breit, so daß das Exemplar der Art *St. clarus* ISHCENKO 1958 zuzuordnen wäre. Diese Form verfügt jedoch über keine Apikalverstärkung.

Da die Exemplare in der dem Verfasser benutzten Literatur nicht beschrieben sind, wurden die Sporen mit sp. bestimmt.

6.1.2.2 Infraturma Zonati POTONIE & KREMP 1954

Diagnose: Die Sporen sind von einem hellen Saum (Zona) umgeben. Die Breite der Zona schwankt. Der Saum kann einseitig oder beidseitig ausgebildet sein.

Genus *Hymenozonotriletes* POTONIE 1958

Diagnose: Die der Distalseite aufsitzende Zona ist als helles Perispor (0,005 bis 0,025 mm Breite) ausgebildet. Der Äquatorrand, der laevigaten oder apiculaten Exinen, ist triangulär bis circolär.

Hymenozonotriletes scorpius BALME & HASSEL 1962 emend. PLAYFORD 1976

Taf. 3, Fig. 1

*1962 *Hymenozonotriletes scorpius* BALME & HASSEL: S. 16, Taf. 3, Fig. 1-11

1974 *Hymenozonotriletes scorpius* – EDALAT: S. 41

1976 *Hymenozonotriletes scorpius* – PLAYFORD: S. 37-38, Taf. 7, Figs. 12-16

1984 *Hymenozonotriletes scorpius* – VOLKMER: S. 48, Taf. 11, Fig. 5

Diagnose: Auf der Exine treten distal und perisporal weitständige, hakenförmige Spinae auf. Die Zona ist schmal und die Y-Marke undeutlich.

Beschreibung: Die 0,03 mm große Spore verfügt über einen subtriangulären Äquatorumriß. Die z.T. korrodierte Zona besitzt eine Breite von 0,003 mm. Die Exine weist distalseitig und perisporal unregelmäßig weitständig verteilte, hakenförmige, 0,002 mm lange Spinae auf. Eine Tetradenmarke konnte nicht ausgemacht werden. Der Zentralkörper zeigt eine deutliche Randcrassitude.

Anmerkungen: Die neu definierte Diagnose von PLAYFORD (1976: 37-38) enthält Formen mit Durchmesser von 0,075 bis 0,105 mm. VOLKMER (1984: 48) beschreibt deutlich kleinere Exemplare (0,04-0,05 mm), die 0,003 mm große Spinae besitzen. Die vom Verfasser beschriebene Spore ist mit einem Durchmesser von 0,03 mm noch kleiner. Da die Exine jedoch die typischen hakenförmigen Spinae zeigt, wurde das Exemplar zu *H. scorpius* gestellt.

Hymenozonotriletes sp.

Taf. 3, Fig. 2

Beschreibung: Die 0,065 mm große zonotrilete Exine besitzt einen subtriangulären Äquatorumriß. Die zum größten Teil zerstörte Zona ist 0,008 mm breit. Eine Y-Marke konnte nicht nachgewiesen werden. Der Zentralkörper der Spore verfügt über eine deutliche Randcrassitude.

Anmerkungen: Eine Spore mit diesen Merkmalen konnte der Verfasser in der vorhandenen Literatur nicht finden, deshalb wurde eine sp. Bestimmung vorgenommen.

6.1.3 Incertae sedis

Genus *Ancyrospora* RICHARDSON 1960 emend. RICHARDSON 1962

Diagnose: Die Sporen verfügen über einen unvollständigen hellen Äquatorsaum (Pseudozona). Vor allem der Äquatorbereich besitzt an den Spitzen ankerförmige Spinae.

Ancyrospora sp.

Beschreibung: Die 0,136 mm große, z.T. noch opake Spore zeigt einen unregelmäßigen Äquatorrand. Stellenweise läßt sich noch eine Pseudozona erkennen. Um den Äquator angeordnet finden sich bis 0,02 mm lange, an der Basis 0,006 mm breite Spinae, die, soweit sichtbar, keine bifurkaten Spitzen besitzen. Im Zentrum der Exine ist undeutlich eine Tetradenmarke erkennbar.

6.2 Acritarcha

Die systematische Gliederung der Acritarchen ist nach wie vor unsicher. Dies liegt an der schlechten Erkennbarkeit einiger Merkmale. So stellten z.B. TIWARI & SCHAARSCHMIDT (1975: 47) die Gattung *Leiosphaeridia* EISENACK 1958 emend. DOWNIE & SARJEANT 1963 zu den Sporen, obwohl Eisenack (1958: 13) den Acritarchen-Charakter ausführlich betont und begründet.

In dieser Arbeit wird der Einteilung von EISENACK 1979 (zit. in AMIRIE 1984:13) gefolgt. EISENACK unterteilt die Acritarchen nach morphologischen Gesichtspunkten in drei Großgruppen. Die folgende Einteilung gibt die Verteilung der Gattungen innerhalb der Gruppen wieder.

a) *Sphaeromopitae Dictyotidium*

EISENACK 1955 emend. STAPLIN 1961 *Leiosphaeridia* EISENACK 1958
emend. DOWNIE & SARJEANT 1963

Lophosphaeridium TIMONEEV 1959 ex DOWNIE emend. LISTER 1970

Tasmanites NEWTON 1875

b) *Non-Acanthomorphitae*

keine

c) *Acanthomorphitae*

keine

Die im folgenden beschriebenen Gattungen sind, entsprechend dem Vorschlag von EISENACK (1973), in alphabetischer Reihenfolge geordnet.

Genus *Dictyotidium* EISENACK 1951 emend. STAPLIN 1961

Diagnose: Sphärische, hohle Kapseln mit einer einheitlichen reticularen Skulptur. Die Muri sind niedrig und die Lacunen polygonal. Die Oberfläche der Lacunen kann skulptiert sein. Der Äquatorrand erscheint unregelmäßig gezähnt.

Dictyotidium polygonum STAPLIN 1961

Taf. 3, Fig. 3

*1961 *Dictyotidium polygonum* STAPLIN: S. 417, Taf. 49, Fig. 14

1977 *Dictyotidium variatum* PLAYFORD: S. 18-19, Taf. 5, Fig. 2-4; Taf. 6, Fig. 1-6

1984 *Dictyotidium variatum* – AMIRIE: S. 23-24, Taf. 3, Fig. 1, 2

Diagnose: Die Oberfläche der Kapsel ist dicht mit einem feinen Reticulum besetzt. Die Lacunen sind winklig bis schwach gerundet polygonal. Ihr Durchmesser reicht von 0,001-0,004 mm. Die Kapselwand ist psilat oder granulat.

Beschreibung: Die subcirculären Kapseln besitzen ein die ganze Oberfläche überziehendes Reticulum. Die Muri sind ca. 0,005 mm breit und hoch. Die Lacunen zeigen winklig polygonale Formen mit Durchmessern um 0,003 mm. Im Zentrum jeder Lacune befindet sich eine Papille (ca. 0,0005 mm). Wie

weit diese aus der Oberfläche herausragt, konnte mit lichtmikroskopischen Mitteln nicht herausgefunden werden.

Anmerkungen: PLAYFORD (1977: 19) vergleicht u.a. seine neue *D. variatum* mit *D. polygonum* STAPLIN (1961: S. 417), die sich von *D. variatum* durch eine Papille im Zentrum der Lacunen unterscheiden soll. Einige dervon PLAYFORD (1977) abgebildeten Exemplare (Taf. 5, Fig. 2-4; Taf. 6, Fig. 1-6) besitzen ebenfalls eine Papille. Da *D. polygonum* mit einer Größenvariation von 0,027-0,031 mm innerhalb der von *D. variatum* (0,025 bis 0,062 mm) liegt, erscheint dem Verfasser die Abgrenzung der beiden Arten sehr fragwürdig. Die genannten Arten werden deshalb hier als Synonyme verwendet, wobei *D. polygonum* Priorität besitzt.

Dictyotidium sp.

Taf. 3, Fig. 4

Beschreibung: Die mit 0,096 mm Durchmesser recht große sphärische Kapsel ist z.T. noch opak. Die Oberfläche besitzt, soweit erkennbar, ein bienenwabenförmiges Reticulum. Die Muri zeigen eine Breite von 0,002 mm. Die sechseckigen Lacunen haben Durchmesser von 0,006 mm; in der Mitte jeder Lacune sitzt eine 0,002 mm große Papille. Die Kapsel ist von einem granulaten, perisporartigen (?), nur noch in Relikten vorhandenen Überzug umgeben, der das Reticulum völlig überdeckt.

Anmerkungen: Eine Kapsel mit diesen Merkmalen konnte in der vorhandenen Literatur nicht aufgefunden werden, deshalb wurde eine sp. Bestimmung vorgenommen.

Genus *Leiosphaeridia* EISENACK 1958 emend. DOWNIE & SARJEANT 1963

Diagnose: Es handelt sich um sphärische bis elliptische Kapseln unterschiedlicher Größe. Die Formen sind oft verfaltet oder aufgeplatzt, sehr dünnwandig, ungefeldert und ohne Wandporen. Die Oberflächen sind glatt, seltener feingranulat oder granulat. Die Kapseln besitzen keine Rillen oder Ringe, und Phylome lassen sich nur sehr selten beobachten.

Leiosphaeridia laevigata STOCKMANN & WILLIERE 1963

Taf. 3, Fig. 5

1984 *Leiosphaeridia laevigata* – AMIRIE: S. 31, Taf. 4, Fig. 10-12

Diagnose: Sphärische Kapseln mit unregelmäßigen Umrissen und glatten, porenlosen Wandungen, die oft verfaltet sind.

Beschreibung: Die 0,04 bis 0,045 mm großen, sphärischen Kapseln zeigen einen unregelmäßigen Umriß. Die Exemplare mit ihren dünnen, glatten, porenlosen Wandungen sind verfaltet. Die Falten erscheinen dunkel (dicker).

Leiosphaeridia sp. Typ A TIWARI & SCHAARSCHMIDT

Taf. 3, Fig. 6

1975 *Leiosphaeridia* sp. Typ A TIWARI & SCHAARSCHMIDT: S. 48, Taf. 29, Fig. 2-5

Diagnose: Sphärische Kapseln mit einer Größenvariation von 0,016 bis 0,08 mm. Die größten Exemplare sind häufig aufgeplatzt. Die Wandung ist dünn und sehr fein strukturiert oder zeigt eine irreguläre Blasenstruktur.

Beschreibung: Die Größenvariation der vorliegenden Exemplare reicht von 0,028 bis 0,045 mm. Die untersuchten Kapseln sind aufgeplatzt oder ein Teil der Wandung fehlt (Fig. 14). Eine weitere Beschreibung der merkmalsarmen Exemplare unterbleibt, da die Diagnose die Merkmale enthält.

Genus *Lophosphaeridium* TIMOFEEV 1959 emend. LISTER 1970

Diagnose: Die sphärischen bis ovalen Kapseln sind mit kleinen granulaten, echinaten, verrucaten oder bacculaten Skulpturelementen mehr oder weniger dicht besetzt.

Lophosphaeridium cryptogranulosum (STAPLIN 1961) DOWNIE 1963

Taf. 3, Abb. 9

*1961 *Protoleiosphaeridium cryptogranulosum* STAPLIN: S. 407, Taf. 48, Fig. 7

1963 *Lophosphaeridium cryptogranulosum* DOWNIE: S. 630

1984 *Lophosphaeridium cryptogranulosum* AMIRIE: S. 34, Taf. 5, Fig. 7, 8

Diagnose: Die kugeligen Kapseln besitzen auf ihren Oberflächen dicht angeordnete, feine Verrucae, die lichtmikroskopisch nicht klar erkennbar sind. Die Verrucae stehen unterschiedlich dicht.

Beschreibung: Die 0,011 bis 0,025 mm großen, sphärischen, dünnwandigen Kapseln sind sehr dicht mit verrucaten Elementen besetzt, die Durchmesser von ca. 0,005 mm besitzen.

Lophosphaeridium sp.

Beschreibung: Die ca. 0,025 mm großen, dünnwandigen, ovalen Kapseln sind dicht mit ca. 0,0005 mm großen Verrucae besetzt.

Anmerkungen: Bis auf den Umriß sind diese Exemplare völlig mit *L. cryptogranulosum* STAPLIN identisch. Da der Äquatorumriß nicht übereinstimmt und mit der zur Verfügung stehenden Literatur keine Art-diagnose gelang, wurde eine sp. Bestimmung durchgeführt.

Genus *Tasmanites* NEWTON 1875

Diagnose: Die sphärischen Hohlkapseln, die keine Anhänge besitzen, sind oft zusammengepreßt oder weisen Falten auf. Die Kapseln sind recht dickwandig und porig. Ferner treten feine, gerade verlaufende Radialkanäle auf.

Kleine Kapseln sind dünnwandig und von Leiosphaeridien nicht zu unterscheiden!

Tasmanites sinuosus WINSLOW 1962

Taf. 3, Fig. 7

1984 *Tasmanites sinuosus* – AMIRIE: S. 66-67, Taf. 13, Fig. 3-6

Diagnose: Die unregelmäßigen Umrisse der sphärischen bis ovalen Kapseln sind glatt. Die Exemplare liegen flachgedrückt und häufig verfältelt vor. Die Oberfläche ist mit punctatae-ähnlichen Strukturen versehen, die mit „Radialkanälen“ in Verbindung stehen.

Beschreibung: Die nur zur Hälfte (0,009 mm) vorliegende Kapsel besitzt eine Gesamtgröße von 0,18 mm. Die ovale, stark verfaltete Form verfügt über feine punctatae-ähnliche Strukturen, die mit den zahlreich vorkommenden „Radialkanälen“ in Verbindung stehen. Die Wandungen sind ca. 0,01 mm dick.

Tasmanites sp. A.

Taf. 3, Fig. 8

Beschreibung: Die 0,032 mm große, ovale Kapsel verfügt über einen glatten Rand und eine glatte Oberfläche, in der sich verzweigende Kanäle befinden, die jedoch nicht radial verlaufen.

Anmerkungen: Kapseln mit diesen Merkmalen konnten in der vorhandenen Literatur nicht nachgewiesen werden, deshalb führte der Verfasser eine sp. Bestimmung durch.

Tasmanites ? sp. B

Taf. 3, Fig. 10

Beschreibung: Die 0,045 bis 0,061 mm großen ovalen Kapseln sind feingranulat. Die Umrisse sind glatt. Die unregelmäßige Zähnelung der Fig. 17 und 19 wird durch Korrosion hervorgerufen. Ein Exemplar (Fig. 17) besitzt zwei Phylome.

Anmerkungen: Die geringe Größe der Kapseln und das Fehlen von „Radialkanälen“ lassen eine Zuordnung zum Genus *Tasmanites* nicht sicher zu (s.o. Gattungsdiagnose). Die Zuordnung geschah rein willkürlich.

7.0 Deutung der Ergebnisse

Aus den Schwarzschieferzwischenlagen der Quarzite der Raumländer Schichten konnten eine Sporen- und eine Acritarchenassoziation isoliert werden. Eine weitere Aufteilung in mehrere Assoziationen erwies sich als wenig sinnvoll, da viele Exemplare Einzelfunde sind und somit keine Reichweite im Profil besitzen.

7.1 Sporen

Eine mitteldevonische Sporenassoziation gibt sich nach TSCHUDY & SCOTT (1969: 199) u.a. durch Sporen mit großen Durchmessern (0,2 bis 0,5 mm) zu erkennen. Ferner sind pseudosaccate und zonate Formen mit einer groben Skulpturierung durch zahlreiche Formen vertreten. Viele Sporen besitzen auch bifurcate Fortsätze (vergl. RICHARDSON 1962).

Um so überraschender fielen die Ergebnisse der Sporenanalyse dieser Arbeit aus. Die geringe durchschnittliche Größe der Sporen (vgl. Abb. 5) ist eigentlich typisch für das Unterdevon. Lediglich der geringe Anteil an einfachen laevigaten und schwach skulptierten Formen zeichnet die Assoziation als mitteldevonisch aus. Der Anteil der zonaten Formen, die im Mitteldevon häufig vorkommen, ist sehr gering.

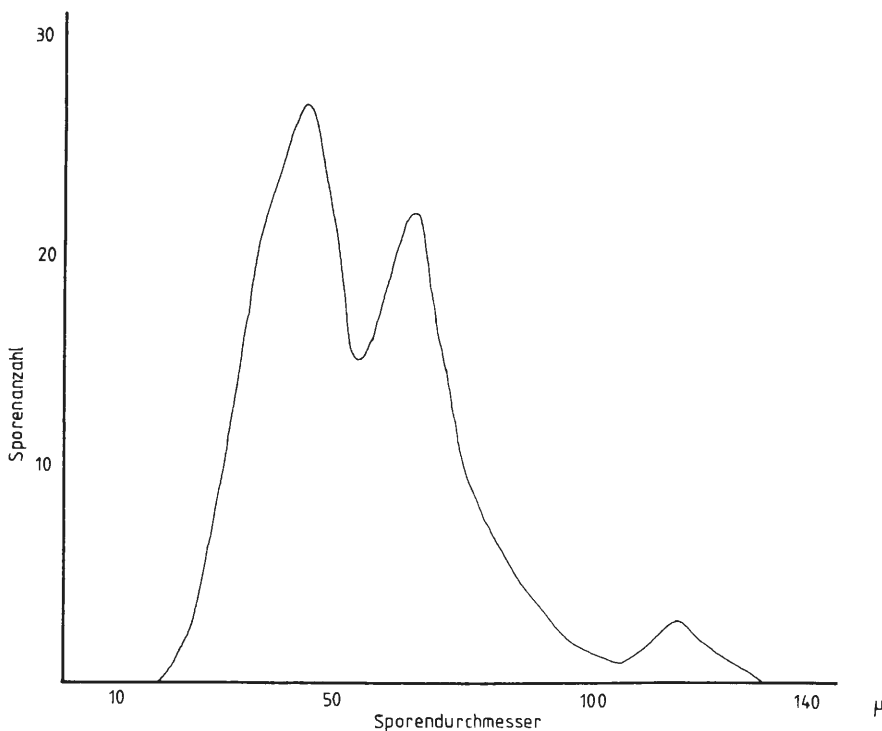


Abb. 5: Verteilung der Sporendurchmesser: Es wurden 99 Sporen ausgemessen.

Typische Leitfossilien (vgl. die Zusammenstellung von MCGREGOR 1979) konnten nicht nachgewiesen werden, deshalb war die in der Wittgensteiner Mulde bisher nicht festgelegte Grenze Eifel/Givet mit Hilfe von Sporen nicht zu fixieren. Dies erklärt sich durch das Fehlen von typischen mitteldevonischen Großsporen.

Die in Teil 1 dieser Arbeit beschriebenen paläogeographischen und faziellen Gegebenheiten des Sedimentationsraumes sollen zur Erklärung der Befunde herangezogen werden. Da der Ablagerungsraum im herzynischen Faziesbereich liegt, befindet sich das Festland (der Old Red Kontinent) und damit der Herkunftsort der Sporen in relativ weiter Entfernung vom Untersuchungsgebiet. Die Sporen wurden durch Wind eingeweht oder gelangten mit den Turbiditen in die Tiefsee. Der Wind war offenbar nicht in der Lage

die Megasporen ($> 0,2$ mm) vom Old Red Festland in das Untersuchungsgebiet zu befördern, so daß es zu einer Anreicherung von kleinen, durch den Wind leichter transportierbaren Sporen kam. Die wenigen Fragmente, die auf das Vorhandensein von Megasporen schließen lassen, könnten durch die Turbidite in die Tiefsee gelangt sein, womit auch ihre schlechte Erhaltung erklärt wäre.

Die Exinen wurden mit zunehmender Sedimentauflast zusammengedrückt und verfaltet. Das H_2S -Milieu und die Schwefelbakterien sorgten für Pyritbildungen in den Exinenwänden und damit für eine Zerstörung vieler Sporen.

7.2 Acritarchen

Im Unterschied zu den eingewehten und eingeschwemmten Sporen handelt es sich bei den Acritarchen, die als Phytoplankton angesehen werden (vgl. z.B. WALL 1960, TAPPAN 1968, Downie 1973), um autochthone Elemente, die die photische Zone der Meere besiedelten. WALL (1960) konnte die Gattung *Tasmanites* NEWTON 1875 der rezenten Grünalge *Pachyspaera pelagica* OSTENFELD 1899 zuordnen.

Während LEGAULT (1973) und PLAYFORD (1977) aus mitteldevonischen und AMIRIE (1984) aus oberdevonischen Flachwasserablagerungen eine artenreiche Phytoplanktonassoziation beschreiben, konnte in der Eifel-Stufe der Wittgensteiner Mulde nur eine gattungs- und artenarme Vergesellschaftung isoliert werden, deren Elemente eine durchschnittliche Größe von $0,03$ mm zeigen. Diese beinhaltet nur Formen einer der drei Acritarchengroßgruppen, der Sphaeromorphitae. Die meisten Arten kommen zudem nur in wenigen Exemplaren vor. Lediglich *Lophospaeridium cryptogranulosum* (STAPLIN 1961) DOWNIE 1963 bildet durch seine Häufigkeit eine Ausnahme. Eine diagenetische Zerstörung von bestimmten Formen kann als Ursache der spärlichen Überlieferung ausgeschlossen werden, da die extrem dünnen Leiosphaeridien erhalten sind. An der Verwendung eines $0,025$ mm Siebes kann es ebenfalls nicht liegen, da einerseits viele Individuen größer als die Maschenweite des Siebes sind und andererseits die kleinen Arten infolge der Adhäsionskraft der Tone nicht völlig ausgewaschen sein können. (z.B. *Lophospaeridium cryptogranulosum*).

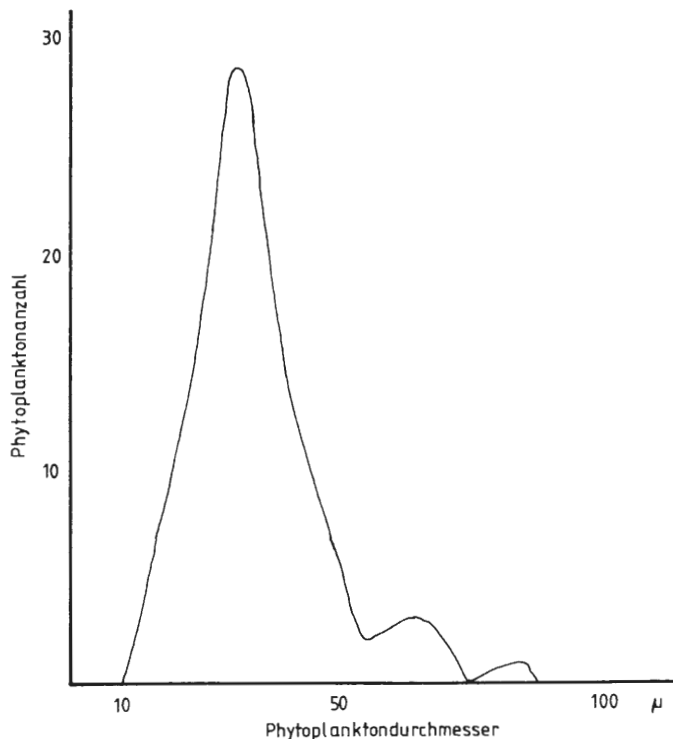


Abb. 6: Verteilung der Phytoplanktondurchmesser: Die Acritarchenverteilung zeigt eine Glockenkurve zu deren Erstellung 41 Acritarchen ausgemessen wurden.

Die Ursache für das Auftreten nur einer Acritarchengroßgruppe muß demnach anders begründet sein. Neben der Temperatur, die einen entscheidenden Einfluß auf die Phytoplanktonvergesellschaftung hat, spielen auch ozeanographische Gegebenheiten eine Rolle. Der Faktor Temperatur kann in unserem Fall ausgeschlossen werden, da die Arbeitsgebiete (die, der o.g. Autoren und des Verfassers) im Devon in einem subtropischen Bereich lagen (WITZKE 1979: 114). Der saisonale Temperaturwechsel, der in der Acritarchensystematik völlig unberücksichtigt ist, wird hierbei nicht erfaßt. Der entscheidende Einfluß kommt der Paläoozeanographie zu. So zeigt rezent z.B. der ozeanische Bereich eine völlig andere Phytoplanktonassoziation als der neritische (DREBES 1974: 1). Beide Bereiche können jeweils nur von speziell angepaßten Formen besiedelt werden, denn der ozeanische Bereich ermöglicht dem Phytoplankton keinerlei Kontakt zum Meeresboden, so daß die Formen holoplanktisch (d.h. permanent pelagisch) sein müssen. In den Flachmeeren existieren dagegen Meroplankter, die einen Teil ihrer Lebensphase am Meeresgrund verbringen (DREBES 1974: 1).

Diese Ausführungen lassen sich auf die devonischen Verhältnisse sehr gut übertragen. Dem ozeanischen Bereich entspricht die Herzynische Fazies, deren Phytoplankton holoplanktisch lebte, während der neritische Bereich der Rheinischen Fazies zuzuordnen ist. Damit ist auch eine Erklärung für das völlige Fehlen der Acanthomorphytae und Non-Acanthomorphytae gefunden, die nach den Ergebnissen dieser Arbeit ausschließlich der neritischen Fazies vorbehalten sind. Dagegen sind die Sphaeromorphytae hauptsächlich den ozeanischen Gebieten vorbehalten. Die Tatsache, daß die in dieser Arbeit vorgestellten Formen auch in den von den o.g. Autoren bearbeiteten Flachwasserablagerungen vorkommen, widerspricht der Interpretation nicht, da diese Acritarchen verfrachtet sein können. Außerdem wird die Grenze der Lebensbereiche der Holoplankter und Meroplankter nicht scharf sein, denn Holoplankter können auch im flachen Wasser existieren. Die Meroplankter hingegen finden im tieferen Wasser keine längere Überlebensemöglichkeit, da sie in einem ontogenetischen Stadium den Meeresboden benötigen.

Mit dieser Faziesabhängigkeit des Phytoplanktons könnte die Geosynklinale in Schwellen und Teilbecken gegliedert werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch die generelle Gültigkeit des entwickelten Faziesmodells. Weiterführende Untersuchungen scheinen hier noch interessante Ergebnisse erbringen zu können.

8.0 Literaturverzeichnis

- ALLEN, K. C. (1965): Lower and Middle Devonian spores of North and Central Vestspitzbergen. – *Palaeontology*, **8** (4): 687-748, Pl. 94-108; London.
- ,– (1967): Spore assemblages and their stratigraphic application in the Lower and Middle Devonian of North and Central Vestspitzbergen. – *Palaeontology*, **10**: 280-297, 4 Figs., London.
- ,– (1972): Devonian megaspores from east Greenland: their bearing on the development of certain trends. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* **14**: 7-17, 3 Figs., 2 Pl., Amsterdam.
- AMIRIE, Ch. H. B. (1984): Phytoplankton aus dem Frasn des Bergischen Landes, Rhein. Schiefergeb. – Sonderveröffentl. des Geol. Inst. Köln, **49**: 99 S., 5 Tab., 16 Taf., Köln.
- BALME, B. E. & HASSEL, C. W. (1962): Upper Devonian spores from the Canning Basin, Western Australia. – *Micropalaeontology*, **8** (1): 1-28, 5 Pl., New York.
- BUTTERWORTH, M. A. & SPINNER, E. (1967): Lower Carboniferous spores from North-West-England. – *Palaeontology*, **10**: 1-24, Pl. 1-5; London.
- CHALOSNER, W. G. (1963): Early Devonian spores from a borehole in Southern England. – *Grana Palynol.*, **4** (1): 100-11, 12 Figs.; Amsterdam.
- ,– (1967): Spores and land plant evolution. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **1**: 83-93, 4 Figs., Amsterdam.
- D'ERCEVILLE, M. A. (1979): Les spores des formations Siluro-Devoniennes de la coup de St. Pierre sur Erve (Synclorium median amricain). – *Palaeontographica*, **171**: 79-121, 16 Figs., 16 Tab., 7 Pl.; Stuttgart.
- DOWNIE, C. (1963): „Hystriochsheres“ (Acritarchs) and spores of the Wenlock Shales (Silurian) of Wenlock, England. – *Palaeontology* **6**: 625-652, London.
- ,– (1979): Devonian acritarchs. – *Spec. Pap. in Palaeont.*, **23**: 185-188, 2 Figs., London.

- DREBES, G. (1974): *Marines Phytoplankton*. – 186 S., 151 Abb.; Stuttgart.
- EDALAT, B. (1971): *Zur Geologie des Raumes Ruppichtroth und Sporenverteilung in dem Unteren Buntschiefer (U. Ems)*. – (unveröffentl. Diplomarbeit): 41 S., 16 Abb., 2 Taf.; Köln.
- ,– (1974): *Sporenvergesellschaftungen und Acritarchen aus dem Unterdevon (Ems) des südlichen Bergischen Landes*. – Sonderveröffentl. Geol. Inst. Köln, **24**: 75 S., 10 Abb., 3 Taf., Köln.
- EISENACK, A. (1958): *Tasmanites* Newton 1878 und *Leiosphaeridia* n.g. als Gattungen der Hystrichosphaeridea. – *Palaeontographica A*, **110**: 1-19, 3 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- ,– (1965): *Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphaeren, und verwandte Mikrofossilien*, Bd. 1. – 888 S., 9 Taf.; Stuttgart.
- ,– (1971): *Die Mikrofauna der Ostseekalke (Ordovizium)*. – *N. Jb. Geol. Palaeont. Abh.*, **137** (3): 337-357, 61 Abb.; Stuttgart.
- ,– (1973): *Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphaeren, und verwandten Mikrofossilien*, Bd. 3. – 1104 S.; Stuttgart.
- ,– (1974): *Beiträge zur Acritarchen-Forschung*. – *N. Jb. Geol. Palaeont. Abh.*, **147** (3): 269-293, 50 Abb., Stuttgart.
- ,– (1976): *Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphaeren, und verwandten Mikrofossilien*, Bd. 4. – 863 S.; Stuttgart.
- FELIX, C. J. (1965): *Neogene Tasmanites and Leiosphaeres from Southern Louisiana, USA*. – *Palaeontology*, **8** (1): 16-26, Pl. 5-8; London.
- GRAY, J., MASSA, D. & BOUCOT, A. J. (1982): *Caradocian land plant microfossils from Libya*. – *Geology*, **10**: 197-201, 10 Figs.; Boulder.
- GRIGNANI, D. (1967): *Paleozoic spores and triassic pollen grains from some Tunesian well samples*. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **1**: 151-159, 2 Pl., Amsterdam.
- HAMID, M. E. P. (1974): *Sporenvergesellschaftungen aus dem unteren Mitteldevon (Eifel) des Südl. Bergischen Landes (Rhein. Schiefergeb.)*. – *N. Jb. Palaeont. Abh.*, **147**: 163-217, 10 Abb., Stuttgart.
- HECKEL, P. H. & WITZKE, B. J. (1979): *Devonian world palaeogeography determined from Distribution of carbonates and related lithic palaeoclimatic indicators*. – *Spec. Pap. Palaeont.*, **23**: 99-123, 8 Figs., London.
- HORST, U. (1955): *Die Sporae Dispersae des Namurs von Westoberschlesien und Mährisch-Ostrau*. – *Palaeontographica*, **B 98**: 137-236, 7 Abb., Taf. 17-25., 1 Beil.; Stuttgart.
- HUGHES, N. F. & PLAYFORD, G. (1961): *Palynological reconnaissance of the Lower Carboniferous of Spitsbergen*. – *Micropalaeontology*, **7**: 27-44, New York.
- KAISER, H. (1970): *Die Oberdevonflora der Bäreninsel, 3. Mikroflora des höheren Oberdevon und des Unterkarbons*. – *Palaeontographica*, **B 129**: 71-124, 35 Abb., Taf. 16-25, 1 Beil.; Stuttgart.
- ,– (1971): *Die Oberdevonflora der Bäreninsel, 4. Mikroflora der Misery-Serie und der flözleeren Sandstein-Serie*. – *Palaeontographica*, **B 135**: 127-164, 41 Abb., 11 Taf.; Stuttgart.
- KUMMEL, B. & RAUP, S. (1965): *Handbook of Paleontological Techniques*. – 852 S.; San Francisco.
- LEGAULT, J. A. (1972): *Chitinozoa and Acritarcha of the Hamilton Formation (Middle Devonian) Southwestern Ontario*. – *Bull. Geol. Sur. Canada*, **221**: 1-103, 7 Figs., 3 Tab., 13 Pl., Ottawa.
- LELE, K. M. (1972): *Observations on Middle Devonian Microfossils from the Barrandian basin, Czechoslovakia*. – *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **14**: 129-134, 1 Tab., Amsterdam.
- MCGREGOR, D. C. (1960a): *Spores with proximal radial pattern from the Devonian of Canada*. – *Bull. Geol. Surv. Canada*, **76**: 1-12, 1 Pl., Ottawa.
- ,– (1960b): *Devonian spores from Melville Island, Canadian Arctic Archipelago*. – *Palaeontology*, **3** (1): 26-44, Pl. 11-13; London.

- ,– (1964): Devonian Miospores from the Ghost River Formation, Alberta. – Bull. Geol. Surv. Canada, **109**: 1-35, 4 Figs., 1 Tab., 2 Pl., Ottawa.
- ,– (1967): Composition and range of some Devonian spore assemblages of Canada. – Rev. Palaeobot. Palynol., **1**: 173-183, 3 Fig., 1 Pl., Amsterdam.
- ,– (1973): Lower and Middle Devonian spores of Eastern Gaspé, Canada. I. Systematics. – Palaeontographica, **B142**: 1-77, 38 Abb., 9 Taf.; Stuttgart.
- ,– (1976): Upper Silurian (?) to Middle Devonian spores of the Moose River Basin, Ontario. – Geol. Surv. of Canada Bull, **263**: 1-47, 27 Figs., 8 Pl., Ottawa.
- ,– (1979): Spores in Devonian stratigraphical correlation. – Spec. Pap. in Palaeont., **23**: 163-184, 13 Figs., London.
- MENENDEZ, C. A. & DE BALDIS, E. D. P. (1967): Devonian spores from Paraguay. – Rev. Palaeobot. Palynol., **1**: 161-172, 2 Pl.; Amsterdam.
- MORTIMER, M. G. (1967): Some Lower Devonian microfloras from Southern Britain. – Rev. Palaeobot. Palynol., **1**: 95-109, 3 Figs., 2 Pl.; Amsterdam.
- MORTIMER, M. G. & CHALONER, W. G. (1967): Devonian megaspores from the Wyboston borehole, Bedfordshire, England. – Palaeontology, **10**: 189-213, Pl. 26-29, London.
- NEVES, R. (1961): Namurian plant spores from the Southern Pennines, England. – Palaeontology, **4**: 247-279, Pl. 30-34, London.
- NOREM, W. L. (1958): Keys for the classification of fossil spores and pollen. – J. Palaeont., **32**: 666-676, Tulsa.
- OWENS, B. (1971): Miospores from the Middle and early Upper Devonian rocks of the western Queen Elisabeth Islands, Arctic Archipelago. – Pap. Geol. Surv. Canada, **70**: 157 S., 28 Pl., Ottawa.
- PITRAT, c. W. (1970): Phytoplankton and the late Paleozoic wave of extinction. – Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology, **8**: 49-55, 1 Tab., Amsterdam.
- PLAYFORD, G. (1962a): Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen, Part 1. – Palaeontology, **5** (3): 550-618, Pl. 78-87; London.
- ,– (1962b): Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen, Part 2. – Palaeontology, **5** (4): 619-678, Pl. 88-95, London.
- ,– (1976): Plant microfossils from the Upper Devonian and Lower Carboniferous of the Canning Basin, Western Australia. – Palaeontographica, **B 158**: 71 S., 5 Abb., 3 Tab., 12 Taf., Stuttgart.
- ,– (1977): Lower to Middle Devonian acritarchs of the Moose River basin, Ontario. – Bull. Geol. Surv. Canada, **279**: 1-87, 16 Figs., 2 Tab., 20 Pl., Ottawa.
- POTONIÉ, R. (1934): Zur Morphologie der fossilen Pollen und Sporen. – Arb. Inst. Palaeobot. und Petr. Brennst. Preuß. Geol. LA. **4**: 1-24, 44 Abb., Berlin.
- ,– (1956): Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, Teil 1: Sporites. – Beih. Geol. Jb., **23**: 103 S., 11 Taf.; Hannover.
- ,– (1958): Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, Teil 2: Sporites. – Beih. Geol. Jb., **31**: 114 S., 9 Taf.; Hannover.
- ,– (1960): Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, Teil 3: Nachträge Sporites. – Beih. Geol. Jb., **39**: 189 S., 9 Taf.; Hannover.
- ,– (1966): Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, Teil 4: Nachträge zu allen Gruppen. – Beih. Geol. Jb., **72**: 244 S., 15 Taf., Hannover.
- ,– (1970): Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, Teil 5: Nachträge zu allen Gruppen. – Beih. Geol. Jb., **87**: 222 S., 24 Taf., Hannover.
- ,– (1973): Phylogenetische Sporologie. Wandel der Sporengestalt der höheren Pflanzen im Laufe der Erdgeschichte. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **22**: 142 S., 142 Abb., Krefeld.

- POTONIÉ, R. & KREMP, G. O. W. (1954): Die Gattungen der palaeozoischen Sporae dispersae und ihre Stratigraphie. – Geol. Jb., **69**: 111-194, 14 Taf., Hannover.
- ,– (1955): Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons, ihre Morphographie und Stratigraphie mit Ausblicken auf Arten anderer Gebiete und Zeitabschnitte, Teil 1. – Palaeontographica, B **98**: 136 S., 37 Abb., 1 Tab., 16 Taf., Stuttgart.
- ,– (1956a): Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons, ihre Morphographie und Stratigraphie mit Ausblicken auf Arten anderer Gebiete und Zeitabschnitte, Teil 2. – Palaeontographica, B **99**: 85-191, 51 Abb., 5 Taf., Stuttgart.
- ,– (1956b): Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons, ihre Morphographie und Stratigraphie mit Ausblicken auf Arten anderer Gebiete und Zeitabschnitte, Teil 3. – Palaeontographica, B **100**: 65-121, 3 Tab.; Stuttgart.
- RAVN, R. L. & FITZGERALD, D. J. (1982): A Morrowan (Upper Carboniferous) miospores flora from eastern Iowa, USA. – Palaeontographica, B **183**: 108-172, 4 Figs., 1 Tab., 13 Pl.; Stuttgart.
- RICHARDSON, J. B. (1960): Spores from the Middle Old Red Sandstone of Cromarty, Scotland. – Palaeontology, **3** (1): 45-63, Pl. 14; London.
- ,– (1962): Spores with bifurcate processes from the Middle Old Red Sandstone of Scotland. – Palaeontology, **5** (2): 94-171, Pl. 25-27; London.
- ,– (1965): Middle Old Red Sandstone spore assemblages from the Orcadian basin ,north-east Scotland'. – J. Palaeont., **7** (4): 559-605, Pl. 88-93, London.
- ,– (1967): Some British Lower Devonian spore assemblages and their stratigraphic significance. – Rev. Palaeobot. Palynol., **1**: 11-129, 1 Tab., 4 Pl., Amsterdam.
- RIEGEL, W. (1968): Die Mitteldevonflora von Lindlar (Rheinland), 2. Sporae dispersae. – Palaeontographica, B **123**: 76-96, Taf. 16-20; Stuttgart.
- ,– (1973): Sporenformen aus den Heisdorf-, Lauch-, Nohn-Schichten (Emsium u. Eifelium) der Eifel, Rheinland. – Palaeontographica, B **142**: 78-104, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 10-17; Stuttgart.
- ,– (1974): Phytoplankton from the Upper Emsian and Eifelian of the Rhineland, Germany – A preliminary report. – Rev. Palaeobot. Palynol., **18**: 29-39, 1 Fig., 1 Pl., Amsterdam.
- ,– (1977): Florenschnitt und Normalentwicklung in den Mikroflora des Unter- und Mitteldevons der Eifel. – N. dt. Geol. Ges., **17**: 70-71, Hannover.
- SCHOPF, J. M., WILSON, L. R. & BENTALL, R. (1944): An annotated synopsis of paleozoic fossil spore and the definition of generic groups. – State Geol. Surv., **91**: 5-73, 3 Pl., Urbana.
- SCHULTZ, G. (1968): Eine unterdevonische Mikroflora aus den Klerfer Schichten der Eifel (Rhein. Schiefergeb.). – Palaeontographica, B **123**: 5-42, 1 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.
- SCOTT, D. L. & ROUSE, G. E. (1961): Perforosporites, A new genus of plant spores from the Lower Devonian of Eastern Canada. – J. Paleont., **35** (5): 977-980, Pl. 111-114, Tulsa.
- STAPLIN, F. L. (1960): Upper Mississippian plant spores from the Galata Formation, Alberta, Canada. – Palaeontographica, B **107**: 1-40, 2 Figs., 1 Tab., 8 Pl.; Stuttgart.
- ,– (1961): Reef-controlled distribution of Devonian microplancton in Alberta. – Palaeontology, **4**: 392-424, 9 Figs., Pl. 48-51; London.
- STREEL, M. (1967): Association de spores du Devonien inferieur Belge et leur signification stratigraphique. – Ann. Soc. Geol. Belgique, **90** (1): 11-54, 3 Pl., Liege.
- ,– (1972): Dispersed spores associated with *Leclercqia complexa* BANKS, Bonama & GRIERSON from the late Middle Devonian of eastern New York State (USA). – Rev. Palaeobot. Palynol., **14**: 205-215, 1 Fig., 2 Pl.; Amsterdam.
- TAPPAN, H. (1968): Primary production, isotopes, extinction and the atmosphere. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **4**: 187-210, Amsterdam.
- ,– (1970): Phytoplankton abundance and Late Paleozoic extinction: a reply. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **8**: 56-66, 1 Tab., Amsterdam.

- TAUGOURDEAU-LANTZ, J. (1960): Sur la microflore du Frasnien inferieur de Beaulien (Boulonnais). – Rev. de Micro-pal., **3** (3): 144-154, 3 Pl., Paris.
- ,– (1967): Les spores du Frasnien du Bas-Boulonnais (France). – Rev. Palaeobot. Palynol, **1**: 131-139, 2 Figs., 1 Pl.; Amsterdam.
- THOMSON, P. W. (1952): Beitrag zur Kenntnis der Sporomorphenflora im Unter- und Mitteldevon. – Pal. Z., **25**: 155-159; Stuttgart.
- TILLMANN, W. (1968): Zur Sporenführung der obersten Siegener Schichten bei Unkelmühle (Eitorf/Sieg). – Sonderveröff. Geol. Inst. Köln, **33**: 81-90, 1 Abb., Köln.
- TIWARI, R. S. & SCHAARSCHMIDT, F. (1975): Palynological studies in the Lower and Middle Devonian of the Prüm Syncline, Eifel (Germany). – Abh. senkenb. naturforsch. Ges., **534**: 129 S., 37 Abb., 30 Taf.; Frankfurt/Main.
- TSCHUDY, R. H. & SCOTT, R. A. (1969): Aspects of Palynology. – 510 S.; New York.
- VIGRAN, J. (1964): Spores from Devonian deposits, Mimerdalen, Spitsbergen. – Norsk Polarinst., **132**: 1-32, Pl. 1-6; Oslo.
- VOLKMER, U. (1984): Palynologie des Unterdevons (Siegen-Ems) im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Sonderveröff. Geol. Inst. Köln, **54**: 131 S., 24 Abb., 14 Taf., Köln.
- WALL, D. (1969): Affinities of *Tasmanites* and *Leiosphaeridia*. – Geol. Mag., **99**: 352-363, 2 Figs., Pl. 17, London.
- WICANDER, E. R. (1975): Fluctuations in an Late Devonian – Early Mississippian phytoplankton flora of Ohio, USA. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **17**: 89-108, 9 Figs.; Amsterdam.
- WOHLFEIL, K. (1984): Eine Sporengesellschaft in Tonsteingeröllen aus dem Bereich der Island-Färöer-Schwelle (Nordatlantik) und ihre Bedeutung für die Dropstones aus dieser Region. – Münster, Forsch. Geol. Palaeont., **61**: 101-145, 4 Abb., 6 Taf.; Münster.

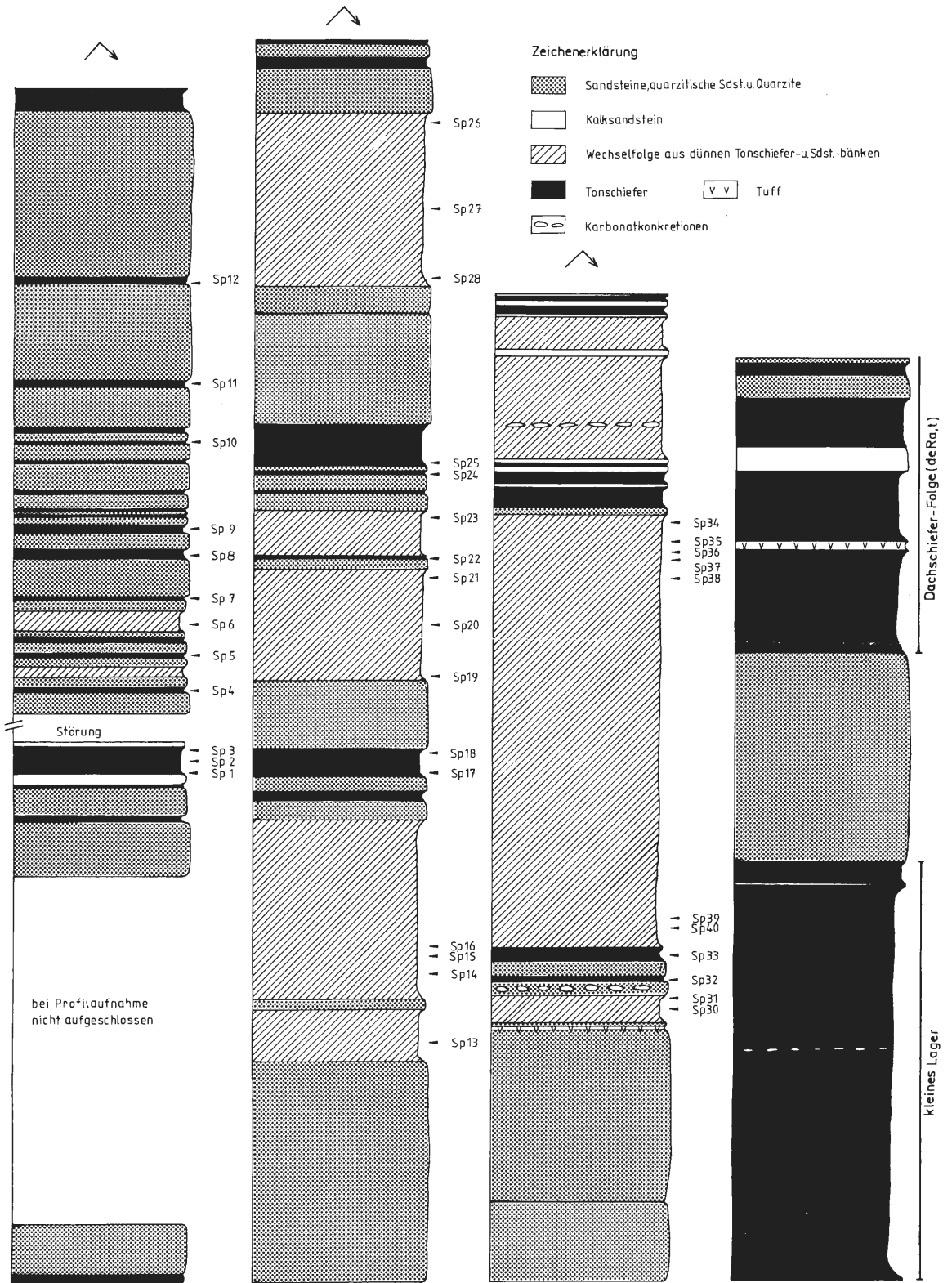
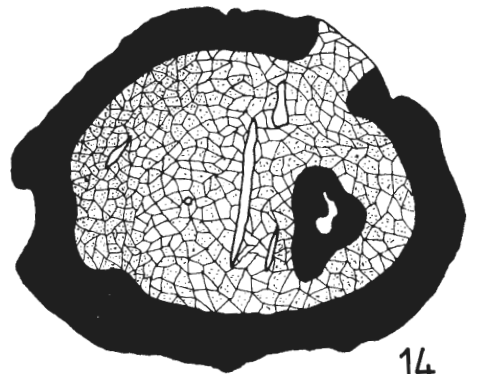
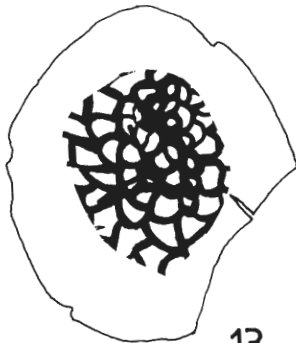
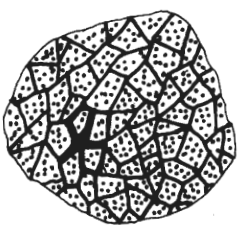
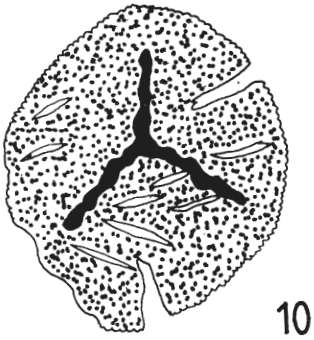
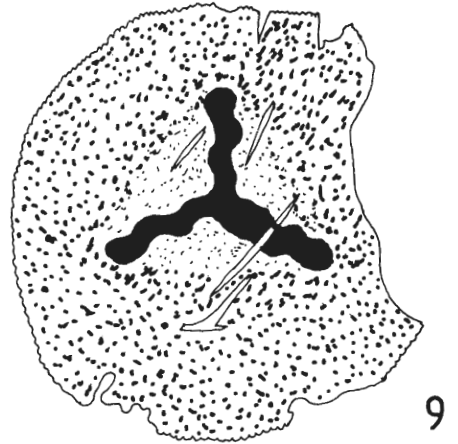
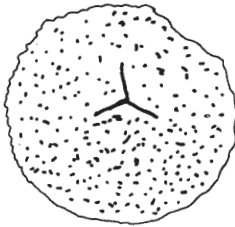
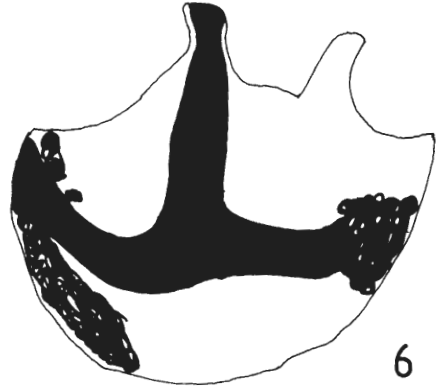
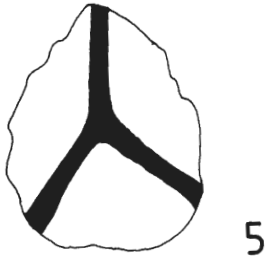
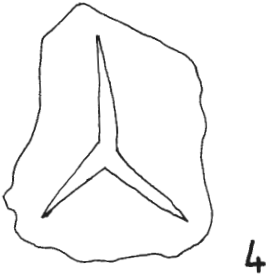
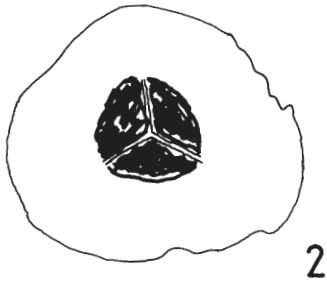


Tabelle 1 Probenentnahmepunkte im Unteren Quarzit (deRa,q₁)
 Lokalität: Stbr. Hillerberg - obere Abbauterrasse

TAFEL 1

- Fig. 1:** *Leiotriletes adnatoides* POTONIÉ & KREMP 1955 – Größe: 0,042 mm
- Fig. 2:** *Leiotriletes atavus* NAUMOVA 1953 – Größe: 0,052 mm
- Fig. 3:** *Leiotriletes dissimilis* MCGREGOR 1960 – Größe: 0,062 mm
- Fig. 4:** *Leiotriletes simplex* NAUMOVA 1953 – Größe: 0,03 mm
- Fig. 5:** *Leiotriletes ornatus* ISHCENKO 1956 – Größe: 0,04 mm
- Fig. 6:** ? *Leiotriletes* sp. – Größe: 0,056 mm
- Fig. 7:** *Punctatisporites minutus* KOSANKE 1950 – Größe: 0,07 mm
- Fig. 8:** *Cyclogranisporites parvulus* var *macroparvulus* STAPLIN 1960 – Größe: 0,04 mm
- Fig. 9:** *Cyclogranisporites flexuosus* PLAYFORD 1962 – Größe: 0,08 mm
- Fig. 10:** *Cyclogranisporites* cf. *flexuosus* STAPLIN 1962 – Größe: 0,063 mm
- Fig. 11:** *Cyclogranisporites* sp. – Größe: 0,042 mm
- Fig. 12:** *Dictyotriletes subgranifer* MCGREGOR – Größe: 0,048
- Fig. 13:** *Dictyotriletes nigratus* NAUMOVA 1953 – Größe: 0,08 mm
- Fig. 14:** *Dictyotriletes canadensis* MCGREGOR 1973 – Größe: 0,13 mm

Tafel 1



TAFEL 2

Fig. 1: *Emphanisporites rotatus* MCGREGOR 1961 emend. MCGREGOR 1973 – Größe: 0,035 mm

Fig. 2: *Emphanisporites robustus* MCGREGOR 1961 – Größe: 0,042 mm

Fig. 3: *Emphanisporites* sp. – Größe: 0,05 mm

Fig. 4: *Foveosporites* sp. – Größe: 0,04 mm

Fig. 5: *Brochotriletes* sp. A – Größe: 0,072 mm

Fig. 6: *Brochotriletes* sp. A – Größe: 0,085 mm

Fig. 7: *Brochotriletes* sp. B – Größe: 0,06 mm

Fig. 8: *Brochotriletes* sp. C – Größe: 0,03 mm

Fig. 9: *Stenozonotriletes conspersus* NAUMOVA 1953 – Größe: 0,05 mm

Fig. 10: *Stenozonotriletes clarus* ISHCENKO 1958 – Größe: 0,05 mm

Fig. 11: *Stenozonotriletes* sp. – Größe: 0,042 mm

Fig. 12: *Stenozonotriletes simplex* NAUMOVA 1953 – Größe: 0,052 mm

Tafel 2



1



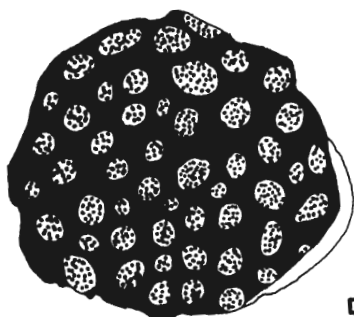
2



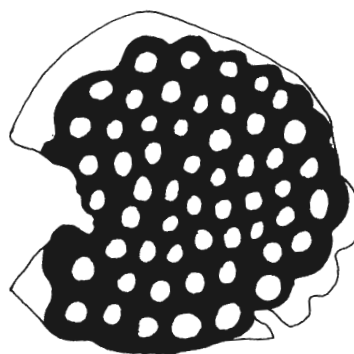
3



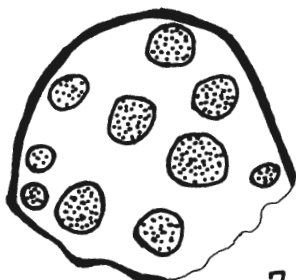
4



5



6



7



8



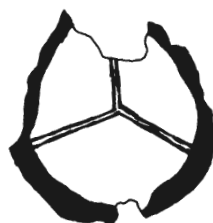
9



10



11



12

TAFEL 3

- Fig. 1:** *Hymenozonotriletes scorpius* BALME & HASSEL 1962 emend. PLAYFORD 1962 – Größe: 0,03 mm
- Fig. 2:** *Hymenozonotriletes* sp. – Größe: 0,065 mm
- Fig. 3:** *Dictyotidium polygonum* STAPLIN 1961 – Größe: 0,048 mm
- Fig. 4:** *Dictyotidium* sp. – Größe: 0,096 mm
- Fig. 5:** *Leiosphaeridia laevigata* STOCKMANN & WILLIERE 1963 – Größe: 0,05 mm
- Fig. 6:** *Leiosphaeridia* sp. A TIWARI & SCHAARSCHMIDT – Größe: 0,026 mm
- Fig. 7:** *Tasmanites sinuosus* WINSLOW 1962 – Größe des Fragments: 0,09 mm
- Fig. 8:** *Tasmanites* sp. A – Größe: 0,032 mm
- Fig. 9:** *Lophosphaeridium cryptogranulosum* (STAPLIN 1961) DOWNIE 1963 – Größe: 0,025 mm
- Fig. 10:** *Tasmanites* ? sp. B – Größe: 0,065 mm

Tafel 3

