

# ZOOLOGICA.



Original-Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben

von

**Carl Chun in Leipzig.**



Heft 58.

**Die Anatomie und Physiologie der Fusulinen.**

Von

**Hans v. Staff.**

Mit 2 Tafeln und 62 Textfiguren.



**STUTT GART.**

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Dr. Sproesser.

1910.

# Die Anatomie und Physiologie der Fusulinen.

Von

**Hans v. Staff.**

Mit 2 Tafeln und 62 Textfiguren.



**STUTT GART.**

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Dr. Sproesser.

1910.

---

---

—: Alle Rechte vorbehalten. :—

---

---

# Uebersicht des Inhaltes.

Einleitung 1—3.

## A. Vorbemerkungen.

### Zum äusseren Bilde der Fusulinen 4—6.

Speziesbestimmung auf Grund der Außenansicht fast stets unmöglich: 4. — Beispiele hierfür. — Nur der allen Spezies gemeinsame Grundplan erkennbar: 5—6. — Notwendigkeit der Anfertigung von Dünnschliffen: 6. —

### Zur Herstellung der Dünnschliffe 7—9.

Die beiden günstigsten Schlifflagen: 7. — Bezeichnungsweise der Schlifflagen: 7—8. — Einige praktische Winke zur Schleiftechnik: 8. — Die Dicke der Dünnschliffe und ihre Messung: 8—9. — Ätzen der Schliffe. — Projektion der Mikrophotographien neben der mikroskopischen Durchsicht notwendig: 9. —

## B. Die Elemente des normalen Schalenbaues.

### I. Die Zentralkammer 10—13.

Die kugelige Gestalt: 10. — Imperforate Wandstruktur: 10. — Schwierigkeiten der Messung der Größenverhältnisse: 10—11 (die günstigste Schlifflage 10, die Verhältnisse bei anderen Orientierungen 11). — Einige Maßzahlen: 12—13. — Korrelation der Maßzahlen: 13. —

### II. Die Kammerwand 13—22.

Das Problem der Struktur: 13—14 (*Fusulinella* imperforat 13, bisherige Auffassung der Fusulinenwand als perforat 13—14). — Objektive Schilderung des Schliffbildes: 14. — Notwendige Deutung des Schliffbildes als imperforat: 15. — Unhaltbarkeit der bisherigen Anschauung: 15. — Erklärung der drei Helligkeitsnuancen des Schliffbildes: 15—16. — Weitere Beweise gegen die bisherigen Ansichten: 16—36 (Unmöglichkeit der Funktion etwaiger Poren 16, Spandels Infiltrationshypothese 16—17, Schellwiens Inkonsequenz bei der Deutung tangentialer Schliffe 31—32, das Bild des Tangentialschliffes 32—33, Erklärung eines von Y a b e abgebildeten Tangentialschliffes 18—19, Zusammenfassung aller Gründe 19, optische Unmöglichkeit des Nachweises von Wandporen 19—20). — Die Notwendigkeit einer neuen einheitlichen Bezeichnungsweise der Strukturelemente: 20—21. — Schwierigkeit genauer Größenangaben: 21—22. — Festigkeit der Konstruktion: 22. —

### III. Das Septum 22—35.

Bisherige Auffassung als „Einkeilung“ statt „Abbiegung“ unrichtig: 23. — Form des Septums: 23. — Die Mundspalte: 23. — Die Fältelung der Septen im Schliffbilde: 23—26 (Analyse des Schliffbildes 23—24, zur Speziesdiagnose brauchbare Merkmale 24—25, Erklärung einiger typischer Mikrophotographien von Dünnschliffen 25—26). — Die bisher unbekanntes Porosität der Septen bei *Fusulina* s. str.: 26—28 (anfänglicher Irrtum S c h e l l w i e n s 26, tatsächliches Vorkommen von Septenporen 27, Beschreibung und Größenverhältnisse 27—28). — Die Zahl der Septen in den einzelnen Umgängen: 28—33 (Diagnostischer Wert der Septenzahl 28, Bestätigung meiner Anschauung durch G o r t a n i 29, die Fusulinen Nord-Amerikas als typisches Beispiel 29—30, zur Methode der graphischen Festlegung der „Septen-

kurve“ 30, die Gestalt der Septenkurve 31, Vergleich mit anderen Konstruktionsverhältnissen 31, Gesetz der „Konstanz der Wirkungssumme der Verfestigungsfaktoren der Schalenkonstruktion in gleicher Fazies“ 32, ein Beweis für dieses Gesetz 32). — Die Abbiegung der Septen: 33. — Die „Länge“ der Septen: 33. — Der von S c h e l l w i e n behauptete „nachträgliche Kalkansatz“ als Folge der Septenfältelung im Verein mit der Schliffdicke: 33—34.

#### **IV. Das Basalskelett 35—42.**

Frühere Irrtümer: 35. — Die Verwirrung der bisherigen Nomenklatur und Begriffe: 35—36. — Objektive Schilderung des Phänomens bei *Doliolina lepida*: 36—37. — Entdeckung eines Basalskelettes bei *Fusulina* s. str. 36—40 (Schilderung des Schliffbildes von *Fus. secalis* 38, Erklärung einer Mikrophotographie 38—39, Benennung als „Medialreifen“ 39). — Das Fehlen des bisher stets für *Verbeekina* (früher *Doliolina*) *Verbeeki* angenommenen Basalskelettes 40 (Objektive Schilderung des Schliffbildes 41, Gründe gegen die Existenz von Basalreifen 41, Erklärung der bisher falsch gedeuteten Erscheinung 41, Analogie mit *Fusulina* s. str. 42). —

#### **Zur Vergleichung axialer und medialer Schliffe 34—45.**

Schwierigkeit dieser Vergleichung: 43. — Die den beiden Schliffarten gemeinsame Gerade: 43—45 (Schliffbild der Zentralkammer 43, der Wandstärke 43—44, der Umgangshöhe 83, der Dicke der Septen 44, Übersicht der für die Speziesdiagnose verwertbaren Merkmale 44—45). —

### **C. Zur Entwicklungsmechanik der Fusulinen.**

#### **I. Die Zentralkammer 46—47.**

Die Kugelform verlangt zu ihrer Entstehung a) primäre Unbeschaltheit 46, b) ein freies Schweben im Meerwasser 46—47. — R h u m b l e r s Auffassung des Beschalungsvorganges bei *Orbitolites*: 47. — Die „Nierenform“ der Zentralkammer als Folge der Lokalisierung der Zellorgane: 47. —

#### **II. Die erste Umgangskammer 47—49.**

Das Anwachsen der Sarkode als zweite Ursache der „Nierenform“: 47—49. — Nur Individuen mit großer Zentralkammer zeigen die Nierenform: 48. — Die Gestalt der ersten Umgangskammer und die Lokalisierungsstelle der Zellorgane: 48—49. — Die Ursache der relativ beträchtlichen Länge der ersten Umgangskammer: 49. —

#### **III. Die zweite Umgangskammer 49—50.**

Die Entstehung der „Halbmondform“ und die Fixierung der Lage der definitiven Aufrollungsaxe: 49—50. — Abhängigkeit der Kammeranlage lediglich von der Form der direkt von der Sarkode überflossenen Schalentheile 50. —

#### **IV. Die Form der reifen Umgangskammern 50—54.**

Die äußere Erscheinung: 50. — Die Stützpunkte des Septums: 51. — Erklärung eines Präparates von *Verbeekina Verbeeki*: 51. — D o u v i l l e s irrthümliche Auffassung der Mundspalte als alleiniger Sarkodeaustrittsstelle: 51—53 (*Fus. montipara* 51, die Lage der Sarkodeaustritte in den Rückbiegungen des Septenuntersaumes 52—53, die primäre Ursache der Septenfältelung 53). — Die Form der Grundfläche der einzelnen Kammer und ihre Entstehung: 53. — Der Verhinderung des Vorquellens der Sarkode an den Polen entspricht ein höherer Anstau: 53. — Die Größe des das Vorfließen Sarkode der regelnden „Zentriwinkels“ und die Septenzahl der Umgänge: 54. —

#### **V. Der Flüssigkeitsgrad der Sarkode 54—56.**

Der Rückschluß aus dem „gleichbleibenden homologen Randwinkel“ R h u m b l e r s: 54—55 (Das Bild axialer Schliffe von *Fusulina* 54, von *Verbeekina* 55). Der Rückschluß aus dem Gesetz der Konstanz der Wirkungssummen der Verfestigungsfaktoren (vgl. Seite 32!): 55—56.

#### **VI. Das Wabenwerk (und die Dachreifen) 56—59.**

R h u m b l e r s Hypothese von der Differenz der „durch den Staudruck plastisch gedrückten und durch die Spannung der Oberfläche nachträglich wieder verkleinerten Oberflächenformen“ bei *Orbitolites*: 56—57. — Die Differenz zweier Sarkodeniveaus bei *Fusulina* durch das Gesetz der kommunizierenden Gefäße erklärbar: 57. — Entdeckung von Dachreifen bei *Fusulina* s. str.: 57. — Die Entstehung

von sagittalen und axialen Dachreifen bei *Neoschwagerina*: 57–58. — Der Nachweis verschiedener Sarkodeniveaus aus der Wabenform der Dachreifen: 5. — Aufstellung der Reihenfolge der Phasen der Schalenbildung: 58–59. —

**VII. Die Degeneration der Sarkode 59–61.**

Geringere Innenspannung der senilen sowie der unreifen Sarkode: 59. — *Schwagerina Yabei* n. sp.: 59–60 (Nur der Zustand der Sarkode, nicht aber die Schalenform als solche vererbbar 60, die Jugend- und die Alterswindungen 60). — V. v. Möllers Annahme eines senilen Überganges der Spirale in einen Kreis nicht zutreffend: 60. —

**VIII. Das Basalskelett 61–67.**

Scheinbare Schwierigkeit der Erklärung: 61–62. — Die Entstehung des Basalskelettes bei *Doliolina lepida*: 62–63. — Analogie mit *Orbitolites*: 63–64. — Notwendigkeit des Zusammenhanges der Sarkode in der letztgebildeten Kammer: 64. — Versuch, das entwicklungsmechanisch erklärte Basalskelett als eine physiologische Notwendigkeit aufzufassen: 65–66. — Beziehungen zu den sagittalen Dachreifen: 66. — Die „Medialreifen“ bei *Fusulina* s. str.: 66. — Analogie mit *Fusulinella*: 67. Die vorgetragene entwicklungsmechanische Deutung erklärt auch die Ansätze zu Medialreifen, die *Fus. scalis* zuweilen zeigt: 67. —

**IX. Die Ausheilung von Schalenverletzungen 67–71.**

Gründe der Seltenheit von Schalenverletzungen: 67–68. — Besprechung von Beispielen ausgeheilter Schalenverletzungen: I, 68–69. — II, 70. — III–V, 70–71.

**D. Zur Lebensweise der Fusulinen.**

Die Möglichkeit teilweiser Rekonstruktion der Lebensverhältnisse durch das ungemein reiche Material von Schliffen und Gesteinsproben gegeben: 72.

**I. Die geographische Verbreitung der Fusuliniden 72–74.**

Fast nur die Nordhemisphäre in Betracht kommend: 72. — Wichtigere Fundorte in Europa: 72–73, — in Asien: 73, — in Afrika: 73, — in Australien: 73, — in Amerika: 77–74.—

**II. Die Fortpflanzung der Fusulinen 74–78.**

Die Beschalung erfolgte erst nach der Trennung vom Muttertiere: 74. — Sowohl geschlechtliche als ungeschlechtliche Fortpflanzung vorhanden: 74. — Graphische Methode zum Nachweise des Dimorphismus: 74–75. — Dimorphismus von Schellwien verneint: 75. — Douvillés unrichtige Behauptung des Fehlens der Mikrosphären: 75. — Die russischen Fusulinen als Beweis für den Dimorphismus: 75–76. — Die Schwierigkeit der Ermittlung der genauen Maße für Makro- und Mikrosphären: 76–77. — Relative Häufigkeit der beiden Typen: 78. —

**III. Doppelschalen bei Fusulinen 78–82.**

Rhumblers Feststellungen bei *Orbitolites* nicht auf *Fusulina* übertragbar: 78. — Priorität der Erkenntnis des Phänomens gebührt W. B. Carpenter (1855): 78. — Nur Makrosphärenvereinigungen und „spontane Jugendverschmelzungen“ bei *Fusulina* vorhanden: 78. — Univalentes Weiterwachsen der Verschmelzlinge: 79. — Die „physiologische Einheit“ ist für *Fusulina* postjugal strenger zu fassen, als es Rhumbler für *Orbitolites* tat: 161. — Die drei Möglichkeiten präjugaler Verschmelzungsphasen: 79–80. — Vergleich mit Nummuliten, Endothyren, Alveolinen etc.: 80–81. Zusammenfassung der Ergebnisse: 81–82. —

**IV. Einige Eigenschaften des Lebensbezirkes der Fusulinen 82–86.**

Keine Einwirkung von Brandung oder Gezeiten: 82. — Seltenheit von anderen Fossilien in den Fusulinen-schichten: 82. — Geringer horizontaler, aber großer vertikaler Fazieswechsel: 82. — Verzeichnis der „Fusulinenbegleiter“: 82–83. — Das Uralgebiet als Beispiel des vertikalen Fazieswechsels, und die Methode der Feststellung der Lebensbedingungen der Fusulinen: 83–84. — Weitere Beispiele: 84. — Beweis aus der Verbreitungskarte: 84. — Die Rekonstruktion der klimatischen Verhältnisse: 84–86 (Zwischenlagerung von Korallen und Oolithen beweist erhebliche Wärme 84, ebenso die Analogie mit jetzt lebenden Formen 85. Die gleichzeitigen Pflanzen nach A. de Lapparent beweisend für

tropisches Klima vom Äquator bis zur Polarregion hinauf 85—86). — Die Hypothese der „permischen Eiszeit“, die diesen Annahmen widersprechen würde, ist sehr angreifbar: 86 (Korallen und Fusulinen am Polarkreis, die meist angenommene Verlagerung des Südpols unmöglich, da der Gegenpol in ein Korallenmeer fiel 86). — Ergebnis: 86. —

**V. über das Auftreten und Erlöschen der Fusulinen 86—88.**

Das Problem: 86. — Überraschende Analogie mit den Nummuliten: 86. — Zusammenfassung der Vergleichspunkte: 87—88. — Ein Erklärungsversuch: 87. — Neumayrs Pessimismus: 88. — Zusammenfassung: 88. —

**Verzeichnis der im Text genannten und der abgebildeten Foraminiferen 89 90.**

**Literaturnachweis 91—93.**

**Erklärung der Tafeln.**

**Übersicht des Inhaltes V—VIII.**

-----

## Einleitung.

Bei dem Versuche, die von dem zu früh verstorbenen Prof. E. Schellwien geplante und begonnene Monographie der Fusulinen fortzusetzen und herauszugeben,<sup>1)</sup> ergab sich ganz naturgemäß eine solche Fülle von Ergebnissen allgemeinerer Natur, daß deren Zusammenfassung zu einer gesonderten Arbeit erforderlich wurde.

Etwa tausend Dünnschliffe, die teils von Prof. Schellwien selbst, teils von seinem Assistenten Dr. Jonas angefertigt worden waren, sowie an 150 gleichfalls vorzügliche Präparate, die Herr Dr. H. Yabe in liebenswürdiger und selbstloser Weise den Zwecken der Monographie zur Verfügung stellte, ferner zahlreiche, teilweise hochinteressante Schliffe, die aus C. Schwagers Nachlaß, von V. v. Moeller, von Krotow, von dem U. S. Geological Survey, von Prof. W. Volz, Dr. G. Dyhrenfurth und cand. geol. O. Altpeter mir gütigst zur Verfügung gestellt wurden, bildeten im Verein mit Gesteinsproben der Fusulinenkalke aus allen Teilen der Erde ein Material, wie es in gleicher Vollständigkeit bisher wohl noch keinem Foraminiferenbeobachter zu Gebote stand. Wenn ich auch selbst noch so manchen Dünnschliff hergestellt habe, um für einzelne Probleme die nötigen Unterlagen zu gewinnen, muß ich doch dankbar und bescheiden anerkennen, daß ohne die zahlreichen soeben genannten technischen Vorarbeiten es sicherlich über meine Kraft gegangen wäre, eine so relativ vollständige Darlegung der anatomischen und physiologischen Verhältnisse der Fusulinen zu geben, wie sie die folgenden Seiten enthalten.

Auch an dieser Stelle spreche ich den Herren, die mich durch Überlassung von Material gefördert haben, namentlich Herrn Prof. Frech und Herrn Prof. Tornquist, meinen verbindlichsten Dank aus.

So sehr ich, wie bemerkt, hinsichtlich der technischen Vorarbeiten auf den Schultern der früheren Fusulinenforscher stehe, so wenig fand ich in der bisher bestehenden Literatur dieser Formen eine unmittelbare Stütze. Die meisten Anregungen verdanke ich den klassischen Werken W. B. Carpenters (1849—1870) sowie M. Neumayrs „Stämmen des Tierreichs“ (1889). Für den entwicklungsmechanischen Teil meiner Arbeit gab mir L. Rumbler's „Die Doppelschalen von Orbitolites“ (1902) eine Reihe fruchtbarer Gesichtspunkte.

Die eigentliche Fusulinenliteratur bot mir dagegen nur wenig allgemeinere Förderung. C. Schwagers (1886—87) Schriften sind zu rein morphologisch, oft sogar recht unzuverlässig, gehalten und geben außer trockenen Beschreibungen nur philosophische Ideen über Speziestrennung. V. v. Moeller verliert sich in mathematischen Spekulationen über die Spiralkurve der Fusulinen, die leider sich als unhaltbar erwiesen. H. Yabe bereicherte zwar unsere Kenntnis der Stratigraphie

<sup>1)</sup> Vgl. Palaeontographica LV, 1908.  
Zoologica. Heft 58.

und Systematik der asiatischen Fusuliniden, hatte jedoch seine allgemeineren Ergebnisse noch einer späteren Veröffentlichung vorbehalten. H. D o u v i l l é gibt in einigen wenigen Sätzen durch den Hinweis auf die Gleichartigkeit der Struktur von Fusuliniden und zahlreichen jüngeren imperforaten Foraminiferen einen sehr bedeutsamen Ausblick für die Systematik dieser Formen, ohne aber die Anatomie und Physiologie irgendwie näher zu berücksichtigen. Einige Einzelheiten (z. B. angebliches Fehlen des Dimorphismus!) sind infolge seines unzureichenden Materials nicht zutreffend. Der größte Fusulinenforscher, Prof. E. S c h e l l w i e n, wurde mitten aus den Vorbereitungen einer großangelegten Monographie abgerufen. Seine früheren Schriften enthalten nur wenig allgemeine Gesichtspunkte. Seine hinterlassenen Notizen gaben für die besonderen Zwecke meiner Arbeit keinerlei Anhaltspunkte. Trotzdem ließ sich zuweilen erkennen, daß manches Problem ihn bereits beschäftigte, wenn auch keine geschriebene Bemerkung es verriet. So ist für mich z. B. die Tatsache, daß er das Negativ zur Textfigur 9 herstellen ließ, ein Beweis, daß er das Wesen der Septenporen vor seinem Tode noch klar erkannt hat und seine früher veröffentlichten Ansichten in dieser Frage sicherlich selbst in seiner Monographie abgeändert haben würde. In diesem Sinne möchte ich auch alle diejenigen Punkte aufgefaßt wissen, in denen ich mich gegen S c h e l l w i e n s frühere Anschauungen wende. Ich selbst fasse meine Arbeit nur als eine Fortführung des Werkes von E. S c h e l l w i e n auf, die bei v o l l e r i n n e r e r S e l b s t ä n d i g k e i t doch in einem höheren Sinne bestenfalls nur etwa das geben kann, was S c h e l l w i e n wohl selbst ohne seinen so frühen Tod als Ergebnis seiner langjährigen Studien niedergeschrieben haben würde. —

Um in die vorliegende Arbeit nicht zu viel störende Literaturhinweise aufnehmen zu müssen, verweise ich auf das am Schlusse beigefügte Verzeichnis der im Texte erwähnten (und mit Autornamen, eventl. mit Jahreszahl zitierten) Schriften. Meine eigenen früheren Veröffentlichungen über Foraminiferen sind im Text in folgender Weise abgekürzt angeführt:

DIM. „Über Schalenverschmelzungen und Dimorphismus bei Fusulinen.“ Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde, Berlin 1908.

SCHW. „Beiträge zur Kenntnis der Fusuliniden.“ Neues Jahrbuch f. Min. etc. Beilage-Bd. XXVII, 1909.

R. „Die Fusulinen des russisch-arktischen Meeresgebietes“, von E. S c h e l l w i e n, nach dem Tode des Verfassers herausgegeben und fortgesetzt von Hans v. S t a f f. Palaeontographica LV. 1908.

E. „Zur Entwicklung der Fusulinen.“ Centralbl. f. Min. etc. 1908.

In gleicher Art ist auch S c h e l l w i e n s frühere Veröffentlichung:

„Über die Foraminiferen des karnischen Fusulinenkalkes“ (Paläontogr. XLIV. 1897) als: A. zitiert.

Eine vollständige Verbreitungskarte sowie einige Bemerkungen zur Systematik werden zweckmäßig erst gegeben werden können, wenn die oben erwähnte Monographie (namentlich die asiatischen Fusuliniden, deren Bearbeitung Herr G. D y h r e n f u r t h übernommen hat) abgeschlossen sein wird. Vorläufig sei auf E. K o k e n s Verbreitungskarte (l. c. Taf. XIX) und meine Beiträge zur Systematik der Fusuliniden in SCHW. Seite 476—505 verwiesen.

Vielleicht dürfte ein Wort der Rechtfertigung, daß eine Arbeit über palaeozoische Lebewesen in einer zoologischen Zeitschrift erscheint, am Platze sein. Einmal ist in den wesentlichen Zügen der Organisation der Foraminiferen seit der Steinkohlenzeit keinerlei Veränderung eingetreten. Andererseits ist der Versteinerungsprozeß vielfach der mikroskopischen Detailuntersuchung von

erheblichem Vorteil, indem die Herstellung von Dünnschliffen an rezentem Material fast stets mißlingt. So ergibt sich als Folge, daß manche zoologisch wichtige Probleme der Foraminiferenschale sich an fossilen Organismen etwas leichter lösen lassen. Die Übertragung der an den Fusulinen gewonnenen allgemeineren Gesichtspunkte auf lebende Foraminiferen habe ich in der vorliegenden Arbeit absichtlich unterlassen, da sich die entsprechenden Analogien für jeden Kenner dieser Formen von selbst ergeben dürften.

Schließlich ist es mir eine angenehme Pflicht, der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin für die Genehmigung, die in ihren Sitzungsberichten (DIM) veröffentlichten Klischees hier nochmals abzdrukken, meinen aufrichtigen Dank zu sagen. Dieser Erlaubnis, sowie dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Verlages der vorliegenden Zeitschrift verdankt meine Arbeit ihren Bildschmuck.

---

## A. Vorbemerkungen.

### Zum äußeren Bilde der Fusulinen.

Die Schwierigkeiten, die sich dem Kennenlernen des Bauplanes der Fusulinenschale entgegenstellen, sind nach mehreren Richtungen hin zunächst wesentlich größer, als sie im allgemeinen bei der Bearbeitung rezenten Materials auftreten. Die Außenseite der Individuen ist fast stets durch die Einbettung in das Gestein erheblich geschädigt worden. Färbung, feinere Skulpturierung, oft auch die Form, haben durch mannigfache chemische und auch mechanische Einwirkung (Gesteinsdruck etc.) so gelitten, daß auch in den seltenen Fällen, in denen ein nahezu völliges Herauspräparieren einzelner Exemplare überhaupt möglich ist, der Erhaltungszustand größere Unterschiede oder auch Ähnlichkeiten uns vortäuschen möchte, als eine Betrachtung des Innenbaues rechtfertigt. Eine Speziesbestimmung allein auf den äußeren Anblick zu gründen, ist in fast allen Fällen als gänzlich unmöglich zu bezeichnen. Nur in seltenen Fällen vermag ein geschultes Auge an herausgewitterten Individuen bei besonders günstiger Erhaltung eine sichere Diagnose zu stellen, falls durch eine vorhergehende sorgsame Durchprüfung der entsprechenden Lokalfauna in Dünnschliffen sich die erforderlichen Anhaltspunkte ergeben haben. Meist allerdings dürfte diese Art der oberflächlichen Bestimmung versagen, da in sehr vielen Meeresbezirken die Gleichheit der Lebensbedingungen recht weitgehende Konvergenzen geschaffen hat. Dieser Einfluß des Milieus geht mitunter so weit, daß sogar der Habitus anderer Genera vorgetäuscht werden kann.

Als Beispiel für die Möglichkeit einer makroskopischen Bestimmung sei *Fus. extensa* var. *californica* erwähnt, die durch ihre Größe und die Regelmäßigkeit der Septenfältelung sich von den anderen in California vorkommenden Fusuliniden hinreichend scharf unterscheiden läßt, wenn die Auswitterung zufällig die Einzelheiten sichtbar werden ließ. —

Als Gegenbeispiel sei angeführt, daß Schellwien die Frage, ob *Fus. ventricosa* nicht besser als *Fusulinella* aufzufassen sei, trotzdem ihm zahlreiche Dünnschliffe vorlagen, unentschieden ließ, und bei *Fus. obsoleta* erst nach eingehender mikroskopischer Prüfung seine anfänglichen Zweifel an ihrer generischen Zugehörigkeit zu *Fusulina* fallen ließ. — Auch eine von Krotow als *Schwagerina* angesehene Form erwies sich als echte *Fusulina* (*Fus. uralica*). — Schließlich sei hier erwähnt, daß Girty trotz der Anfertigung von Dünnschliffen für eine unzweifelhafte *Fusulina* ein neues Genus *Triticites* (1904) aufzustellen sich veranlaßt sah, und daß Yabe die gleiche Spezies (*Fus. secalis*) dem Genus *Schwagerina* zuwies.<sup>1)</sup> — Diese Fälle mahnen zur größten Sorgfalt bei der Bestimmung der Fusulinen.

Verhältnismäßig gesichert ist zuweilen die Genusdiagnose bei den jüngeren Zweigen des Fusulinidenstammes auch schon bei oberflächlicherer Prüfung. Die Tonnenreifen der *Doliolina*

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu SCHW. Seite 494—498.

(*Dol. lepida*) oder das bezeichnende Schachbrettgitter der *Neoschwagerina* (*Neoschw. craticulifera*) heben sich oft scharf genug heraus für das unbewaffnete Auge.

Das Bild, das uns die Außenansicht einer Fusuline bietet, ist in fast allen Fällen so gut wie gleich und erinnert lebhaft an die von der Kreide bis zur Gegenwart vorkommenden Alveolinen. Die Größe wechselt sehr beträchtlich, indem z. B. die Länge der Axe zwischen 2,4 mm und 2,4 cm schwanken, sogar noch über diese Extreme ein wenig hinausgehen kann.

Auch ist die Form bald eine reine Spindel, bald eine nach den Enden zu nur wenig zugespitzte Walze, bald ein medial stark geblähter, polar scharf zugespitzter Doppelkegel von fast genau rhombischem Axialschnitt. Die Axe ist fast stets so gut wie geradlinig, nur relativ sehr schlanke, zylinderförmige Typen bilden zuweilen Ausnahmen, bei denen die Axe einen medialen Knick aufweist. Auch in solchen anormalen Fällen stellt die Axe einen fast gestreckten Winkel dar.

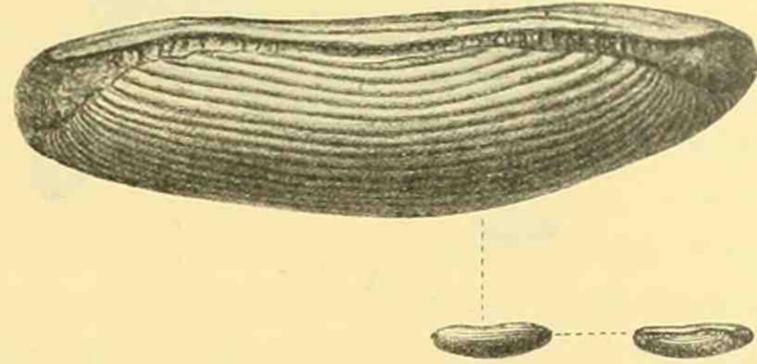


Fig. 1.  
Aussenansicht einer *Fus. multiseptata*, natürliche Grösse und vergrössert 1:6 (A. XVIII., 1, 1 a, 1 b).

Das Verhältnis von medialer Höhe zur Axenlänge kann etwa von 1:1,7 (*Fus. Krotowi*) bis 1:6 (*Fus. extensa*) sich ändern.

Aber doch ist neben diesen Abweichungen die Fülle der gemeinsamen Züge so groß, daß trotz der angeführten Unterschiede, die übrigens auch in nicht ganz unerheblichem Maße innerhalb der einzelnen Spezies sich finden, der einheitliche Grundplan des Schalenbaues sich sofort zu erkennen gibt (Tafel I, 1 u. 2). Von Pol zu Pol laufen melonenartig meridiane Streifen, die bei genauerer Betrachtung sich als fast geradlinige, nur wenig gewellte, erst an den Enden etwas unregelmäßiger verlaufende Vertiefungen der Schale erweisen. Der Abstand ist fast gleich innerhalb derselben Sagittalebene. Eine leichte Krümmung nach vorwärts (im Sinne des Wachstums, also nach der Mündung hin) ist zuweilen sichtbar. Diese Richtung nach vorwärts führt uns zu demjenigen Schalenteil, der zuletzt gebildet wurde. Hier wird uns die Ursache der von Pol zu Pol verlaufenden vertieften Streifen deutlich: Die Wand biegt in mehr oder weniger scharfem, zumeist fast rechtem Winkel nach einwärts und schließt gleichsam mit einem schwach gewellten Vorhange das Innere ab. Dieser Vorhang, „Septum“ genannt, ist in der Medianregion schwächer gefältelt. In Fällen besonders guter Erhaltung ist hier zwischen seinem Untersaume und der nächstinneren Schalenwand ein schmaler Schlitz, die „Mundspalte“, zu sehen. Zerbrochene Exemplare zeigen uns, daß der spirale Bau, den schon das Äußere uns vermuten läßt, auch im Inneren herrscht. Die Vorhänge der Septen sind stets am Untersaume stärker gewellt, am oberen, in die Außenschale oder „Wand“ übergehenden Teile mehr oder weniger gestreckt. Der schmale Schlitz der Mundspalte zieht sich oft wie eine mediale Zone leichter Zerbrechlichkeit der Wand spiral eine Strecke weit ins Innere (vgl. Taf. I, 2). Die Wellung der Septen ist in der Weise angeordnet, daß einer Vorbiegung des einen stets eine Rückbiegung des anderen entspricht und gegenüberliegt, so daß die meridionalen, schmalen, langgestreckten Hauptkammern, die durch die Septen abgeteilt wurden, in eine Anzahl von unter sich fast gleichen, netzartig angeordneten Nebenkammern zerlegt erscheinen. — Die meisten dieser Einzelheiten hat V. v. Moeller in seiner 1878 erschienenen Abhandlung (l. c. Taf. I, II) bereits in etwas schematisch gehaltenen Abbildungen zum Ausdruck gebracht.

Die hier angeführten Tatsachen sind im wesentlichen alles, was uns die makroskopische Außenansicht selbst bei dem denkbar besten Erhaltungszustande von der Konstruktion der Fusulinenschale erkennen läßt. Für alle weiteren Einzelheiten sind wir auf das mikroskopische Bild angewiesen.

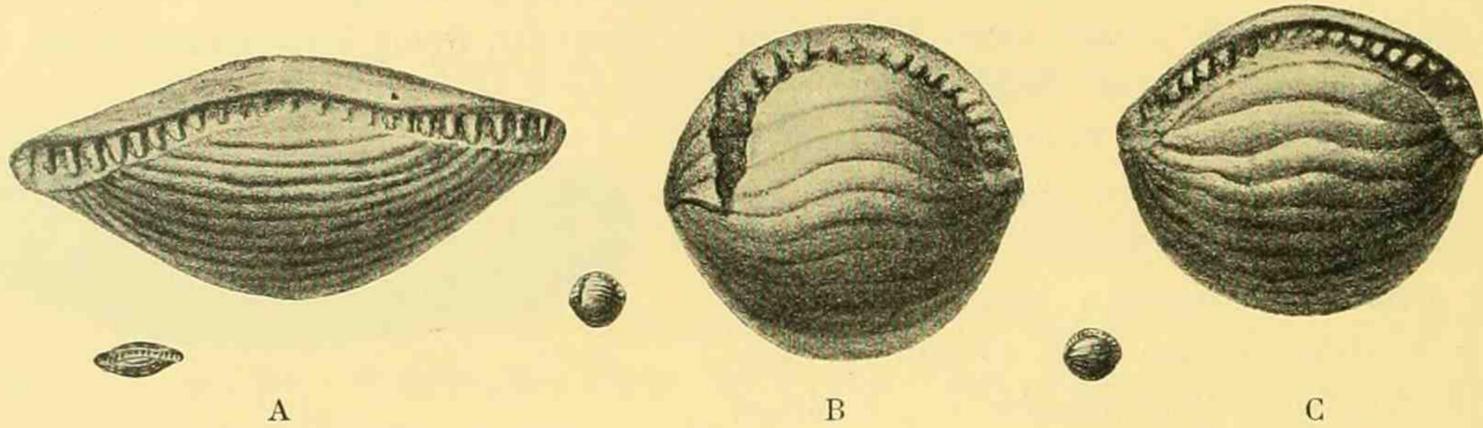


Fig. 2.

Zur Außenansicht von Fusuliniden.

A. Schwag. fusulinoïdes Schellw., zeigt den dickspindeligen Habitus gewisser Fusulinen (*Fus. secalis*), von denen sie nur in Einzelheiten des Innenbaues unterschieden ist. B. und C. Schwag. princeps Ehrenbg.

Die Vergrößerung der aus den Karnischen Alpen stammenden Exemplare beträgt 1:6, die kleinen Bilder zeigen die natürliche Grösse (A XXI, 1, 5, 6).

## Zur Herstellung der Dünnschliffe.

Für die weitaus größte Mehrzahl der Fusulinen ist nach dem Gesagten die Anfertigung von Dünnschliffen unerläßlich. Da aber die Lage des Schnittes von sehr bedeutendem Einfluß auf das Schliffbild ist, so daß z. B. Schiefschliffe gleicher Orientierung bei verschiedenen Spezies sich untereinander mehr zu gleichen pflegen, als verschieden orientierte Schliffe bei gleicher Spezies, so ist es für die Aufstellung von Speziesdiagnosen unbedingt erforderlich, stets nur Schliffe gleicher Orientierung unter sich zu vergleichen, um so die Besonderheiten der Schlifflage möglichst zu eliminieren. Nur zwei Schlifflagen aber gestatten durch ihre Eigenart, die Orientierung des Schnittes einwandfrei festzustellen. Die an den Enden etwas zugespitzte Walzen- oder Spindelform schreibt diese Möglichkeiten vor: Einmal ist es die Ebene, die senkrecht zur Längs- oder Aufrollungsaxe des Tieres steht und die Zentralkammer halbiert. Zweitens ist es das Ebenenbündel, das auf der eben genannten Ebene senkrecht steht und somit unter sich die Axe gemeinsam hat. Jede dieser Ebenen halbiert gleichfalls die Zentralkammer (Textfig. 3). Bisher finden sich in der Fusu-

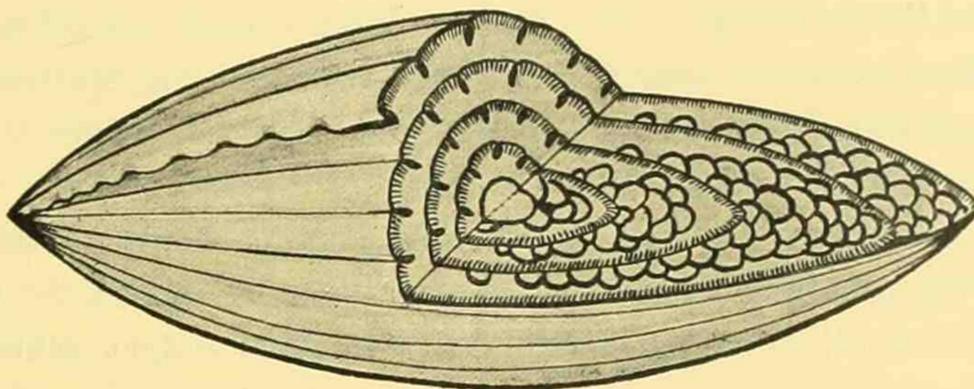


Fig. 3.

Schema zur Vergleichung axialer und medialer Schnitte bei Fusulina. Die melonenartigen, von Pol zu Pol laufenden Streifen der Aussenseite entsprechen den Abbiegungen der Septen. Vergr. etwa 1:10

linenliteratur für diese beiden Schnittarten die Namen Quer- und Längs-Schnitt. Da aber physiologisch betrachtet der sogenannte Querschliff als Längsschliff sich darstellt (ein Vergleich mit der Nautiluschale ist für diese Frage von Wichtigkeit!), so ist diese Bezeichnungsweise recht mißverständlich. Bei denjenigen Fusuliniden, deren Aufrollungsaxe nicht der längste, sondern der kürzeste Durchmesser ist (*Fusulinella*, *Verbeekina* etc.), wäre die herkömmliche Bezeichnung „Längsschnitt“ sogar auch rein morphologisch sinnwidrig und falsch. Für *Alveolina* hat G. C h e c c h i a - R i s p o l i (1905, l. c. Seite 155, Anm. 2) die Namen Meridianschnitt und Äquatorialschnitt vorgeschlagen. Jedoch einmal sind diese beiden Bezeichnungen ebenfalls rein morphologisch, ohne jede Rücksicht auf die Physiologie gewählt, zweitens enthalten sie ein etwas weit hergeholtes Gleichnis, drittens erlauben sie keine entsprechende Benennung der weiteren möglichen Schlifflagen.

Um eine einheitliche Namengebung durchzuführen, werde ich im folgenden als Schlifflage-Bezeichnungen anwenden:

- a) z e n t r a l für alle die Zentralkammer halbierenden,
- b) s a g i t t a l für alle auf der Aufrollungsaxe senkrecht stehenden,
- c) t a n g e n t i a l für alle der Aufrollungsaxe parallelen,
- d) d i a g o n a l für alle die Aufrollungsaxe schiefwinklig treffenden Schnitte.

Durch Kombination dieser Bezeichnungen ist jede denkbare Lage des Schliffes zu fixieren. Die beiden wichtigsten Kombinationen sollen der Einfachheit wegen besonders bezeichnet werden:

- e) *m e d i a l* alle zentralen Sagittalschnitte,
- f) *a x i a l* alle zentralen Tangentialschnitte.

Nach dem zuvor Gesagten kommen für Speziesdiagnosen vor allem *m e d i a l e* (bisher Quer-) und *a x i a l e* (bisher Längs-) Schliffe in Betracht.

Um einen Schliff richtig zu orientieren, ist eine Herauslösung des Individuums aus dem Gestein wenigstens soweit wünschenswert, bis die Lage der Pole der Axe festzustellen ist. Technisch etwas leichter ist die Anfertigung von Axialschnitten. Um möglichst parallel der Axe während des Schleifens zu bleiben, empfiehlt es sich, recht große Objektträger aus *s t a r k e m* Glase zu nehmen und das Objekt auf deren Mitte zu fixieren, da bei ihnen schon ein geringes Neigen ein Aufstoßen des Glases auf die Schleifplatte herbeiführt, ohne daß ein Verbiegen des Objektträgers und damit plankonvexes Schleifen zu befürchten wäre.

Zur Fixierung der Fusuline auf dem Objektträger dient Kanadabalsam, der nicht zu stark durch Erhitzen gehärtet werden darf. Zu große Sprödigkeit des Balsams zerstört den fast fertigen Schliff unrettbar. Das Gegenteil ist weniger schädlich und vor allem jederzeit durch ein weiteres Erhitzen abzuändern. Sowie das Auftreten von Sprüngen bei dem Druck des Fingernagels oder auch erst während des Schleifens zu große Sprödigkeit des Balsams anzeigt, ist ein Umbetten des Schliffes unbedingt erforderlich.

Zum Schleifen selbst bedient man sich am besten recht feinen, sehr naß gehaltenen Schmirgels. Wenn man sich bereits der Zentralkammer nähert, ist lediglich eine recht naß zu haltende *m a t t e* *G l a s p l a t t e* zu verwenden. Nach je einigen schleifenden Bewegungen ist dann der Schliff abzuspülen und mit scharfer Lupe zu kontrollieren. Ist der kritische Moment erreicht, wird bei schwacher Erhitzung — um Luftblasen zu vermeiden! — der Schliff gewendet und möglichst fest an den Objektträger angepreßt. Das weitere Schleifen erfolgt bei nahezu hinreichender Dünne wieder auf der nassen Mattscheibe ohne Schmirgel. <sup>1)</sup>

Die Dicke des Schliffes darf nicht unter 0,03 mm heruntergehen, da sonst fast stets Zerreißen eintreten, oder aber das Bild flau und ausdruckslos wird. Je nach dem Gesteinscharakter sind 0,04—**0,06**—0,07 mm zweckmäßig.

Für die mikroskopische Untersuchung der Struktureinheiten ist eine *M e s s u n g* *d e r* *S c h l i f f d i c k e* oft recht wichtig. Man bedient sich dazu eines Schraubenmikrometers (mit Gefühlsschraube), das bis 0,01 mm direkt abzulesen gestattet. Da der Schliff selbst seiner Brüchigkeit wegen nicht unmittelbar meßbar ist, so ist eine Berechnung erforderlich. Aus den direkten Messungen des fertig geschliffenen und des eingedeckten Schliffes:

<p>I.</p> $\left\{ \begin{array}{c} \text{S c h l i f f} \\ \text{Kanadabalsam A} \\ \text{Objektträger} \end{array} \right\}$	<p>II.</p> $\left\{ \begin{array}{c} \text{Deckglas} \\ \text{Kanadabalsam B} \\ \text{S c h l i f f} \\ \text{Kanadabalsam A} \\ \text{Objektträger} \end{array} \right\}$
--	---

<sup>1)</sup> Diese Ratschläge dürften das hier zweckmäßigste Verfahren beschreiben. Andere, z. T. umständlichere Methoden vgl. Heron-Allen, Prolegomena towards the Study of the Chalk Foraminifera. London 1894, sowie Chapman l. c. 1902 Seite 315—324.

sowie des Deckglases und des (definitiven) Objektträgers ergibt sich die Schliffdicke auf indirektem Wege. Bei besonders günstigem Material habe ich einige Male die gleichen Dicken auch auf direktem Wege messen können. Hierbei ergab sich, daß die Annahme: „Balsam A = Balsam B“ praktisch als zutreffend angesehen werden darf.

Um möglichst feine Strukturteile betrachten zu können, empfiehlt es sich, den Schliff etwas keilförmig zu gestalten, da dann das beginnende Zerreißen, das die größtmögliche Dünne als erreicht anzeigt, nur einen Außenrandteil in Mitleidenschaft zieht (vergl. Textfigur 29). Ein schwacher einseitiger Fingerdruck während einiger Schleifbewegungen genügt für diesen Zweck völlig, um die bei fast fertiggestellten Präparaten eine planparallele Schliffplatte bewirkende Adhäsionskraft zu überwinden.

Bei Medialschliffen ist es vorteilhaft, vor dem Einbetten in Balsam bereits die Axenenden abzuschneiden oder zu brechen (Kneifzange) oder zu schleifen (Feile), um ein Herausbrechen aus dem Balsam zu verhüten.

In denjenigen Fällen, in denen der Gesteinscharakter ein so dünnes Schleifen nicht gestattet, daß das Schliffbild die erforderliche Klarheit besitzt, wo also Färbung oder Sprödigkeit technische Hindernisse darbieten, ist ein v o r s i c h t i g e s Ä t z e n oft anwendbar. Meist haben wir es bei den kalkschaligen Foraminiferen mit kohlensaurem Kalk als Muttergestein zu tun. Da das Ätzen unter dem Mikroskop zu geschehen hat, um rechtzeitig ein Ende machen zu können, ist die übliche Verwendung von verdünnter Salzsäure nicht ratsam. Die HCl-Dämpfe greifen sowohl die Metallteile des Mikroskops als die Atmungsorgane und die Augen an. Zudem sind die Resultate teilweise nicht ganz so gut, als bei Ätzungen mit Phosphorsäure, die sich durch ihre Nichtflüchtigkeit und relative Ungiftigkeit empfiehlt. Nach einem Abwaschen in ganz schwacher Sodalösung (Nachspülen mit Wasser!) kann der geätzte Schliff haltbar eingedeckt werden.

Da die augenschädigende mikroskopische Durchsicht der Schliffe bei stärkerer Vergrößerung mit abnehmender Lichtstärke und immer geringerem Gesichtsfelde zu kämpfen hat, zudem auch eine direkte Vergleichung mehrerer Schliffe nur nacheinander möglich ist, und Messungen stets umständlich sind und meist mühevoller Umrechnungen bedürfen, ist es empfehlenswert, Mikrographien herzustellen. Eine lineare Vergrößerung von 1:30 ist einerseits für die meisten Einzelheiten ausreichend und fällt — abgesehen von wenigen Riesenformen — andererseits noch in den Rahmen der üblichen Plattenformate. Um feinere Details zu beobachten, ist es die weitaus beste Methode, die Negative gleichsam als Diapositive zu benützen und bei dem an die weiße Wand projizierten Bilde den Vorteil eines vergleichsweise enormen Gesichtsfeldes mit einer bis etwa 600fachen Vergrößerung zu verbinden. Am besten sind natürlich die epidiaskopischen Apparate, die auch positive Bilder geben, geeignet. Ich habe fast sämtliche mir vorliegenden Schliffe neben eingehender mikroskopischer Prüfung wiederholt auch in dieser Weise durchgesehen.

## B. Die Elemente des normalen Schalenbaus.

### I. Die Zentralkammer.

Die normale Gestalt der Zentralkammer ist kugelig, da alle Schnitte, die sie in einem größten oder auch in einem beliebigen kleineren Umfange treffen, kreisförmig erscheinen. Nur eine Stelle unterbricht diese regelmäßige Schnittfigur: die Öffnung der Schale, die zum Austritt der Sarkode dient, liegt in einer flachen Eintiefung der Wand. Daher erscheinen diejenigen Schnitte, die diesen Porus mehr oder weniger genau treffen, etwa nierenförmig (vgl. Taf. I, 7, II 4, 5, 6, 8 sowie R. XV, 9, R. XVI, 7, R. XVII, 7 sowie Textfigur 33—37).

Die Wandstruktur weicht in einem sehr wesentlichen Punkte sowohl von dem Bau der Wandung aller anderen, später gebildeten Kammern, als auch von den bisher von allen Autoren gegebenen Darstellungen ab: Die Wand der Zentralkammer ist nicht porös. Sie zeigt demnach weder — abgesehen natürlich von dem einen soeben erwähnten Porus — irgend welche Durchbohrungen nach außen, noch auch die wabenartige, bisher fast stets als Porosität unrichtig gedeutete Streifung der Wände der späteren Kammern. Alle bisher veröffentlichten Abbildungen sind daher, soweit sie in diesem Punkte anderes zeigen, als falsch zu bezeichnen. Es wären unter anderen zu beanstanden C. Schwaigers Zeichnungen in v. Richthofen, China, Bd. IV, 1886 und in Mem. of. the geolog. Survey of India (Palaeontologia Indica, ser. XIII), 1887, sowie E. Schellwien's Figuren in Palaeontogr. XLIV, 1897 (vgl. z. B. l. c. Taf. XIX, 8 mit DIM. 5).

Die Größenverhältnisse sind einer direkten Messung nicht recht zugänglich, so daß sämtliche bisher veröffentlichten Größenangaben und Maßzahlen mehr oder weniger ungenau, bezw. verbesserungsbedürftig sind. Die bisher herrschende Auffassung des Schliffbildes sah in dem Dünnschliff gleichsam nur eine mathematische Ebene und glaubte, die dritte — in der optischen Richtung liegende — Dimension völlig außer Acht lassen zu dürfen. Diese Vernachlässigung eines recht wichtigen Faktors mußte zu vielen Fehlschlüssen führen, und es wird im folgenden noch mehrfach gezeigt werden, wie bei dem hier allein statthaften räumlichen Denken sich Fragen anders lösen, als bei einer unberechtigten Projektion auf eine Ebene.

Der hier zu besprechende Fall liegt folgendermaßen: Wenn ich die theoretisch günstigste Orientierung des Schliffes innerhalb der Zentralkammer als erreicht annehme, so verläuft die den Schliffflächen parallele, schliffhalbierende Ebene durch den Mittelpunkt der Zentralkammer (vgl. Textfigur 4).

In diesem Falle projiziert sich als Bild im Mikroskop nicht die tatsächliche Dicke der Wandung, sondern ein Wert

$$x = r - \sqrt{r^2 - 2rw + w^2 - \frac{s^2}{4}}$$

wobei

r den Radius der Außenfläche,  
w die wahre Wandstärke,  
s die Schliffdicke

bezeichnet. Zwar ließe sich w berechnen als

$$w = r - \frac{1}{2}\sqrt{l^2 + s^2}$$

wobei 2l die scheinbare (projizierte, also meßbare) lichte Weite bedeutet. Da aber dieser Ansatz nur für den einen theoretisch günstigsten Fall richtig ist, für alle anderen Schlifflagen aber wesentlich anders zu lauten hätte, und andererseits die genannte günstigste Orientierung, selbst wenn (mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:∞!) tatsächlich einmal erreicht, nie mit Gewißheit als solche zu erkennen wäre, so rechtfertigt sich der Satz:

Die wahre Wandstärke der Zentralkammer ist stets um einen oft beträchtlichen, aber nie seiner Größe nach sicher zu bestimmenden Betrag kleiner, als ihre projizierte scheinbare Stärke.

Das gleiche gilt naturgemäß umgekehrt für die wahre lichte Weite, da diese gleich 2(r-w) ist, aber als

$$2l = 2\sqrt{r^2 - 2rw + w^2 - \frac{s^2}{4}}$$

sich projiziert.

Relativ am günstigsten stellt sich die Genauigkeit, mit der sich der Wert von 2r angeben läßt, da er in allen Fällen, in denen sich überhaupt ein Kugeldurchmesser innerhalb des

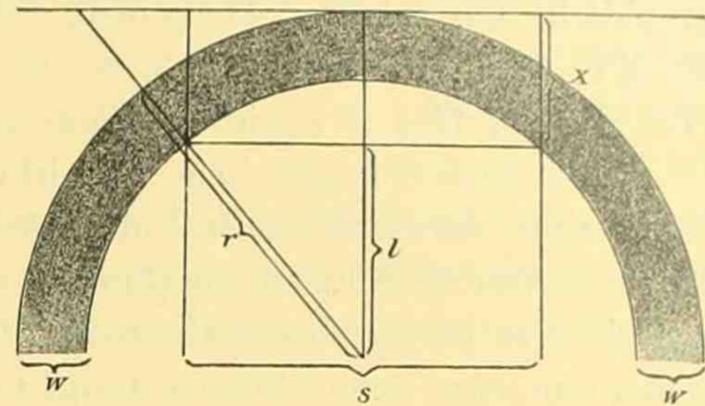


Fig. 4.

Schema der Lage eines genau zentralen Schliffes von der Breite s. Statt der wahren Stärke w der Zentralkammerwand projiziert sich der Wert x.

Dünnschliffes befindet, im Betrage seiner wahren Größe sich projiziert. Ungünstig wird er somit eventl. beeinflusst durch eine im Verhältnis zu seiner Größe zu geringe Schliffdicke, da in sehr dünnen Schliffen sehr großer Zentralkammern jede Möglichkeit fehlt, das für die Korrektheit des Wertes notwendige Hineinfallen eines größten Kreises in die Schliffplatte festzustellen. Ein etwas stärkeres Maß von Exzentrizität der Schlifflage verrät sich nämlich oft durch eine Eigentümlichkeit des Schliffbildes, die ihre Entstehung sowohl der Dicke als der Lage des Schliffes verdankt.

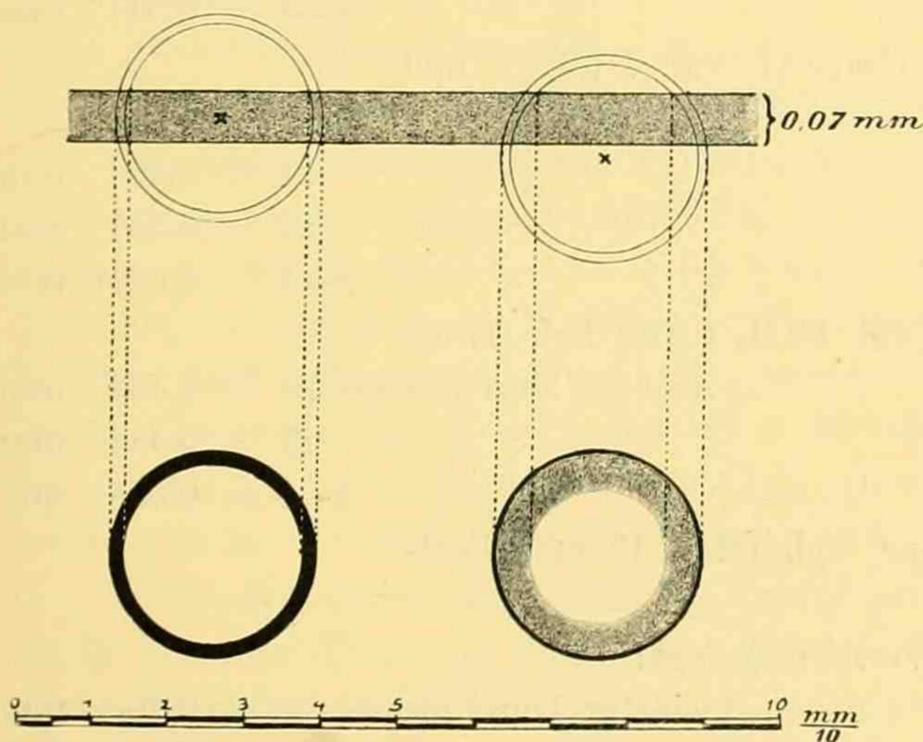


Fig. 5.

Schema des Einflusses der Schifflage auf die Art der Projektion der Zentralkammerwand.

Textfigur 5 gibt schematisch die Erklärung für das auf Taf. I, 4 und 5 (sowie R. XVIII, 3 A. II, 8 u. a. m.) mikrophoto-

graphisch dargestellte Phänomen. Der unscharfe Innensaum (vgl. auch R. XIII, 16, 20, R. XV, 3, 7, R. XVII, 2, 3, 6, R. XX, 11) ist somit ein vorzügliches Orientierungsmittel (Taf. I 4, 5, II 4, 6 sowie Textfigur 23).

Die soeben besprochene Einwirkung der Schliffdicke und Wandkrümmung auf das Zentralkammerbild verwischt meist leider auch bei nahezu zentralen Schliffen die Nierenform der den Porus treffenden Schnitte zu Gunsten der Kreisform, da ja der Wert von  $2r$  exakter ist, als der von  $2l$ . Nur bei ziemlicher Größe der Anfangskammer, stark eingetieftem Porus und sehr dünnem, genau zentralem Schliff können Projektionen entstehen, wie sie Taf. II, 6 darstellt (vgl. auch DIM. 2).

Weitere auf die Zentralkammer bezügliche Beobachtungen können erst bei der Besprechung der Physiologie der Fusulinen gegeben werden (vgl. Seite 89—91). Um aber vorläufig wenigstens einen allgemeinen Anhalt für die tatsächlichen Größenverhältnisse der Zentralkammern zu geben, seien einige an besonders guten Schliffen gewonnene Messungen gegeben, bei denen das mögliche Maß des Projektionsfehlers geschätzt und berücksichtigt worden ist:

1. *Fus. extensa* Schellwien Man. var. nov. *californica* (DIM. 11).  
Anormale Anfangskammer, kleinster (in der Axenrichtung liegender)  
Durchmesser (Textfigur 61):

$$2r = 0,715 \text{ mm}$$

$$2l = 0,627 \text{ mm}$$

$$\text{scheinbare Wandstärke} = r-l = 0,0467 \text{ mm}$$

2. *Fus. secalis* Say em. v. St. (Kansas):

$$2r = 0,443 \text{ mm}$$

$$2l = 0,337 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,0535 \text{ mm}$$

3. *Fus. vulgaris* Schellwien Man. (Darwas, vgl. DIM. 4 und Textfigur 33):

$$2r = 0,480 \text{ mm}$$

$$2l = 0,397 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,0417 \text{ mm}$$

4. *Fus. Krafftii* Schellwien Man. (Darwas, vgl. DIM. 2 und Textfigur 37):

$$2r = 0,424 \text{ mm}$$

$$2l = 0,381 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,0216 \text{ mm}$$

5. *Fus. indica* Schwager (Saltrange, vgl. DIM. 1 und Taf. II, 6):

$$\text{größter Durchmesser } 2r = 0,483 \text{ mm}$$

$$2l = 0,433 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,025 \text{ mm}$$

6. *Fus. pailensis* Schwager (Saltrange, vgl. DIM. 13 und Textfigur 62):

Doppelschale, Maßzahlen des rechten Verschmelzlings:

$$\text{kleinster Durchmesser } 2r = 0,70 \text{ mm}$$

$$2l = 0,566 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,0667 \text{ mm}$$

7. *Schwag. fusulinoides* S c h e l l w i e n (Karn. Alpen, SCHW. VIII, 12):

$$2r = 0,280 \text{ mm}$$

$$2l = 0,226 \text{ mm}$$

$$r-l = 0,0267 \text{ mm}$$

Den w a h r e n Werten kommen dem Schliffcharakter nach für die Wandstärke am nächsten 4. und 5., so daß der Wert 0,02 mm für  $w$  wohl überhaupt fast ein Minimum darstellen dürfte, ebenso wie auch  $2r = 0,73$  mm als kleinster Durchmesser auch bei anormalen Formen kaum jemals wesentlich übertroffen werden dürfte.

Naturgemäß und den Verhältnissen ganz entsprechend erscheint die auch aus den angegebenen Messungen abzuleitende Tatsache, daß größerem Radius größere Wandstärke entspricht. Doch dürfte die Überlegung, daß sich der äußere Durchmesser im allgemeinen ziemlich exakt, die Wandstärke dagegen stets etwas größer projiziert, als relatives Maß nur die in weiten Grenzen gehaltene Angabe zulassen, daß

der ä u ß e r e D u r c h m e s s e r d e r Z e n t r a l k a m m e r ( $2r$ ) etwa um das 20- bis 10fache größer ist, als die scheinbare Wandstärke ( $r-l$ ) und demnach ganz ungefähr das 25- bis 15fache der wahren Wandstärke der Zentralkammer betragen wird.

Die Dimensionen des Porus sind ebenfalls stets tatsächlich größer, als die projizierten Werte. Doch dürfte die bei 5. gemessene Öffnungsweite 0,063 mm in Anbetracht der günstigen Lage und Dünne des Schliffes nahezu für diesen Fall das Maximum darstellen. Den gleichen Betrag ergab übrigens auch die Messung des fast ebenso guten Schliffes von 4.

## II. Die Kammerwandung.

Die S t r u k t u r der Schale der Fusulinen ist seit langer Zeit ein Problem gewesen, das mehr oder weniger willkürliche Lösungen sich gefallen lassen mußte. Fast stets wurde die Fusulinenschale ohne weiteres als porös angesehen, im Gegensatze zur Wandung der Fusulinellen, die als kompakt galt. Dieser Gegensatz erschien früheren Autoren meist um so bemerkenswerter, als der systematische Wert der Poren ganz allgemein sehr hoch veranschlagt wurde.

Es handelte sich somit um die Erklärung der Frage, weshalb Formen der *Perforata* und Formen der *Imperforata* so weitgehende Ähnlichkeiten des Bauplanes bei so beträchtlicher Entfernung ihrer Stellung im System aufwiesen. C. S c h w a g e r kam auch in dieser Frage der Wahrheit sehr nahe: Er nahm, da auch er an der Porosität der Fusulinen nicht zweifeln mochte, einfach an, daß die Porenlosigkeit der Fusulinellen doch wohl nur eine scheinbare sein könnte. D. L i e n a u s Untersuchungen ließen allerdings später diese Möglichkeit nicht mehr zu. Die Fusulinellen, soweit sie bisher bekannt geworden sind, haben sich tatsächlich als porenlos erwiesen, wie auch Neumayr 1889 bereits betonte (l. c. Seite 191).

Trotzdem wurden zunächst keine Zweifel an der Porosität der Fusulinen laut. Nur der systematische Wert der Poren für die Thalamophoren im allgemeinen erlitt einige Angriffe. — Die ersten Bedenken äußerte G. H. G i r t y (1904), indem er auf die Existenz einer dichten Deckschicht (dark superficial layer, l. c. Seite 238) hinwies und daran einen Zweifel an der Porosität der Fusulinenschale knüpfte.

W. V o l z gab im gleichen Jahre für das von ihm aufgestellte Genus *Sumatrina* eine Abbildung, die in schematischer Deutlichkeit eine durchaus massive, undurchbohrte Wand zeigte.

H. Y a b e veröffentlichte 1906 eine Mikrophotographie, die in zweifarbiger Reproduktion G. H. G i r t y s Bedenken vortrefflich illustrierte. Der japanische Forscher war jedoch zu vorsichtig, um ohne größeres Material eine bestimmte Ansicht auszusprechen (l. c. Seite 6/7).

Erst H. D o u v i l l é erklärte, gestützt auf ein Material, das aus Indo-China stammte und vor allem eine reiche Fülle der so interessanten, mit den echten Fusulinen s. str. nicht allzunahe verwandten <sup>1)</sup> Genera *Doliolina*, *Neoschwagerina* und *Sumatrina* enthielt, aus Gründen vergleichend-anatomischer Art die Fusulinen vorbehaltlos als unporös. Es geht aus seinen Schriften (1906) nicht ganz klar hervor, ob er seine Schlüsse auch auf Beobachtungen an *Fusulina* s. str. stützte, oder nur die Nebenformen (die, wie z. B. *Sumatrina Annae* V o l z, erheblich eindeutiger erscheinen und ja auch von V o l z richtig beurteilt [1904] worden waren) direkt berücksichtigte. — E. S c h e l l w i e n scheint bis zuletzt an der Porosität der Fusulinen festgehalten zu haben. Seine handschriftlich hinterlassenen Notizen lassen z. B. bezüglich der *Fus. obsoleta* (vgl. R. Seite 187) sowie der „*Fus.*“ *ventricosa* erkennen, daß trotz des unzweideutig auf *Fusulina* s. str. hindeutenden Gesamthabitus der genannten Spezies ihm die minimale Größe bzw. das völlige Fehlen der von ihm als Poren gedeuteten Strukturmerkmale die systematische Stellung längere Zeit zweifelhaft erscheinen ließ. (Für „*Fus.*“ *ventricosa* werde ich an anderem Orte die Zugehörigkeit zu dem Genus *Girtyina* nov. sub gen. näher begründen.) <sup>2)</sup> —

E. S p a n d e l erwähnte 1901 noch keinerlei Zweifel hinsichtlich der Poren der Fusulinen.

R. J. S c h u b e r t versprach 1908, an anderer Stelle Gründe gegen H. D o u v i l l é für die Porosität zu bringen.

Weiter unten wird über diese Frage noch eingehender zu sprechen sein. Zunächst ist eine objektive S c h i l d e r u n g d e s S c h l i f f b i l d e s selbst erforderlich. Wenn wir eine beliebige Wandstelle einer Fusuline in einem guten Schliff betrachten, so sehen wir ganz unabhängig von der Orientierung — nur tangentielle Schnitte weichen, wie später gezeigt werden soll, etwas ab — folgendes (vgl. Textfigur 6):

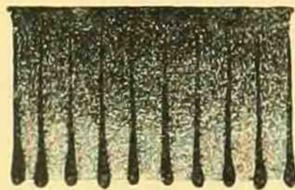


Fig. 6.

Schema der Struktur der Kammerwand. (Am Mikroskop gezeichnet, Vergrößerung ca. 1:50) Die Dicke eines Dünnschliffes (s) ist in gleichem Maßstabe beigelegt.

Die Peripherie des Umganges erscheint als eine äußerst dünne, dunkle, völlig kompakt aussehende Linie. Erheblich dicker — 0,25 mm kommen vor — zeigt sich eine heller getönte, graue Schicht, in der dunkle Streifen, ungefähr senkrecht zu der peripheren Deckschicht angeordnet, unterscheidbar sind. Diese Streifen sind sehr dünn, am inneren (unteren) Ende oft etwas keulig oder knopfig verdickt, ohne sich jedoch zu berühren, am oberen Ende undeutlich, zuweilen wie aufgefasert, so daß ihre Vereinigung mit der Außenlinie meist nicht gut erkennbar ist, zumal die helleren Zwischenstreifen hier im allgemeinen dunkler gefärbt erscheinen. Diese helleren Streifen sind durchschnittlich etwas dicker als die dunklen und enden ersichtlich vor der Berührung mit der Peripheralschicht

in einer schmalen Zone der Undeutlichkeit. Das ist zunächst alles.

Nur eine einzige Strukturart kann stets dieses Bild ergeben:

<sup>1)</sup> Vergleiche meinen Versuch eines Stammbaums in SCHW. Seite 485.

<sup>2)</sup> Schellwien scheint die Absicht gehabt zu haben, diese Form der wabenlosen Wandstruktur wegen zu den Fusulinellen zu rechnen.

Als Deutung bleibt nur die Annahme, daß die Peripheralschicht eine einheitliche, dichte, imperforate dünne Lage darstellt, und daß die dunklen Streifen an ihr — in der undeutlichen Zone — auf irgend eine Art befestigt sind, und zwar morphologisch in der Art von Waben. Die helleren Streifen entsprechen dem Inneren, also dem Hohlraum dieser Waben und stellen irgend ein optisch dünneres Medium dar. — Jede andere Auslegung ist mit räumlichem Denken schlechthin unvereinbar.

Wenn wir nach dieser objektiven Betrachtung der Tatsachen die Literatur durchsehen, so finden wir nicht ohne Verwunderung, daß G. H. Girty zuerst (1904) der Deckschicht an der Außenseite der Fusulinenschale eine Bedeutung beimaß, obwohl so gut wie alle Fusulinenabbildungen bisher sie deutlich erkennbar gezeigt hatten, und so bedeutende Foraminiferenkenner wie C. Schwager, V. v. Möller, E. Spandel, M. Gortani, E. v. Lörenthey und vor allen E. Schellwie n diesem so interessanten und stratigraphisch wichtigen Genus besondere Aufmerksamkeit zugewendet hatten.

Ein zweiter Umstand ist ebenso auffallend. Die Streifung ist als Beweis für die Porosität angesehen worden, aber als Poren wurden dabei gerade die dunklen Partien aufgefaßt. Auch G. H. Girty noch sagt ausdrücklich (l. c. Seite 237): *These rods or tubes are always considerably darker than the translucent wall which they pervade and are as a rule of somewhat lighter tint than the dense outer layer.* — Es liegt nicht nur keinerlei Notwendigkeit vor, die dunklen Streifen als hohl aufzufassen, sondern auch nicht die geringste Möglichkeit.

Hierbei ist nämlich folgendes zu beachten: Ein eventuell ursprünglich, d. h. bei dem lebenden Tier vorhanden gewesener Hohlraum der Schale wäre naturgemäß längst mit Gesteinsmasse (oder aber während der Anfertigung des Dünnschliffes mit dem Gestein nahezu optisch äquivalentem Kanadabalsam) ausgefüllt worden. Nur bei einer Ausfüllung mit einem schwächer lichtbrechenden Medium, z. B. Luft, würde eine primär hohle Röhre aber als dunkel erscheinen können. Somit können wir, wenn wir bei der Fusulinenschale primärhohle Wabenröhren als existierend annehmen wollen, diese lediglich als durch die helleren Streifen sich verratend annehmen.

Die von G. H. Girty bereits richtig beschriebenen, wenn auch nicht ganz zutreffend gedeuteten Helligkeitsabstufungen im mikroskopischen Bilde eines Dünnschliffes der Fusulinenschale (siehe das vorhergehende Zitat) sind bei meiner Auffassung der Wandstruktur ohne Schwierigkeit analytisch zu erklären.

Jeder Schnitt, der die Schale mehr oder weniger senkrecht trifft, also nicht tangential gerichtet ist, muß das peripherele Dachblatt in der ganzen Dicke (ca. 0,04 bis 0,06 mm) des Dünnschliffes enthalten, also als tiefdunkle Linie zeigen. Das Wabenwerk ist fast stets so fein, daß jeweils mehrere seiner Elemente in den Schliffbereich fallen. Die abwechselnd hellen und dunklen Streifen ergeben sich daraus, daß sich immer die Summe von  $n$  dunklen und  $n + 1$  hellen Strukturteilen etwas lichter projiziert, als die Summe von  $n$  hellen und  $n + 1$  dunklen Elementen. Es folgt daraus, daß der Helligkeitsunterschied der Streifen um so größer sein muß, je kleiner innerhalb der Schliffdicke der Wert  $n$  ist, was sowohl durch die relative Größe der Elemente, als durch die Dünne des Schliffes veranlaßt sein kann. Es ist somit so gut wie niemals die einzelne Wabenscheidewand oder die einzelne Hohlwabe, die der Schliff zeigt (vgl. die „undeutliche Zone“).

Wir haben also (mit G. H. Girty)<sup>1)</sup> drei Helligkeitsnuancen zu unterscheiden:

1. Das Dachblatt ist im Schliffbild am dunkelsten.
2. Die bis zur Außenschicht reichenden (confined entirely to the revolving wall, l. c. Seite 238) dunklen Streifen zeigen mittlere Lichtstärke.
3. Die hellen Streifen sind am lichtesten.

Einer so gleichsam erdrückenden Majorität gegenüber, wie sie die Arbeiten und Ansichten von Carpenter (1870), v. Möller (1878/79), Schwager (1886/87), Schellwien (1897 bis 1906), v. Lörenthey (1898), Spandel (1901), Gortani (1902/07) und Schubert (1907/08) darstellen, gestützt nur auf sehr vorsichtig geäußerte Bedenken, nicht Gegenbeweise, von Girty (1904) und Yabe (1906), sowie auf Analogieschlüsse nach anderen Gattungen von Volz (1904) und Douvillé (1906), bedarf meine Behauptung der Porenlosigkeit der Schale von *Fusulina* s. str. noch eingehenderer Begründung.

Ein immerhin ins Gewicht fallender Gesichtspunkt scheint mir in dieser Frage auch die Größe der angeblichen Poren zu sein. Das feine Streifenwerk von *Fus. obsoleta* z. B. zählt auf 0,115 mm 13 Paar Streifen. Wenn ich entsprechend der üblichen Auffassung die etwas dünneren dunklen Striche als Poren ansähe, so wäre der Wert  $\frac{0,115}{26}$  mm = 0,004423 mm noch etwas

zu groß. Bei einer Wanddicke, also Röhrenlänge, von 0,035 mm wäre in diesem Falle ganz sicher die Kapillarkraft und Adhäsion bzw. Reibung an der Röhrenwandung zu stark, als daß überhaupt eine physiologische Funktion derartiger „Poren“ recht möglich wäre (Osmose?). Nicht nur ein Austreten von Pseudopodien, sondern auch ein „Atmen“ ließe sich hierdurch nicht bewerkstelligen.

Die bisherige Anschauung kleidet E. Spandel recht anschaulich in die Worte (l. c. S. 17): „Die Kammerdecken sind perforiert, die Zwischenwände — Septen — nicht. Die sich beim Schalenbau geltend machende Ökonomie äußert sich, indem nur das längere Zeit freibleibende Deckengewölbe mit Poren zum Aussenden von Plasmafäden versehen wird, während die Zwischenwand, welche durch die Öffnungen schon genug Raum zum Austritt der Plasmafäden gewährt und übrigens sogleich durch eine neugebildete Kammer wieder verschlossen wird, dicht hergestellt wird.“<sup>2)</sup> Der kürzeste Weg der Sarkode einer eingeschlossenen Kammer, mit der Außenwelt zu verkehren, bleibt immer der durch die Poren des Deckengewölbes; durch dasselbe wird wohl auch die Ernährung und die Ausscheidung der von dem Ende der Kammerreihe fernliegenden Sarkodenabschnitte stattgefunden haben“.

Auch Spandels recht gute Abbildung von *Fus. cf. regularis* (l. c. S. 18, = *Fus. secalis*) zeigt mit vollster Deutlichkeit ein dichtes peripheres Blatt, das „die Poren, welche mit einem dunklen Metalloxyde erfüllt sind“, nach außen abschließt. Auch hier ist also der Widerspruch, der in der Auffassung der dunklen Septen als Schalenteil, der ebenfalls dunklen Streifen als Poren, der hellen Streifen wiederum als Schalenteil liegt, nicht konsequent gelöst, sondern durch ein völlig hypothetisches dunkles Metalloxyd, das die

<sup>1)</sup> In seiner letzten Veröffentlichung (U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. LVIII 1908) meint Girty indessen wieder, daß es zweifelhaft wäre, ob die dunklen Streifen Poren (tubular pores, hollow tubes) oder Stäbe (rods) darstellen. Eine Reihe weiterer unzutreffender Behauptungen dieser Schrift werde ich an anderem Orte richtig stellen.

<sup>2)</sup> Da es sich tatsächlich gerade umgekehrt verhält, müssen diese teleologischen Konstruktionen leider fortfallen.

dunkle periphere Lage ebensowenig erklärt, wie die Dunkelheit der Septen, beiseite geschoben worden. Obwohl bei amerikanischen Fusulinen dunkle Infiltrationen nicht selten sind (z. B. bei den Formen aus Texas), habe ich Grund zu glauben, daß wohl fast stets nur die festen Wandteile sich imprägnieren, nicht aber die Poren. Auch wäre es doch höchst gewagt, die bei sämtlichen Fusulinen aller Weltgegenden gleichartig auftretende Streifenanordnung durch eine nachträgliche Metalloxydinfiltration erklären zu wollen, die dann stets in gleicher Intensität eingetreten sein müßte, unabhängig vom Charakter des Einbettungsgesteines. Spandels Abbildung zeigt zudem so sehr alle Merkmale normaler Erhaltung, daß ich seine Deutung nicht als den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend ansehen kann.

Eine Lösung der Frage wäre lediglich von tangentialen Schliffen zu erwarten. Schellwien hat zwei solche Schliffe gegeben (Textfigur 8). Um konsequent zu sein, ist es unbedingt notwendig, in Schliffen aller Orientierungen stets hell und dunkel jeweils gleich zu deuten.

Wenn wir nun also (irrtümlich!) in zentralen Schliffen die Poren fälschlich als dunkel angesehen haben, so müssen wir uns nach den eben genannten Figuren Schellwien's (vgl. Textfigur) die Wandstruktur, um logisch konsequent zu bleiben, in sehr eigenartiger Weise denken: Eine Anzahl von freistehenden, sich gegenseitig in keiner Weise stützenden, hellen Pfeilern würde dann die Wand bilden. Diese offenbare

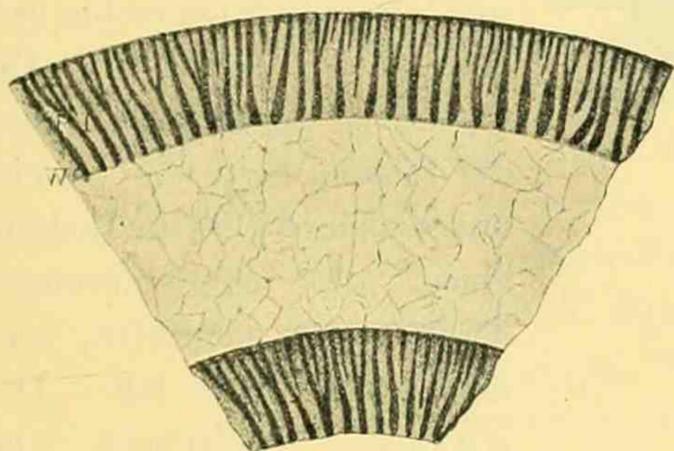
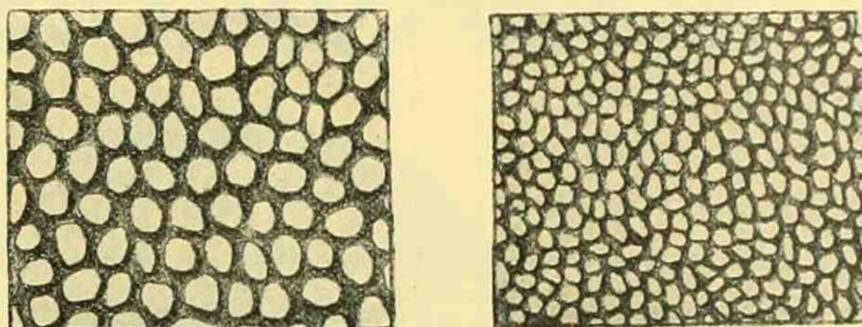


Fig. 7.

Schnitt durch die Schale einer Fusulina aus Illinois (Gruppe der *Fus. secalis*), „welcher die Teilung der Kanäle gegen die Aussenseite hin zeigen soll“. Nach Schellwien (A. XXII 3), Vergrößerung 1:100.



A

Fig. 8.

B

Tangentiale Schnitte durch die Kammerwand von *Schwag. princeps*, A in der Nähe der Innenseite, B in der Nähe des Dachblattes getroffen. Zur Orientierung vgl. Figur 7. Nach Schellwien (A. XXII 5, 6), Vergrößerung 1:150.

Unmöglichkeit scheint ganz unwillkürlich und ihm selbst unbewußt Schellwien in diesem Falle zu der Ansicht gedrängt zu haben, daß in den erwähnten Schliffbildern dunkel ausnahmsweise die eigentliche, feste Wand erschiene, durchbohrt von zahllosen hellen Porenröhren.

Wenn man bei tangentialem Schleifen sich einem Umgange langsam nähert, so schneidet man zunächst die äußere dunkle Dachsicht an. Durch das in sie geschliffene Loch sieht man, wie durch ein Fenster, das Wabenwerk, das wie auf den zitierten Bildern Schellwien's erscheint und in seiner soeben besprochenen, von seiner sonstigen Auffassung abweichenden Weise zu deuten ist. Der Rand des Fensters bleibt dunkel, was natürlich sehr stark für meine Anschauung spricht.

Bei weiterem Schleifen durchbohrt man, zunächst in der Mitte, auch das Wabenwerk in seiner gesamten Stärke. Durch dieses neue Fensterloch sieht man in die Höhlung des Umganges hinein.

Zuweilen läuft in ihr in der Richtung von Pol zu Pol ein Septum, das hier oben, d. h. nahe der Kammerwand, noch fast ungefältelt zu sein pflegt und daher ziemlich geradlinig sich durch das Feld des Fensters hinzieht. Ein netzartiger Rand, das Wabenwerk, faßt ringsum die Öffnung in schmalen Saume ein, selbst von einem dunklen Streifen, dem Dachblatte, eingerahmt.

Bei noch weiterem Schleifen erscheint in der Mitte des hell erscheinenden Hohlraumes wieder ein dunkler Schatten: das Dachblatt des folgenden nächstinneren Umganges.

Als ein Beispiel dieser Möglichkeit, die Lage des Schliffes aus dem Schliffbilde zu konstruieren, will ich zu einem von H. Y a b e (1904) veröffentlichten Tangentialschnitte die Orientierungsprojektion geben (vgl. Textfigur 9). Der Schliff stellt nicht eine *Fusulina* s. str., sondern eine *Neoschwagerina* (*N. globosa* Y a b e) dar, die sich durch eine eigenartige, bei *Fusulina* fehlende Dachskelettkonstruktion auszeichnet. Diese wiederholt gleichsam in vergrößertem Maßstabe das Wabenwerk des Daches in einem System nahezu rechtwinklig sich kreuzender „Pseudosepten“, die ihrerseits, bis zu etwa

einem Drittel der Umgangshöhe hinabreichend, auf spirale, tonnenreifartig die vorhergehende Windung gürtende Leisten sich stützen.

Das Mittelfenster zeigt uns von links nach rechts verlaufend die Septen (b). Die Divergenz dieser Septen nach der rechten Seite hin beweist uns, daß der Schliff die Medianebene des spindelförmigen Tieres nicht schneidet, sondern rechts liegen läßt. Das schwarze Gitterwerk im Inneren des Fensters zeigt in vortrefflicher Anschaulichkeit die sagittal (d) und axial (c) verlaufenden „transverse septa“ Y a b e s, bei denen ich auf dem Schliff selbst, den Herr H. Y a b e mir in liebenswürdigster Weise zeigte, deutlich eine minutiöse Wabenstruktur erkennen konnte. Die Reproduktion gibt diese

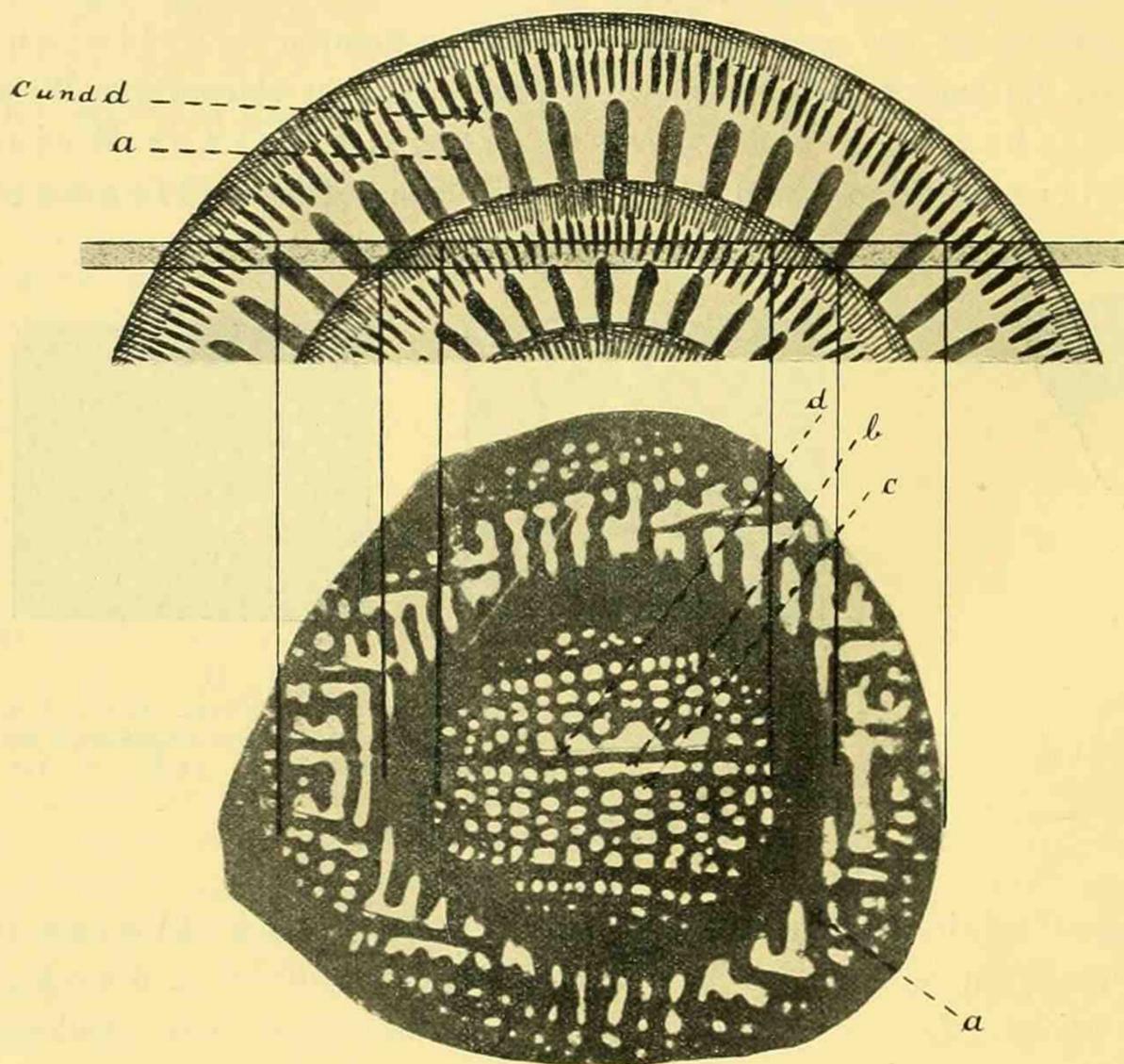


Fig. 9.

Schema der Lage eines tangentialen Schliffes von *Neoschwagerina globosa* Yabe (l. c. Taf. III 1). b) Septen, c) axiale, d) sagittale wabentragende Dachreifen, a) wabenlose Basalreifen, Vergrößerung 1:20.

Details leider nicht wieder. Der dunkle Ring des Fensterrahmens zeigt auf dem Schliff gleichfalls diese Waben, außen eingefast von dem bei starker Vergrößerung etwas schattenhaft undeutlichen, weil schräg geschnittenen, Dachblatt.

Rings um diesen dunklen Gürtel treten wir in die Basisregion des nächstäußeren Umganges ein. Die Tonnenreifen sind als parallele, von oben nach unten verlaufende Streifen sichtbar. Auch diese

Zone geht nach außen über in das wabentragende Gitterwerk, welches dem Inneren des Fensters entspricht und die obere Region dieses Umganges darstellt. Ein dunkler Gürtel, genau ebenso konstruiert wie der vorige, schließt das Bild ab.

Zusammengefaßt lauten meine Gründe gegen die Porosität der Fusulinenschale folgendermaßen:

1. Die Fusulinen stammen wohl sicher (nach Schwager, Schellwien, Lienau und mir) von dem mit Recht allgemein (nur Schwager<sup>1)</sup> vermutet Poren, ohne jedoch einen Beweis führen zu können) als porenlos anerkannten Genus *Fusulinella* ab (vgl. SCHW. Seite 485—492).
2. Die Zentralkammer der Fusulinen (vielleicht sogar zuweilen eine oder einige der ersten Umgangskammern) ist unbedingt porenlos (Seite 18).
3. Das Dachblatt erscheint in sämtlichen Schliffen als dichte, tiefdunkle, imperforierte Linie.
4. Analogiebeweise:
  - a) Alle ähnlich konstruierten Foraminiferen sind porenlos (vgl. *Alveolina*, *Orbitolina*, *Loftusia*, *Sumatrina* etc.).
  - b) Die Poren der wirklich perforaten Formen sind wesentlich größer und anders angeordnet (in weiteren Abständen voneinander), als die bisher als Poren gedeuteten Strukturteile (dunkle Streifen sagittaler und axialer, bzw. helle Flecken tangentialer Schliffe!) der Fusulinenschale.
  - c) Durch Entartung resp. Milieu-Einflüsse entstehen aus normalen, typischen Fusulinen neben extrem kurz- und feinwabigen Übergangsformen (z. B. *Fus. obsoleta* Schellwien) auch unzweifelhaft imperforate (wabense) Typen (*Girt. ventricosa*).
  - d) Die bei *Fusulina* z. T. und bei der direkt von ihr abzuleitenden *Schwagerina* v. Möllere m. v. St. auftretenden Septenporen sind wesentlich größer, weniger dichtstehend und anders geformt (nicht enge, lange Röhren), als die sogenannten Poren der Wand.
5. Die Kleinheit und Form würde bei einer wirklich porösen Struktur der Fusulinenwand jede physiologische Funktion derselben erschweren oder auch wohl gänzlich ausschließen. (Ich möchte hierbei eine direkte Porentätigkeit von eventueller Osmose durch das Dachblatt hindurch unterscheiden.)

Zu diesen Punkten kommt noch ein Moment hinzu, das auf die bisherige Auffassung ein eigenartiges Licht wirft und sie noch mehr, als es schon die oben angegebenen Gründe tun, als ein Produkt theoretischer Spekulation, nicht aber exakter Beobachtung hinstellt. Es dürfte nämlich aus optisch-technischen Gründen, die in dem Wesen des Dünnschliffes liegen, völlig unmöglich sein, eine Porosität des Dachblattes, selbst wenn sie tatsächlich vorhanden wäre, wirklich exakt zu erweisen:

Nur ein tangentialer Schliff, der von der Wand lediglich das Dachblatt selbst enthielte, im übrigen aber außerhalb läge, würde den Nachweis bringen können, wenn dann in einer dunkleren Grundfläche helle Flecken auftreten würden. Sowie diese aber erscheinen würden, läge der Verdacht vor, daß ein Teil des Wabenwerkes sich mit im Schliff befände, da ja in diesem Falle

---

<sup>1)</sup> Gegen ihn und Brady vgl. Neumayr (1887, l. c. Seite 27—28). Für die Frage des systematischen Wertes der Poren sei bemerkt, daß, wenn auch die Kammerwand der Fusulinen porenlos sein dürfte, doch die Existenz echter Septenporen gegen die vielfach übliche Überschätzung des Gegensatzes: perforat — imperforat ins Gewicht fällt.

unabhängig von der Struktur des Dachblattes das gleiche Bild sich projizieren müßte! Ein exakter Beweis, daß trotzdem nur das Dachblatt vom Schliff erfaßt sei, dürfte aber der Natur der Sache nach ausgeschlossen sein. —

Da die Wandstruktur nach dieser Auffassung anders gedeutet wird, als es bisher, mit Ausnahme von H. Douvillé, geschehen war, ist eine neue Bezeichnungsweise erforderlich.

Die äußerste periphere dichte Schicht sei als *D a c h b l a t t* bezeichnet, nach dem Vorgange von W. Volz.

Das von ihm wohl nicht benannte „système piliaire“ H. Douvillés ist am besten mit dem Worte *W a b e n w e r k* wiederzugeben, bzw. durch dasselbe zu ersetzen. (Das bei *Sumatrina Annae* Volz auftretende kleine quadratische Netzwerk ist vielleicht mehr dem selbst wabentragenden Gitter der *Neoschwagerina globosa* Y a b e — vgl. Textfigur 9 c und d —, als dem typischen Wabenwerk der Fusulinen gleichzusetzen. Doch ist dieser Punkt noch nicht geklärt, da an den Originalschliffen von W. Volz es mir nicht gelang, mit voller Sicherheit irgend ein feinmaschiges Wabenwerk aufzufinden.)

Demnach wäre vielleicht folgende Bezeichnungsweise einheitlich für alle Fusuliniden vorzuschlagen:

*T a b e l l a r i s c h e U e b e r s i c h t d e r S t r u k t u r e l e m e n t e b e i d e n F u s u l i n i d e n .*

Dichte, unporöse periphere Schicht . . . . .	} Dachblatt	} W a n d .
Feine sich durchkreuzende Lamellen, die zwischen sich „Röhren“ einschliessen und auf dem Dachblatte senkrecht aufsitzen . . . . .	} Wabenwerk	
Wabentragende, ein quadratisches Gitterwerk bildende axiale und sagittale Reifen, die sich gleichsam als Verlängerung des Wabenwerkes darstellen	(Dachskelett) Gitterwerk	} H i l f s - s k e l e t t .
(Mehr als zwei) fassreifenartig um die Umgänge spiral herumlaufende, dem Dachblatt der nächstinneren Windung aufgelegte sagittale Streifen (ohne Waben) . . . . .	(Basalskelett) Tonnenreifen	
Zwei submediale, beiderseits die Mundspalte einschliessende derartige Streifen	(Basalskelett) Medialreifen	
Meist nur aus dem Dachblatt bestehende, zuweilen Waben (sehr selten) oder grobe wirkliche Poren tragende Abbiegungen der Kammerwand . . . . .	} . . . . .	} S e p t e n .

Demnach wäre bei den einzelnen bisher bekannt gewordenen Formen vorhanden:

<i>Fusulinella</i> und Gruppe der <i>Fus.</i> ( <i>Girt.</i> ) <i>ventricosa</i>	<i>Fusulina</i> s. str. und <i>Schwagerina</i> s. str.	<i>Verbeekina</i> nov. gen. (SCHW. Seite 476)	<i>Doliolina</i> s. str. (em. v. S.) (SCHW. Seite 476 Anm. 2)	Gruppe der <i>Neoschwagerina globosa</i> Y a b e
Dachblatt.	Dachblatt.	Dachblatt.	Dachblatt.	Dachblatt.
—	Wabenwerk.	Wabenwerk.	(Wabenwerk?)	Wabenwerk.
—	—	—	—	Dachskelett.
—	—	—	Tonnenreifen.	Tonnenreifen.
Bei <i>Fusulinella</i> , <i>Fusulina</i> s. str. und <i>Schwagerina</i> s. str. teilweise Medialreifen.		—	—	—
Septen.	Septen.	Septen.	Septen.	Septen.

Bei *Sumatrina Annae* wage ich nicht zu entscheiden, wie das entsprechende Schema zu lauten hätte. Falls keine Abweichung von dem der *Neoschwagerina globosa* vorliegen sollte, wäre wohl H. Y a b e s Einbeziehung in das Genus *Neoschwagerina* gegenüber H. D o u v i l l é s und R. J. S c h u b e r t s Ansicht zu Recht erfolgt. Doch wird die Frage, ob gar kein, ein sehr feines, oder aber ein sehr grobmaschiges Wabenwerk vorliegt, erst nach der eingehenden Bearbeitung <sup>1)</sup> dieser bisher noch wenig bekannten Formen sicherzustellen sein.

Auch über die Gruppe der *Neoschwagerina craticulifera* S c h w. wäre ein abschließendes Urteil wohl noch verfrüht. Erwähnt sei hier nur, daß bei ihr das eigenartige Dachskelett nicht nur in tangentialen, sondern auch in axialen und sagittalen Schnitten in vorzüglicher Deutlichkeit zu beobachten ist. Die sich kreuzenden Dachreifen erscheinen als schmale Zonen einer Verlängerung des Wabenwerks. Die sagittalen Zonen entsprechen in Zahl und Lage den Tonnenreifen des Basalskelettes, mit denen sie in axialen Schliften häufig verschmelzen. Da hierbei die Dachreifen senkrecht gestreift (meist ist am unteren Ende eine schwache Fächerstruktur wahrnehmbar), die Basalreifen dicht und dunkel sich projizieren, ist der Anteil jeder der beiden Komponenten ohne weiteres zu unterscheiden (Textfigur 10).

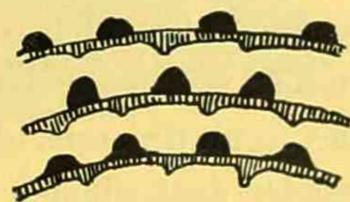


Fig. 10.  
Basal- und Dachskelett von *Doliolina lepida*. Den dunklen Flecken der Basalreifen entsprechen sagittale Verlängerungen des Wabenwerkes des Dachskeletts im gleichen Umfange. (Vgl. Schw. 10).

G r ö ß e n a n g a b e n sind bei dem wechselnden Habitus der Fusulinen nicht in einer allgemeingültigen Weise für die Dicke der Wand, bzw. die Dimensionen ihrer einzelnen Strukturteile zu machen. Immerhin dürften die oben angeführten Ziffern für *Fus. Krafftii* <sup>2)</sup> und *Fus. obsoleta*

<sup>1)</sup> die mein Freund G. D y h r e n f u r t h auf meine Anregung unternommen hat. Herrn Dr. Y a b e erlaube ich mir, ebenso wie Herrn Prof. V o l z, für die mir gütigst gestattete eingehende Durchsicht ihrer Originalschliffe auch an dieser Stelle nochmals ganz besonders zu danken.

<sup>2)</sup> Vgl. Textfigur 4!

(vgl. Seite 30) den Extremen nahe kommen. Bezüglich der mittleren Werte genügt es, auf die zahlreichen Maßangaben, die namentlich Schellwien veröffentlicht hat, zu verweisen.

Ein wichtiger Punkt ist bei Größenangaben der Wandstärke wohl zu beachten, der bisher nie berücksichtigt worden ist: Im Medialschliff zeigt sich, daß in der Nähe der Abbiegungsstelle eines Septums die Wand jeweils wesentlich an Stärke zunimmt, d. h. das Wabenwerk länger herabhängt. Es ist demnach beim Axialschliff von erheblicher Bedeutung für die Beurteilung der Dickenverhältnisse der Wand, zu wissen, wie weit von einer Septenabbiegung entfernt der Schnitt an jeder Stelle liegt. Wenn die Ansatzstelle des Septums im Schliff liegt, so erscheint der Unterrand der Wand oft eigenartig unscharf, gewellt, und daher die Wanddicke stellenweise etwas verstärkt. Wenn in sehr spitzem Winkel die Knickungsstelle geschnitten wird (namentlich in der Nähe der Pole tritt dieser Fall öfters ein) erscheinen auch direkt Einbiegungen der Wand. Fast jeder Axialschliff läßt diese Verhältnisse beobachten (vergleiche besonders Taf. I 7, II 2 sowie R. XIX, 11 und R. XV, 5).

Messungen an Axial- wie an Medialschliffen müssen demnach möglichst den kleinsten meßbaren Wert berücksichtigen. Natürlich gilt diese Regel bei Axialschnitten nur für die Mittelpartie, da polwärts eine allgemeine Abnahme der Wandstärke sich einzustellen pflegt. — Die Wichtigkeit dieses Punktes geht u. a. daraus hervor, daß ein so guter Foraminiferenkenner, wie Schellwien in einigen Fällen durch Außerachtlassung dieser Erwägungen zu unrichtigen Schlüssen gedrängt worden ist. So sind z. B. bei *Fus. Verneuli* die einzelnen unregelmäßig verdickten Stellen, die Schellwien bei der Besprechung der Wand sogar in die Speziesdiagnose aufgenommen hat (R. Seite 175), als mindestens zum weitaus größten Teil lediglich durch die Schlifflage vorgetäuscht zu streichen.

Anormale Bildungen werden später besprochen werden (Seite 135—142) ebenso die Art, in der der Aufbau der Wand erfolgt.

Die Festigkeit der Schale ist durch die geschilderte Wabenstruktur in Verbindung mit einem Dachblatte verhältnismäßig außerordentlich groß und mit einem relativ recht geringen Aufwand von Baumaterial erreicht. Da die Fusuliniden offenbar wohl von agglutinierenden, also sandigen Grund bewohnenden Vorfahren abstammen und in Lebensverhältnisse gelangten, in denen immer steigende Ansprüche an ihre Schalenstabilität gestellt wurden, so bedeutete das Aufgeben des Agglutinierens einen beträchtlichen Materialverlust, der nur durch eine sehr ökonomische Bauart wieder ausgeglichen werden konnte.

### III. Das Septum.

Da sich das Septum in allen Fällen als eine Abbiegung der Kammerwand darstellt, ist es von vornherein klar, daß wir in ihm nur die normalen Elemente des Schalenbaues erwarten dürfen. Als unerläßlich haben wir das Vorhandensein eines Dachblattes erkannt, das andererseits auch ganz allein als Kammerwand funktionieren kann (*Zentralkammer, Fusulinella, Girt. ventricosa*). Der zweite wichtige, aber nicht unentbehrliche Faktor ist das Wabenwerk.

Rein theoretisch genommen haben wir somit zwei Möglichkeiten der Septalstruktur zu erwarten: Dachblatt allein und Dachblatt mit Wabenwerk. Beide Konstruktionsarten finden wir bei den Fusuliniden tatsächlich ausgeführt, wenn auch die erstgenannte weitaus häufiger und die zweite eigentlich nur im oberen Teile des Septums normalerweise vorkommt.

Um in einem sehr wichtigen Punkte keinen Zweifel zu lassen, sei hier nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß eine *Einkerbung* der Septen, wie sie v. Möller und Schwager behaupteten, und die Schellwien (A. Seite 241, Anm. 2 und 257, Anm. 4) noch nicht völlig in Abrede stellen mochte, niemals und unter keinen Umständen sich findet. Wie später gezeigt werden soll (Seite 96 ff.), würde eine derartige Bauart auch physiologisch in bezug auf den Vorgang der Schalenbildung ganz undenkbar sein.

Die Form des Septums ist im allgemeinen die eines Vorhanges, der sich mehr oder weniger rechtwinklich von der jeweils zuletzt gebildeten Kammer in einer Linie abbiegt, die mit der Axe ziemlich in einer Ebene liegt. Nach unten zu wellt sich der Vorhang, so daß sein Saum sich in oft überaus regelmäßig abwechselnd vor- und rückwärts gewölbte Falten legt. In vielen Fällen bleibt der mittelste Teil des Septums auf einer Strecke, die von einem Zehntel bis zu fast einem Drittel der ganzen Länge variieren kann, ziemlich faltenfrei. Diese Region, die durch die Medianebene halbiert werden, aber auch ziemlich weit seitlich verschoben erscheinen kann, ist von früheren Autoren *Mundspalte* genannt worden.

Dieser *Mundspalte* ist vielfach eine etwas übertriebene Bedeutung beigelegt worden, indem man fälschlich annahm — noch Douvillé 1906 tut es — daß sie die einzige Kommunikationsöffnung der Sarkode von Kammer zu Kammer bedeute. Da, wie bereits bemerkt wurde, Douvillé nur ein begrenztes Material zur Verfügung hatte, ist seine unzutreffende Auffassung ohne weiteres erklärlich. An anderer Stelle (Seite 52) soll ausdrücklich gezeigt werden, in welcher Art die Sarkodeaustrittsstellen beim Schalenaufbau physiologisch funktionierten. Hier mag nur darauf hingewiesen werden, daß es auch völlig mundspaltenlose Fusulinen gibt (vgl. z. B. Textfigur 11, Taf. II 2, R. XIX 11). — Da in solchen Fällen es unbedingt notwendig ist, die Existenz anderer Verbindungsöffnungen anzunehmen, ist schon aus Analogiegründen eine derart bevorzugte Stellung der Mundspalte auch bei den mit ihr versehenen Formen recht wenig wahrscheinlich.<sup>1)</sup>

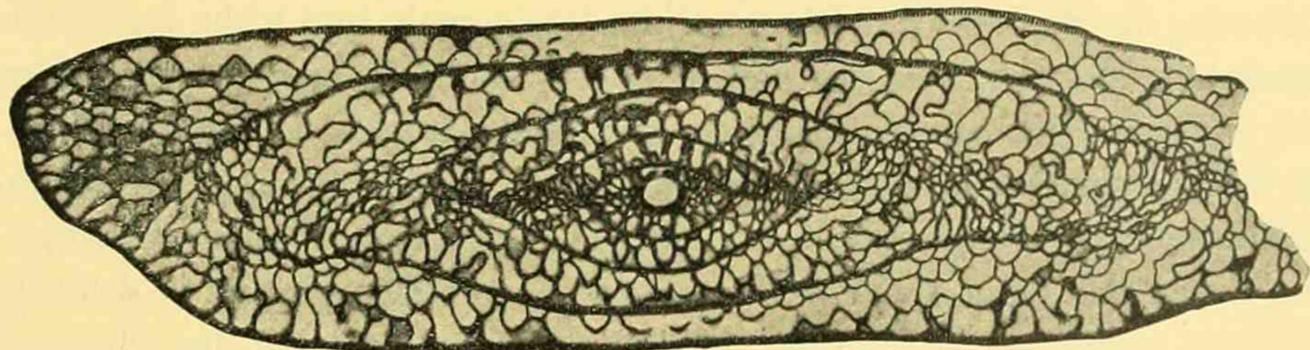


Fig. 11.  
Axialschnitt von *Fus. compliacata* (Klein-Asien), zeigt keine Mundspalte. (Zeichnung auf Mikrophotographie, Vergr. 1:10.)

Die Fältelung der Septen ist in ganz besonders ins Auge fallender Weise an dem Charakter des Schliffbildes beteiligt. Die zufällige Orientierung des Axialschliffes, namentlich gegenüber dem oder den in ihm ganz oder teilweise liegenden Septen, gibt eine so überreiche Fülle von wechselnden Bildern innerhalb der gleichen Spezies, daß im Anfange der Beschäftigung mit den Fusulinen hier sehr leicht ein Gefühl der Unsicherheit und Ratlosigkeit eintreten kann. Um durch die verwirrende Formenmenge einen leitenden Ariadnefaden zu gewinnen, ist es notwendig, diejenigen bildgebenden Elemente gesondert zu betrachten, die für die Spezies, resp. deren Bauplan, nicht aber nur für die einzelne Schlifflage typisch sind.

<sup>1)</sup> Vor allem widerspricht ja auch die von mir nachgewiesene Existenz echter Poren in den Septen gewisser Fusulinen der genannten Annahme.

Wenn wir uns eine Ebene um die Axe entgegen dem Sinn der Windungsrichtung langsam gedreht denken und die einzelnen Stadien ihrer Schnittfigur mit einem Septum nacheinander vorstellen, werden wir am leichtesten eine klare räumliche Vorstellung gewinnen können.

Bei dieser Betrachtungsweise wird zunächst die Unterkante des medialen Teils des Septums vom Schnitt getroffen werden, da er meist ganz schwach nach aus- oder einwärts geschwungen ist, wie schon die Außenansicht isolierter Exemplare zeigt (vgl. Textfigur 1 und Taf. I 3). Wenn eine Mundspalte vorhanden ist, d. h. die Mittelpartie des Septums sowohl fast faltenfrei ist, als einen mehr oder weniger breiten Schlitz zwischen dem Untersaum des Septums und dem Dachblatt der nächstinneren Windung läßt, so kann hier nur ein dunkler Schattenstreifen, um die Höhe des Schlitzes von dem Dachblatt des nächstinneren Umganges getrennt, sichtbar werden. Die Höhe dieses Schattens richtet sich nach der Dicke des Schliffs und der Krümmung des betreffenden Septums. Fast nie reicht demzufolge, in Anbetracht der meist starken Wölbung der Abbiegungsstelle, der Schatten völlig bis zu der Wand desjenigen Umganges herauf, dem er (als Septum) zugeordnet ist. Da das Septum nicht allzudick ist im Verhältnis zur sagittalen Länge der Kammern (Septenabstand), folgt, daß nur relativ selten im Schliff die Mundspaltenregion überhaupt ein Septum zeigt. Daher erscheint diese in axialen Schliffen zumeist hell (vgl. R. XX 13).

In den seitlich gelegenen, stärker gefalteten Teilen (bezw. auch in der Medialregion der mundspaltenlosen Spezies) ist das Schliffbild wesentlich anders. Da meist nur der untere Teil des Septums gewellt ist, und nach oben zu der Vorhang faltenlos herabhängt, trifft unsere axiale Schnittebene bei weiterer Drehung zunächst die Vorbiegungen des Untersaumes. Diese werden sowohl seitlich als auch nach oben zu geschnitten, so daß ein Bogen etwa in Halbkreisform sich projiziert, der von einer dunklen Linie, die meist nur unwesentlich stärker sein wird als die Dicke des Septums, gebildet wird. Bei weiterer Drehung werden diese Bögen immer höher werden, bis die nach oben zu einsetzende Glättung des Septums den Oberrand der Bögen mehr und mehr verbreitert und schließlich verwischt erscheinen lassen wird. Zuweilen erscheint dann als Schatten der Oberteil des Septums im Bilde.

Da die Vor- und Rückbiegungen zweier Septen sich in der Mitte der axialen Kammern zu treffen pflegen, wie etwas abgewetzte oder ein wenig angeschliffene Exemplare, die aus dem Gestein herauspräpariert sind, schon dem bloßen Auge zeigen, so treten nach einiger Zeit die Rückbiegungen des ersten und dann die Vorbiegungen des zweiten Septums in das Schliffbild ein. Entsprechend

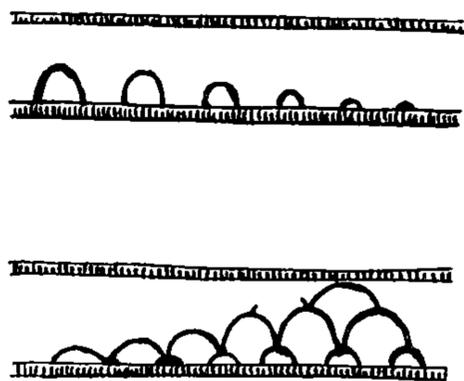


Fig. 12.  
Schema zur Erklärung des „Reitens“ der Halbbögen der Septenfaltendurchschnitte in Axialschliffen. (SCHW. 2, 3.)

der medialen Vorwärtswölbung des ganzen Septums werden demnach namentlich bei den stärker gebläht-spindelförmigen Spezies (mehr noch den kugeligen Gattungen: *Schwagerina* und *Verbeekina*) von der Mitte nach den Polen zu immer mehr (spätergebildete) Septen angeschnitten werden. An den Polen selbst wird dies am stärksten augenfällig werden. (Der Grund dieser Erscheinung ist auf Seite 53 auseinander gesetzt.) So erklärt sich denn auch die Tatsache, daß an den Stellen, an denen wieder ein neues Septum sich zu dem älteren polwärts ablösend gesellt, immer gleichzeitig zwei Septen vom Schliff getroffen werden. Da — bei *Fusulina* — beide naturgemäß, auf die Wellung bezogen, in verschiedenen Phasen geschnitten werden, ergibt sich ohne weiteres die Erklärung der Erscheinung des *Reitens* der Bögen aufeinander (vgl. die schematische Textfigur 12).

Wenn wir uns nun die Frage vorlegen, welche für die Spezies bezeichnenden, nicht nur allein die Schlifflage charakterisierenden Merkmale des Septums im

Axialschliffbilder sich überhaupt zeigen können, so sind es vor allem folgende Punkte:

- a) Die relative Höhe, bis zu der hinauf die Bogenform als solche unverwischt sichtbar bleibt, gibt an, ob nur der unterste Saum oder fast die ganze Höhe des Septums von der Fältelung ergriffen wird.
- b) Die relative Grobmaschigkeit des Septal-Netzwerkes an den Polen ist ebenso wie die Höhendifferenz je zweier aufeinander reitenden Halbbogenreihen ein weiterer Maßstab für die relative Fältelhöhe der Septen (vgl. a).
- c) Die Art, in der die Halbbögen je eines Septums von der Mitte bis zu den Polen hin wachsen und am Oberrande undeutlich verbreitert erscheinen, gibt einen Anhalt für die Intensität und für die Wellungs-Abstände der Fältelung.
- d) Eine größere Entfernung des Beginnes des Reitens der Halbbögen von der Mitte ist bezeichnend für eine relativ geringe Fältelungsintensität und die ziemlich genau in einer axialen Ebene liegende, also nur wenig nach vorwärts geschwungene Richtung des Septums.

Diese Merkmale sind jedoch stets noch zu korrigieren durch die allgemeine Gestalt der betreffenden Spezies. Ein sehr langgestreckter zylindrischer Typ hat naturgemäß so wie so eine stärkere Tendenz zu einer streng axialen Richtung der Septen (vgl. auch Seite 131), so daß das unter d) angeführte Kriterium sich hier nur *cum grano salis* für die Intensität verwenden läßt. Umgekehrt aber ist bei sehr geblähten Formen (z. B. bei *Fus. secalis* Say em. v. St.) die große Breite einer faltungsarmen Mittelregion natürlich ganz besonders beachtenswert. Übrigens kann auch ein weiterer Septenabstand (größere Kammerlänge) stärker vorwärts geschwungene Septen in ihrem Einfluß auf den Punkt d) nahezu oder wohl auch gänzlich kompensieren (vgl. z. B. *Schwag. fusulinoides* Schellwien).

- e) Das häufige Auftreten von mattgrauen Schatten, die durch ein streckenweises Zusammenfallen der Schliffebene mit dem Septum entstehen und sich scharf von den dunkleren, schmalen Begrenzungslinien der Halbbögen unterscheiden, bezeichnet — je nach Grad und Art — eine geringe Fältelungsintensität entweder im Ober- oder im Unter- teil des Septums, in der Medialregion oder aber im allgemeinen.

Um das Verständnis dieser nicht ganz leicht „einzusehenden“ Verhältnisse etwas schneller zu vermitteln, will ich an einigen charakteristischen Beispielen zeigen, was einzelne Axialschliffe besagen. Die Gruppe der *Fus. alpina* Schellwien zeichnet sich durch eine sehr intensive, hoch hinaufreichende, ziemlich weitwellige und vor allem sehr unregelmäßige Fältelung aus. Wir sehen daher im Axenbilde sehr hohe, eckige, regellose Halbbögen, die nach den Polen zu in ein wirres, aber weitmaschiges Netzwerk übergehen (vgl. R. XV, 5, 6, 13, R. XVI 1, 3, 6, 7, sowie die entsprechenden Abbildungen in der Palaeontogr. XLIV). Das Auftreten von vertikalen, von Wand zu Wand reichenden Linien (R. XV 5, vierter Umgang oben) deutet die (übrigens auch aus R. XV 10, 11, 12 erkennbaren) mit der Unregelmäßigkeit der äußeren Gestalt Hand in Hand gehenden Abweichungen der Septen von der geraden Linie an. Von einer derartigen Linie polwärts treten wir jedesmal in den Bereich einer anderen, meist später gebildeten Kammer ein.

Das gleiche Bild zeigt ein Axialschliff von *Fus. artiensis* (R. XIX 1, vierter, bzw. drittletzter Umgang oben links), und eine Wiedergabe ihrer äußeren Gestalt (R. XIX 3) zeigt sehr deutlich, in welcher Weise und aus welchem Grunde diese Erscheinung so einseitig ausgebildet war. Der gleiche

Schliff läßt zudem auch durch die häufig auftretenden Schatten, in die nach oben zu die Halbbögen sehr oft verlaufen, erkennen, daß trotz ziemlich erheblicher Unregelmäßigkeit und Intensität der Fältelung im Untersaum des Septums doch der obere Teil von der Wellung nicht mit ergriffen ist. Auch die Kleinmaschigkeit des an den Polen sich einfindenden Netzwerkes ist für diesen letzteren Punkt kennzeichnend.

Das Wesen der Mundspalte zeigt eine Mikrophotographie von *Fus. Vernevili* var. *solida* (R. XX 13) vorzüglich. Im vierten und fünften Umgange oben liegt in der Medialregion je ein Septum fast genau in der Schliffebene. Wir sehen, wie der Vorhang des Septums an diesen Stellen bis etwa zur halben Höhe des Umganges am Untersaum ausgeschnitten ist, und daß dieser Schlitz in seiner Breite von den inneren Windungen nach den äußeren hin zunimmt, und zwar in einem relativ etwas schnelleren Tempo, als die axiale Länge des zugehörigen Umganges. Von der dritten bis zur sechsten Windung steigt bei dem abgebildeten Exemplar die Axenlänge etwa im Verhältnis

$$1,0: 1,3: 2,0: 2,8$$

während gleichzeitig die Mundspalte ungefähr wie

$$1,0: 2,3: 4,7: 6,2$$

zunimmt. Die Lage der Mundspalte ist in diesem Falle nicht absolut medial, weicht jedoch nur um einen sehr geringen Betrag seitlich ab.

Ein völliges Fehlen der Mundspalte zeigt *Fus. Moelleri* (R. XIX 11), indem die Halbbögen (namentlich deutlich im siebenten Umgange oben!) über die Medialregion ohne jede Unterbrechung fortlaufen (vgl. auch Textfigur 11 sowie Taf. II 2).

Auch *Fus. Krotowi* (R. XX 1, 5, 10), bei der die Fältelung in den inneren Windungen nur den unteren Teil des Septums erfaßt, zeigt so gut wie gar keine Mundspalte. Ein herauspräpariertes Exemplar (R. XX 8) weist dementsprechend nur einen überaus schmalen, spiral um die Medialregion laufenden Schlitz auf, der sich jedoch keineswegs bei allen Individuen findet (vgl. R. XX 9).

Auch die Art der Akzentuierung der Mundspalte gibt im Axialschliff ein charakteristisches Bild. Gänzlich Fehlen, ein bloßes ganz allmähliches Nachlassen der Fältelungs-Intensität und Höhe nach der Mitte zu (R. XIV 1, 2, 3, 8, 9, 12 und R. XIII 16, 19), eine deutliche Ausprägung mit langsam polwärts wieder zunehmender Wellung und endlich ein fast gewaltsames, scharfmarkiertes Begrenztsein von einem Paar starker, tiefdunkler Flecken, die sich auffällig aus den übrigen Fältelungsbögen herausheben (R. XIX 7, 9 und R. XIII 14, 23) sind hierbei die wichtigsten Möglichkeiten. Diese Typen lassen sich mit der gleichen Schärfe natürlich auch aus dem amerikanischen Verbreitungsbezirk der Fusulinen nachweisen. Das Wesen des eben erwähnten Fleckenpaares, das ich als ein partielles Basalskelett auffasse, wird später (vgl. Seite 72 ff.) näher erläutert werden.

Noch eine wichtige Eigenschaft der Septen muß hier hervorgehoben werden. Entgegen der bisher üblichen Anschauung (vgl. E. Spandell. c. Seite 17 und hier Seite 16) ist eine Beobachtung Schellwien's (in Palaeontogr. XLIV, Text zur Taf. XXII 2), die allerdings stark modifiziert werden muß, in sehr erweitertem Umfange zutreffend. Schon Schellwien war die eigenartige, nicht völlig kompakte Struktur der Septen mancher Fusulinen aufgefallen. Entsprechend seiner Annahme einer Porosität der Wandung wurde er zwar einerseits zu einer Deutung des Phänomens geführt, andererseits aber auch zu einer Verwechslung bzw. Vereinigung heterogener Tatsachen <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Vgl. l. c. Seite 241: „Nur an wenigen Exemplaren ließ sich (in den Septen) das Vorhandensein von Poren gleich denen der Kammerwand nachweisen, vgl. den Querschnitt von *Fus. incisa* XXII 2, ebenso den Längsschnitt von *Schwag. princeps* auf derselben Tafel 4“. — Letztere zeigt echte Septenporen, *Fus. incisa* dagegen nur Waben!

veranlaßt. Die von ihm in der zitierten Tafelerklärung („*Fus. incisa* mit teilweise von Poren durchzogenen Septen“) als Poren bezeichnete Erscheinung ist, wie ein Blick auf die Tafelfigur zeigt, lediglich die Folge eines im Zusammenhang mit dem tiefen Septenansatz stehenden Übergreifens des Wabenwerkes von der Wand auf das Septum. Indem ich also die Priorität Schellwien's für die Entdeckung von Septenporen umso eher hier betonen will, als mir eine noch auf seine Veranlassung hergestellte Mikrophotographie (vgl. Textfigur 9) beweist, daß ihm vor seinem zu frühen Tode noch die völlig eindeutigen Strukturverhältnisse der *Fus. secalis* bekannt geworden sind, möchte ich folgende, auf eigenen Beobachtungen beruhende Sätze aufstellen:

Die Septen sehr vieler Fusulinen sind porös. Diese Porosität ist völlig verschieden von der bisher als Porosität der Wandung gedeuteten Struktur. Die Poren sind in den ersten Umgängen noch nicht nachweisbar, wenn sie auch in einzelnen Fällen vielleicht vorhanden sein dürften.

Bei *Fus. secalis* beginnt erst im fünften Umgange die Sichtbarkeit dieser Poren, während bei einem Exemplar von *Fus. alpina* var. *antiqua* (A. Taf. XVII 2) schon im dritten Umgange, wie mir die Untersuchung des Originalschliffs gezeigt hat, deutliche Poren auftreten.

Bezüglich der Frage nach dem überhaupt frühesten Vorkommen der Septalporen sind wir auf die Erwägung angewiesen, daß stets die Zentralkammer, sowie auch manche Fusulinenpezies bis zum Ende immer porenlos sind. Diese Frage dürfte somit für jede mit Septenporen versehene Spezies verschieden lauten, zudem individuell variieren und einer weitergehenden prinzipiellen Bedeutung entbehren (vgl. SCHW. Seite 498). Die Sichtbarkeit ist überdies von einer vorzüglichen Beschaffenheit des Materiales und des Schliffes so wesentlich abhängig, daß die hieraus resultierenden Fehlerquellen in ihrer fast unkontrollierbaren Wirkung sicherlich die individuelle Variationsbreite übersteigen werden.

Über das Aussehen der Poren gibt Textfigur 13 (vgl. auch Taf. I 1!) ein so klares und zugleich typisches Bild, daß ich mich mit meiner Beschreibung des Phänomens am besten direkt an sie anlehne.

Die Größe der einzelnen als helle Flecke erscheinenden Durchbohrungen beträgt ca. 0,0334 mm. Dieser Wert ist bei fast allen bisher von mir beobachteten Fällen so konstant (auch die Größenzunahme bei fortschreitendem Alter ist ganz unbedeutend), daß die Annahme gerechtfertigt erscheinen dürfte, daß er durch die physiologische Bedeutung, bzw. die physikalischen Eigenschaften der Sarkodebedingt ist. Auch in einem ein etwas abnormes Exemplar betreffenden Falle ist der Durchmesser der Septenporen immer noch merklich größer, als der der Waben der Wandstruktur. Bemerkenswert

ist diese relative Konstanz um so mehr, als die bisher als Poren gedeuteten Wandwaben in ganz beträchtlichem Ausmaße variieren (vgl. Seite 17). Auch die Art der Anordnung bleibt sich stets so gut wie gleich. Die große Ausdehnung des im Schliff liegenden Septenteils bei Textfigur 13 ist eine Garantie dafür, daß perspektivische Einflüsse auf die Form und die Verteilung im Raume nur in verschwindend geringem Maße auftreten können. — Irgend eine Gesetzmäßigkeit der Verteilung ist nicht wahrzunehmen. Die Abstände der einzelnen hellen Flecken voneinander halten sich innerhalb der Werte 0,05—0,09 mm, der Betrag von 0,06 mm ist namentlich sehr oft vertreten. Diese bedeutende Abstandsgröße steht ebenfalls wieder in scharfem Gegensatze zu den wesentlich kleineren Dimensionen

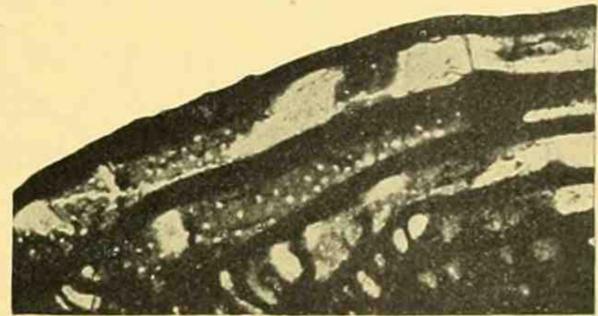


Fig. 13.

Septenporen bei *Fus. secalis* (aus Kansas), Teil eines Axialschliffes, der einige der wenig gefalteten Septen tangential trifft. Vergr. 1:60. (Vgl. SCHW. 13.)

der dunklen Scheidewände innerhalb des Wabenwerkes der Wand, bei dem ein r e l a t i v viel größerer Durchmesser der hellen Flecken sich beobachten läßt.

Die Zahl der Septen innerhalb der einzelnen Umgänge ist ein diagnostisch vielfach sehr wichtiger Faktor. Bei einer Durchzählung der aus einem bestimmten Gebiete vorliegenden Medialschliffe ergibt sich stets eine Reihe von mehr oder

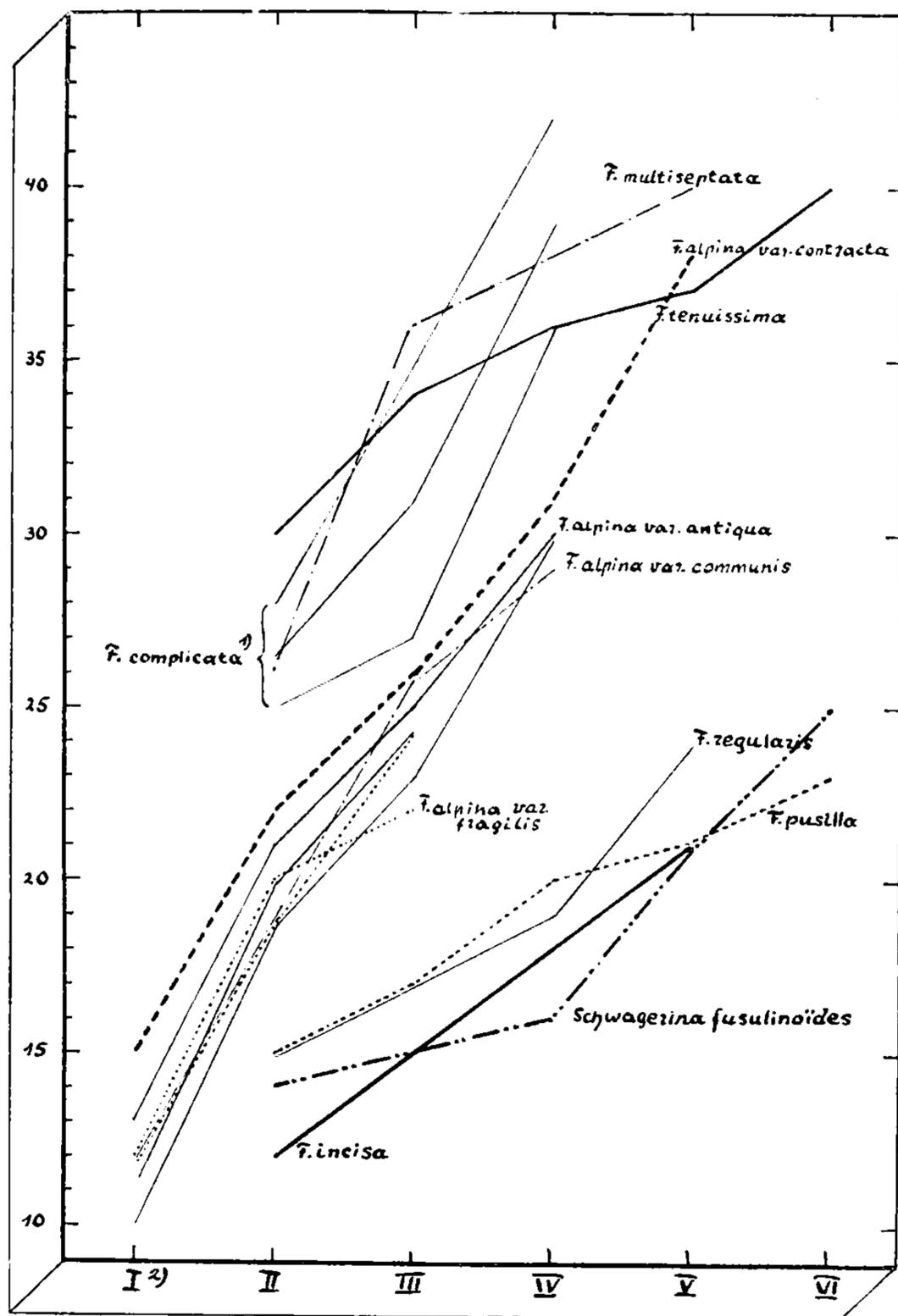


Fig. 14.

Septenzahl der Umgänge bei den Fusulinen der Karnischen Alpen. Zahlenangaben größtenteils nach Schellwien. (Aus DIM., Seite 220.)

1) Bei *Fus. complicata* ist neben dem Durchschnitt auch die beträchtliche Variationsbreite angegeben.

2) Die römischen Ziffern hier wie später bezeichnen die Ordinalzahl des Umganges.

die von Schellwien auf Grund anderer Merkmale konstatierte nahe Beziehung zwischen *Fus. regularis* und *Fus. incisa* ist in dem graphischen Schema der Textfigur 14 gut erkennbar.

Von besonderem Interesse ist auch ein Vergleich der Septalkurve von *Schwag. fusulinoïdes* mit der der Gruppe der *Fus. regularis-incisa*. Da es mir gelungen ist, durch eine Reihe von Über-

weniger scharf markierten Gruppen, die namentlich bei graphischer Darstellung einen vorzüglichen Anhalt oder Schlüssel zu weiterem Bestimmen liefern. Über diese Methode und die Art ihrer Anwendung in einem speziellen Falle habe ich an anderem Orte (Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde 1908 IX, Seite 220—224) bereits gesprochen. Gelegentlich einer Revision der Fusuliniden der Karnischen Alpen, zu der mich die wichtigen neuen Funde M. Gortanis und seine interessanten, von Schellwien's Ergebnissen teilweise abweichenden Ausführungen veranlaßten, fand ich, daß die Fusulinen dieses Gebietes sich in mindestens drei von einander sehr scharf abgegrenzte Gruppen in der angegebenen Weise zerlegen ließen. Textfigur 14 zeigt diese natürliche Einteilung auf Grund der Septenzahlen, bei der die Verwandtschaftsbeziehungen recht klar zum Ausdruck kommen. So ist zum Beispiel die auffallende Typengeschlossenheit der Gruppe der *Fus. alpina*, die sich bei allen Varietäten und Spezies (auch des russisch-arktischen Meeresbezirkes, vgl. R. Seite 171, 172, 173) zu erkennen gibt, ihrerseits ein nicht unwesentlicher Beweis für die Richtigkeit von Schellwien's Diagnose. Auch

gangstypen die schon von Schellwien ausgesprochene Vermutung eines generischen Zusammenhanges zwischen *Schwagerina* s. str. und *Fusulina* dahin zu präzisieren, daß die beiden miteinander durch zahlreiche Momente eng verknüpften Gruppen der *Fus. secalis* und der *Fus. regularis* direkt zu *Schwag. fusulinoides-princeps* überleiten,<sup>1)</sup> ist auch dieses Beispiel eine weitere Stütze sowohl für die ebengenannte phylogenetische Ableitung, als für die Verwendbarkeit der Septalkurve zu diagnostischen Zwecken.

Zu ganz besonderem Danke, dem ich auch an dieser Stelle Ausdruck verleihen möchte, bin ich Herrn Privatdozent M. Gortani in Bologna verpflichtet, der in der lebenswürdigsten Weise auf meine Bitte hin die gesamten Originalschliffe seines selbstgesammelten Materiales nach dem hier auseinander gesetzten Gesichtspunkte nochmals selbst durchprüfte und mir die Anwendbarkeit meines diagnostischen Hilfsmittels bestätigte. (Vgl. auch M. Gortanis Notiz in den Atti della Soc. Toscana di Scienze Naturali, proc. verb., Vol. XVIII 2, 1909.) Aus seinen Neubestimmungen, die meine (DIM. Seite 224 Anm. vorgeschlagenen) Umdeutungen, die ich an seinen früheren Namentgebungen vorgenommen hatte, in ihrem ganzen Umfange bestätigen und noch um einige Punkte erweitern, ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die Septalkurve im Verein mit dem von Gortani mit Recht sorgfältig beachteten Gesamt-Habitus sich besser zur Diagnose eignet, als die von V. v. Möller vorgeschlagene Methode der alleinigen Berücksichtigung des Windungsquotienten, der sich M. Gortani anfangs angeschlossen hatte.

Da ich diese Frage an anderem Orte eingehend besprochen habe, will ich hier auf meine früheren Darlegungen verweisen und nur noch eine kurze Erläuterung der Diagramme der amerikanischen Fusulinen geben (die ich an anderer Stelle abbilden werde).

Im Nachlasse E. Schellwien's fand sich u. a. eine sehr große Zahl von Dünnschliffen aus Nordamerika, die teils Medial-, teils Axialschliffe darstellten. Die Hauptschwierigkeit bestand für mich zunächst darin, diese Schliffe so zu ordnen, daß sowohl die ausdrucksvolleren Axenschnitte, als auch die Medialschliffe in eine gleiche Zahl von Gruppen geteilt und daraufhin je zwei verschieden orientierte Schnittgruppen zu einer Form vereinigt wurden.

In dieser an sich nicht ganz leichten Aufgabe kam mir für das Nordamerikanische Material die Eigentümlichkeit der Gruppe der *Fus. secalis* zu Hilfe, trotz großer äußerer Übereinstimmung der Medialschliffe untereinander doch so konstante, engbegrenzte, scharfmarkierte Septalkurven in den einzelnen Unterabteilungen zu bilden, daß die weitaus überwiegende Schliffzahl Schellwien's nach entsprechender Berücksichtigung von zahlreichen anderen Kontrollmerkmalen und nach Anfertigung weiterer Probeschliffe doch noch spezifisch völlig sicher bestimmt werden konnte. Die folgende tabellarische Übersicht faßt die Ergebnisse meiner Zählungen an einigen amerikanischen Spezies zusammen und fügt zum Vergleich die Septenzahlen einiger altweltlicher Formen bei. (Die von Schellwien, Palaeontogr. XLIV gegebenen Ziffern sind zum Unterschied von meinen an größerem Material gewonnenen Resultaten in Klammern gesetzt, und Durchschnittswerte dick gedruckt.)

<sup>1)</sup> Vgl. SCHW. Seite 492—504!

Tabelle der Septenzahlen einiger amerikanischer Fusulinen.<sup>1)</sup>

I.

	<i>Fus. secalis.</i>			<i>Fus. centralis.</i>			<i>Fus. regularis.</i>			<i>Fus. incisa.</i>	<i>Fus. medialis.</i>		
I	11	<b>13</b>	15	9	<b>11</b>	12	(—)	9	<b>10</b>	(—)	10	12	—
II	19	20	<b>21</b>	11	<b>14</b>	17	(15)	12	<b>14</b>	(12)	15	<b>17</b>	18
III	20	<b>22</b>	24	14	<b>16</b>	20	(17)	15/16	18	(15)	15	17	—
IV	23	<b>25</b>	27	15	<b>18</b>	21	(19)	<b>20</b>	25	(18)	—	19	<b>20</b>
V	24	<b>27</b>	29	17	<b>21</b>	23	(24)	19	22	(21)	—	20	22
VI	23	<b>27</b>	32	18	—	26	(—)	—	25	(—)	—	—	—
VII	24	27/29	32	19	<b>28</b>	30	(—)	—	—	(—)	—	—	—
VIII	22	<b>32</b>	34	22	—	35	(—)	—	—	(—)	—	—	—
IX	—	—	34	—	<b>32</b>	—	(—)	—	—	(—)	—	—	—

II.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
<i>Fus. tenuissima.</i>	—	30	34	36	37	40
<i>Fus. extensa typ.</i>	12	30	38	39	39	—
<i>Fus. extensa var. calif.</i>	14	26	29	30	33	41

In der ersten dieser Tabellen kommt die Enge der Beziehungen zwischen der Gruppe der *Fus. secalis* (*Fus. secalis*, *Fus. centralis*, *Fus. medialis*) und der der *Fus. regularis* (*Fus. regularis*, *Fus. incisa*) ebenso klar zum Ausdruck, wie die im Verhältnis zu der Geringfügigkeit der Unterschiede im ganzen immerhin beträchtliche, eine Speziesbestimmung wesentlich erleichternde Differenz zwischen *Fus. secalis* und *Fus. centralis*.

Die zweite Tabelle, die die offenbar sehr nahe verwandten Formen der Gruppe der *Fus. tenuissima* enthält, weist eine Besonderheit auf, die auch auf Textfigur 14 erkennbar ist: Die Fusulinen mit relativ hoher Septenzahl (vgl. *Fus. complicata*) haben eine größere Variationsbreite der Septalkurve, als die septenarmen Typen.

Um die Septenkurve aufzunehmen ist es am vorteilhaftesten, sich der Mikrophotographie zu bedienen. Anderenfalls liefert das Abbe'sche Zeichenprisma gute Resultate ohne zu große

<sup>1)</sup> Zum Vergleich sind auch die alpinen *Fus. regularis*, *incisa*, *tenuissima* sowie die kleinasiatische *Fus. extensa* hier angeführt.

Anstrengung der Augen, die ein direktes Zählen am Mikroskop fast unmöglich macht. Im Notfalle ist es nützlich, falls das Mikroskop mit einer Okular-Meßvorrichtung (graduierter Glasstreifen) versehen ist, diese durch ein gespanntes Haar oder dergl. zu ersetzen, um einen Durchmesser fixieren zu können. Um gleichförmige Resultate zu erhalten, ist dieser Durchmesser stets in gleicher Weise zu orientieren, am besten durch die Mitte der ersten Umgangskammer.

Der erste Umgang ist zur Diagnose und zu anderen Erwägungen wenig brauchbar, da er meist schwer abzuzählen und unregelmäßig ist. Die normalen Grenzen, in denen sich seine Zahlen gewöhnlich zu halten pflegen, sind etwa 8 bis 15, doch sind diese Werte keineswegs bereits die Extreme.

Am konstantesten und für die Diagnose daher am wichtigsten sind die Zahlen des III., IV. und auch wohl noch V. Umganges. Bei den weiteren Umgängen ist ein recht bemerkenswerter Umstand zu beobachten.

Eine Anzahl von Individuen hat die Kraft, die Richtung der Kurve noch ziemlich unverändert beizubehalten und daher teilweise recht beträchtliche Septenzahlen zu erreichen. Die anderen Exemplare verfallen in ein Stadium *seniler Decrescenz* (wie C. Schwager hinsichtlich eines anderen die Schlußwindungen von *Fusulina* betreffenden Vorganges derartige Phänomene benannt hat), das sich in bezug auf die verringerte Fähigkeit, Septen zu bilden, darin äußert, daß die Kurve stark abwärts sich senkt und das Gesamtdiagramm der Spezies bzw. Gruppe dementsprechend nach dem Ende zu sich verbreiternd aufsplittert oder „stret“.

Eine genaue Prüfung dieser senilen Individuen ergibt meist, daß eine gleichzeitige Änderung (fast stets Abnahme) der Windungshöhe die Kurvenknickung begleitet. Innerhalb des regelmäßig ansteigenden Astes der Kurve ist die Tendenz zur Bildung der normalen Septenzahl so stark, daß auch unregelmäßig gebaute, in ihrer Schalenkonstruktion vorübergehend schwer geschädigte Exemplare doch noch wieder sich in das Gesamtdiagramm einfügen. Ein typischer Fall dieser Art ist in R. XIV 11 abgebildet. Der Beginn des V. Umganges ist gestört, aber das Tier hat die Schädigung ausgehalten, und seine Septenziffern lassen schon in der zweiten Hälfte der V. Windung nichts Abnormes mehr erkennen:

A) I 07 . II 10 . III 15 . IV 17 . V 22 . VI 25 . VII 29  
 B) 09 . 14 . 16 . 19 <sup>(1/2)</sup> 11 . 23 . 24

B) ist das gestörte, A) ein normales Exemplar <sup>1)</sup> gleicher Spezies. Ein anderer ebenso charakteristischer Fall ist an anderer Stelle (vgl. Seite 139) eingehend besprochen.

Ein Vergleich der Septenzahlen mit den anderen Merkmalen des Schalenbaues ist nicht nur, wie auch M. Gortani mit Recht betont (l. c. 1909), zur Speziesdiagnose recht wünschenswert, sondern auch vor allem von einem hohen Interesse, da er wenigstens bis zu einem gewissen Grade eine gesetzmäßige Abhängigkeit der einzelnen Werte untereinander ergibt.

Da ein jedes Septum nicht nur an den Polen, sondern (wie S. 99 ff. näher beschrieben ist) an zahlreichen anderen Punkten auf dem Dachblatte der vorhergehenden Windung mit seinem Untersaume fest aufsitzt, bewirkt es eine recht ausgiebige Versteifung der Schalenkonstruktion. Eine einfache Überlegung ergibt als theoretische Möglichkeiten der Verfestigung der Fusulinenschale etwa folgende:

<sup>1)</sup> Vgl. R. XIV 10.

- a) eine Verdickung des Dachblattes,
- b) eine Verlängerung bzw. ein dichteres Gefüge des Wabenwerkes,
- c) eine Vermehrung der Septenzahl,
- d) eine Verstärkung des Einzelseptums, die entweder nach Analogie von a) oder von b) erfolgen kann,
- e) eine Herabsetzung der Umgangshöhe,
- f) die Anlage tonnenreifenartiger Verstärkungsleisten des Basalskelettes bzw. der Medialreifen,
- g) eine Verstärkung der Septenfältelung, die die Zahl der Stützpunkte, die Länge des Untersaumes und seine Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen vermehrt, und die die Abstände zwischen den basalen Stützpunkten verkleinert.

Bei einer Fusulinenfauna eines bestimmten Meeresbezirkes sind, falls das Gestein keine Anhaltspunkte für die Annahme eines Fazieswechsels gibt, die (mechanischen) Anforderungen des Milieus wohl mit Recht als für alle Formen ziemlich gleich anzusehen. Demnach müßte die Widerstandsfähigkeit der Schale bei den verschiedenen gleichzeitig am selben Orte unter gleichen Bedingungen existierenden Spezies nahezu dieselbe sein. Diese Annahme einer der Fazies entsprechenden, mithin nach Zeit und Raum abgegrenzten Konstanz der Wirkungssumme der Verfestigungsfaktoren der Schalenkonstruktion, wie sie oben von a) bis g) aufgezählt worden sind, läßt die Verringerung bzw. das Fehlen je eines oder einiger dieser Punkte durch die äquivalente Vermehrung eines oder mehrerer anderer als kompensierbar auffassen.

In der karnischen Meeresprovinz, deren Fauna von Schellwien (1897) und Gortani (1902 bis 1909) so eingehend erforscht worden ist (vgl. auch DIM. Seite 220—225), zeigt z. B. *Fus. tenuissima* eine extrem dünne Wandung. Die Dünne des Dachblattes und die Kürze des Wabenwerkes werden aber durch die bedeutende Vermehrung der Septenzahl gegenüber der Gruppe der herrschenden *Fus. alpina* wohl ausgeglichen (vgl. Textfigur 36).

Die vielgenannteste, wenn auch fast stets fälschlich zitierte Fusuline, *Fus. cylindrica*, findet sich in Mjatschkowo mit *Fus. simplex* vergesellschaftet. Um die in diesem Falle sehr deutliche mechanische Kompensation gänzlich objektiv schildern zu können, führe ich die eigenen Worte von Schellwien, dem diese meine Auffassung noch völlig fern lag, an:

I. *Fus. cylindrica* (R. Seite 162).

- a) „Außerordentlich gering ist die Dicke der Wandungen.“
- b) „Septen sind im Verhältnis zu den geringen Dimensionen in ziemlich großer Zahl vorhanden (IV 23—24).“
- c) „Die Fältelung der Septen ist recht kräftig.“
- d) „Die Einrollung der Spirale ist eine ziemlich enge.“

II. *Fus. simplex* (R. Seite 180).

- a) „Die Dicke der Wandungen ist nicht unerheblich.“
- b) „Die Zahl der Septen beträgt im vierten Umgange 19—23.“
- c) „Die Fältelung der Septen ist in den mittleren Teilen der Schale rechts und links von der breiten Mundspalte gering.“
- d) „Die Einrollung ist verhältnismäßig weit.“

Derartige kompensatorische Unterschiede treten recht häufig auf, und es ließen sich noch sehr viele weitere Beispiele anführen. Die hier besprochenen beiden Fälle dürften jedoch zur Erläuterung meiner Ansicht genügen. Nur auf die bezeichnende Tatsache sei noch hingewiesen, daß die Verstärkung durch Medialreifen, wie sie sich bei den Gruppen der *Fus. secalis* und *Fus. simplex* findet, besonders wenig gefältelte, weitgewundene Fusulinen betrifft.

Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die Art und Weise der Abbiegung des Septums, bzw. deren größere oder geringere Markiertheit. Zwei Typen stellen etwa die Extreme dar: Entweder ist der Abbiegungswinkel sehr scharf, fast genau 90 Grad. Dann besteht das Septum fast stets lediglich aus dem Dachblatte, und das Wabenwerk der Kammerwand geht nicht in den oberen Teil des Septums über. In diesen Fällen ist fast immer der Ansatz der neuen Wand ebenfalls scharf markiert und setzt ganz oben an der Oberkante des Septums an. — Oder die Wand biegt sich schon vor der eigentlichen Knickung etwas einwärts, das Wabenwerk setzt sich in den oberen Teil des Septums hinein fort (vgl. *Fus. incisa* der Karnischen Alpen), und meist erfolgt der Ansatz der nächsten Kammerwand ziemlich tief unten am Septum, so daß stark ausgeprägte Melonenfurchen entstehen (vgl. R. XX 7), während im ersten Falle die Sagittalschnitte eine fast ungebrochene Spirallinie zeigen (Textfigur 23).

Ein Maß für die „Länge“ der Septen anzugeben, ist nach dem über die allgemeine Gestalt Gesagten nicht einwandfrei möglich. Da nur sagittale Schliffe, die die zuweilen etwas asymmetrisch gelegene Mundspalte halbieren, die größte Kürze des Septums zeigen, ist zwar der an genau medialen Schnitten meßbare geringste Wert der Septallänge immer der exakteste, bleibt aber auch recht oft noch um ein Unbestimmbares hinter dem wahren Werte zurück.<sup>1)</sup> — Immerhin aber sind die extremen Typen recht charakteristisch und lassen sich unter Vermeidung ziffermäßiger Angaben sehr wohl in die Speziesdiagnose aufnehmen. Als Beispiele seien einige Vertreter der Gruppe der *Fus. alpina* mit der *Fus. Tschernyschewi* verglichen. R. XIV 10 und 11 lassen auf das Vorhandensein einer wohlausgeprägten, medial gelegenen Mundspalte schließen, die auf den Axialschnitten (vgl. R. XIV 2 und 12) deutlich hervortritt. Dagegen entspricht das Bild, das sich aus R. XVI 5 und 9, sowie R. XV 3, 4, 7—9 ergibt, einer auch in der Mediangegend intensiven Fältelung, welche durch die zugehörigen Axialschliffe R. XV 5 und 6 sowie R. XVI 6 und 7 bewiesen wird.

Vor allem ist die Tendenz, lange bis zum Boden herabreichende Septen in medialen Schliffen zu bilden, im allgemeinen ein Anzeichen, daß der Schnitt nicht in der Mundspalte liegt, sei es, daß überhaupt keine vorhanden ist, sei es, daß die Lage des Schliffes ungünstig ist. Letzterer Fall kann sowohl durch die Asymmetrie der Mundspalte (namentlich, wenn diese schmal und undeutlich ist), als durch eine nicht genau zentrale bzw. auch durch eine etwas tangentielle Schnitorientierung herbeigeführt werden.

Die Art der Fältelung der Septen ist an nicht genau zentralen Schliffen oft vortrefflich zu sehen. Man erkennt dann, daß es nur die Fältelung im Verein mit der relativ ja doch erheblichen Dicke des Schliffes ist, die uns eine keulige Verdickung am unteren Ende der Septen zuweilen vortäuscht. Schellwien, der diese Verdickungen unrichtig als durch nachträg-

<sup>1)</sup> Es gibt somit eine mediale Länge der Septen, die nur an Medialschliffen erkennbar ist, ebenso wie auch eine mediale Dicke zu beachten ist. Nur diese hatte ich z. B. in DIM. 4 gemeint, wie die Figurerklärung beweist. Demnach muß ich den Vorwurf G. Dyhrenfurth's (Pal. LVI Seite 166 Anm.) zurückweisen, der mediale und nichtmediale Maßangaben verwechselt.

lichen Kalkansatz verursacht glaubte (vgl. A. Seite 240), legte offenbar zu wenig Wert auf den starken Einfluß, den die Schliffdicke auf das Schnittbild ausübt.

An anderer Stelle (SCHW. Seite 473—474) habe ich diesen Punkt näher besprochen, so daß ich mich hier nur auf eine schematische Figur (Textfigur 16) beziehen will, die alles Erforderliche

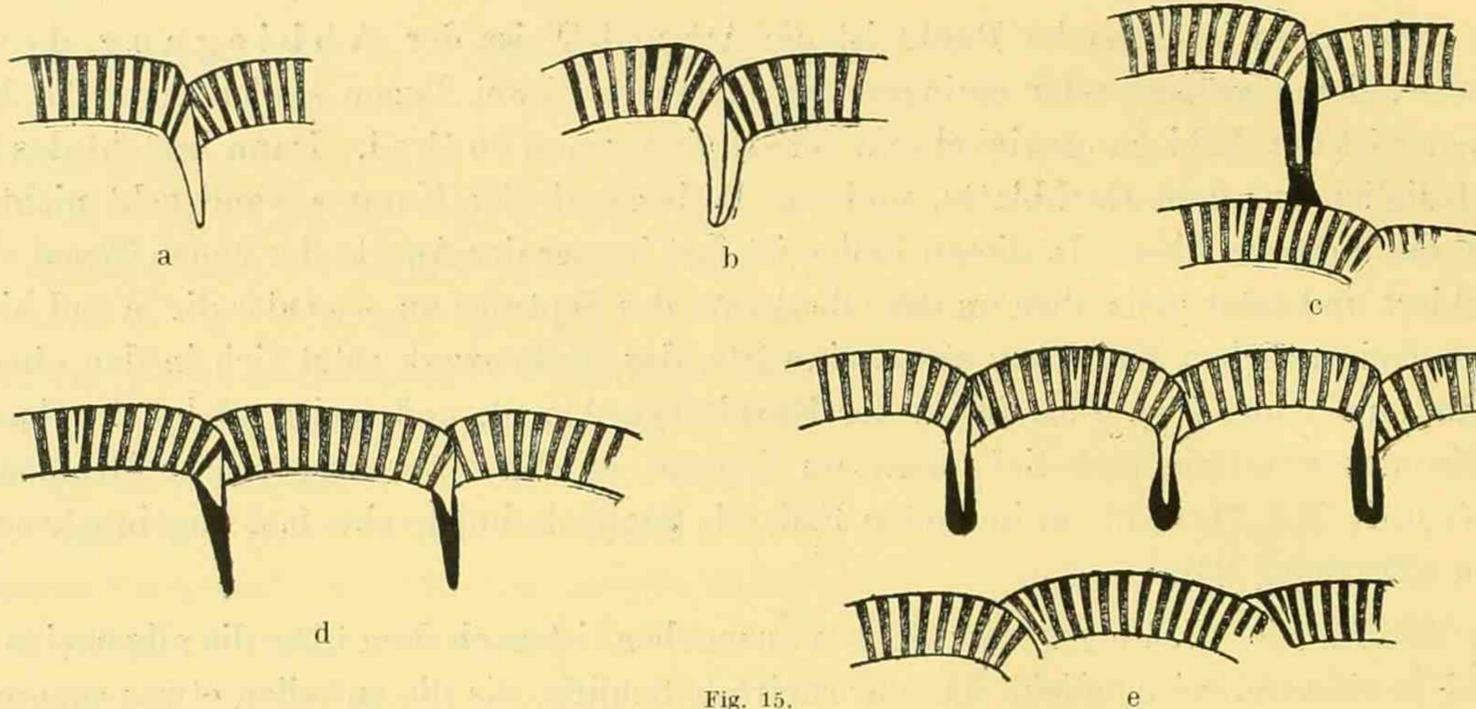


Fig. 15.

Schematische Zeichnungen<sup>1)</sup> Schellwiens (A. Seite 240) zur Erläuterung der verschiedenen Formen der Septen in sagittalen Schlifften. Die schwarzen Stellen der Figuren c—e sind nicht als nachträgliche „Verstärkung der einmal gebildeten Septen“, „indem sich auf einer oder beiden Seiten der Septallamelle Kalksubstanz absetzt“ zu deuten, sondern analog zu Textfigur 17 als Folge der Septenfältelung und der Schliffdicke aufzufassen.

<sup>1)</sup> G. Dyhrenfurth wirft (Palaeontogr. LVI, Seite 155 Anm.) Schellwien vor, er habe „irrtümlicherweise“ die stets dunkel erscheinenden Septen weiß gelassen. Da Schellwien natürlich schwarz und weiß sehr wohl unterscheiden konnte, dürfte die gerügte Darstellungsart lediglich aus zeichnerischen Gründen gewählt sein, die auch mich bei SCHW. 7 und 8 bestimmten. (Vergl. hier Textfigur 17, 27, 28.)

kurz und klar zeigt. Zum Verständnis derselben sei noch bemerkt, daß der Untersaum der Septen (Textfigur 16 A, dicke Linie) stark, der Obersaum (Textfigur 16 A, punktierte Linie) schwach gefältelt oder gewellt ist, und daß jeder Vorbiegung des einen eine Rückbiegung des nächsten Septums (und so fort) entspricht.

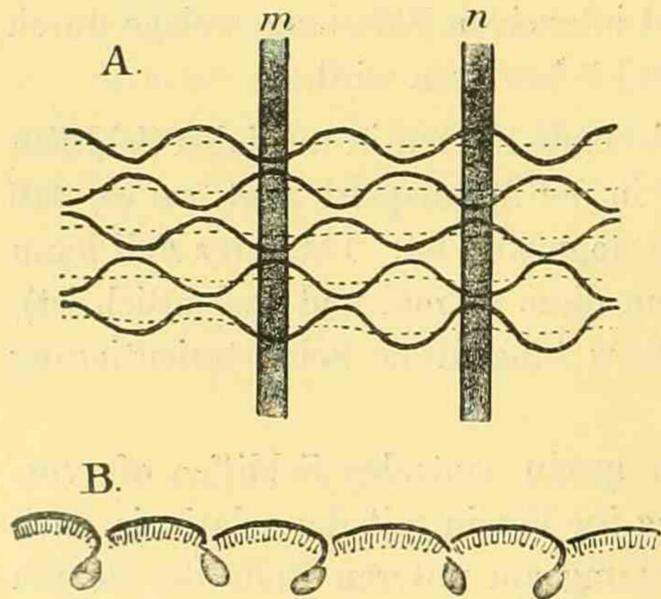


Fig. 16.

Schema zur Erklärung des paarweisen Zusammenneigens der Septen in Sagittalschliffen, die nicht in einer fältelungsfreien Mundspaltenregion liegen. (A m und n.)

Ein Vergleich der Textfigur 16 B (vgl. auch SCHW. 7 und 8) mit Schellwiens Abbildung (A. 4—6, LXXII 1) dürfte wohl jeden Zweifel, ob nicht etwa doch eine nachträgliche Kalkabscheidung, die übrigens physiologisch gänzlich dem Schalenbau der Fusulinen widerspräche, vorliegt, beheben. (Vergl. übrigens auch die mikrophotographische Wiedergabe in Tafel I 4 dieser Arbeit.) Für die Entscheidung dieser Frage möchte ich noch ein

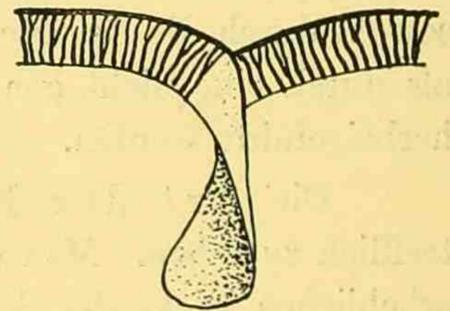


Fig. 17.

Schema zur Erklärung der Verdickung des Septums in axialen Schlifften, die in einer gefältelten Region liegen. Vergl. SCHW. 7, 8.

sehr schwerwiegendes Argument zu Gunsten meiner Anschauung anführen: An keinem einzigen Axialschliff ist bisher von irgend einem Beobachter eine Spur eines nachträglichen Kalk-

absatzes, die sich irgendwie in Verbindung mit dem in Rede stehenden Phänomen der Medialschnitte bringen ließe, gefunden worden. Im Gegenteil kann ich (auf Grund des reichen mir vorliegenden Materiales) mit voller Sicherheit aussprechen, daß nicht die geringste Möglichkeit vorliegt, die besprochene Erscheinung anders zu deuten, wie als Folge der Septenfältelung im Verein mit der Schliffdicke.

#### IV. Das Basalskelett.

Mit der Bildungsweise der Septen in ursächlichem Zusammenhange, aber morphologisch völlig getrennt, steht ein weiteres Strukturelement der Fusuliniden, das bei *Fusulina* s. str. zwar meist nur wenig oder wohl auch gar nicht ausgebildet zu sein pflegt, aber doch seiner Bedeutung im Bauplane anderer Genera (z. B. *Doliolina*) wegen hier eingehender besprochen werden muß. Um so notwendiger ist es, auf diese Eigentümlichkeit des Schalenbaues einzugehen, als sie bisher mannigfachen Mißdeutungen ausgesetzt war. Bei *Fusulina* s. str. ist sie z u v o r n o c h n i e m a l s g e s e h e n, bei *Verbeekina* dagegen bisher stets fälschlich angenommen worden, und bei *Schwagerina* s. str. ist ihr Vorhandensein zwar behauptet worden, aber die immer dafür gehaltenen Merkmale sind richtiger anders zu deuten, während die tatsächlich zuweilen vorhandenen Spuren noch nicht ganz klar als solche erkannt wurden. Nur bei *Doliolina lepida* und den Neoschwagerinen lagen die Verhältnisse so deutlich, daß ein Mißverstehen ausgeschlossen war.

Zunächst möchte ich bezüglich der Nomenklatur einen lebhaften Wunsch aussprechen: Ich würde gern den Namen Septen lediglich für die von Pol zu Pol laufenden Abbiegungen der Kammerwand reserviert sehen. Die in die Literatur durch H. Yabe und R. J. Schubert eingeführten Bezeichnungen: Primär-, Sekundär-, Auxiliar-, Pseudo-, Transversal-Septen, zu denen noch C. Schwagers Nebensepten kommen, lassen diesen Wunsch im Interesse einer klaren Übersichtlichkeit wohl als gerechtfertigt erscheinen. Folgende Tabelle möge die Sprachverwirrung zeigen:

Schwager	Yabe 1904	Yabe 1906	R. J. Schubert
1. Septen	primary septa		Längssepten
2.	secondary septa	auxiliary septa	Pseudosepten
3. Nebensepten	transverse septa		Quersepten, deren Basalansätze die Fassreifen der Doliolinen bilden.

In dieser Tabelle bedeutet 1. die wirklichen Septen, 2. die axial gerichteten, durch Verlängerung des Wabenwerkes entstandenen Gebilde, 3. sowohl die dichten, wabenlosen Kalkreifen des Basalskelettes, als auch die als Verlängerung des Wabenwerkes der Wand sich darstellenden sagittalen Dachreifen. Entsprechend der von mir (Seite 20) vorgeschlagenen Bezeichnungsweise wäre folgendes Schema an die Stelle zu setzen:

1.) Septen.

2. u. 3. z. T.) Gitterwerk des Dachskelletes, aus axialen und sagittalen Elementen bestehend.

3. z. T.) Basalskelett.

Die bisher übliche Zusammenfassung der unter 3. angeführten heterogenen Elemente ist um so irreführender, als es völlig unstatthaft ist, die basalen Tonnenreifen als „Basalansätze“ von sagittalen Dachreifen aufzufassen. Einmal nämlich treten basale Reifen bei Formen auf, die auch nicht die mindeste Tendenz zur Bildung von Dachreifen zeigen (*Fus. secalis!*), ferner besteht anatomisch ein sehr bedeutsamer Gegensatz zwischen den massiven, wabenlosen Basalreifen und den lediglich aus verlängerten Waben bestehenden Dachreifen, und schließlich ist auch die Entstehungsweise beider bei der Anlage der Kammern eine wesentlich verschiedene, sogar zeitlich getrennte (vgl. Seite 58). Während nämlich das Basalskelett als erstes Strukturelement vor der Konstruktion des Dachblattes sich bildet, wird das Wabenwerk und mit ihm die Dachreifen erst ganz zuletzt und nach dem Dachblatte abgeschieden. Auch die Funktion beider Gebilde ist nicht die gleiche, indem die Basalreifen vornehmlich der ausfließenden Sarkode Halt und Haftpunkte darbieten, die Dachreifen dagegen die Wandung nachträglich versteifen.

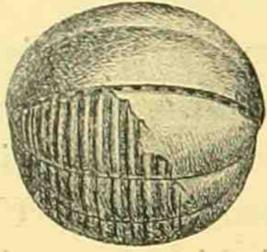


Fig. 18.  
Alveolina cf. ovulum (nach C. Schwager) zeigt vorzüglich die Ähnlichkeit mit Doliolina lepida (Textfigur 19, 1 c und 2), von der sie äußerlich fast nur die durch geringere Septenzahl bedingte grössere Kammerlänge unterscheidet. (Palaeontogr. XXX, Taf. XXIV 13 b) Eocän, libysche Wüste. Vergr. ca. 1:10.

Abgesehen von allen diesen Punkten ist gegen die früheren Bezeichnungen noch einzuwenden, daß die Ausdrücke: Quer- und Längs- in einem den physiologischen Verhältnissen diametral entgegengesetzten Sinne gebraucht sind (vgl. meine Bemerkungen SCHW. Seite 463, Anm. 2 und in dieser Arbeit Seite 7).

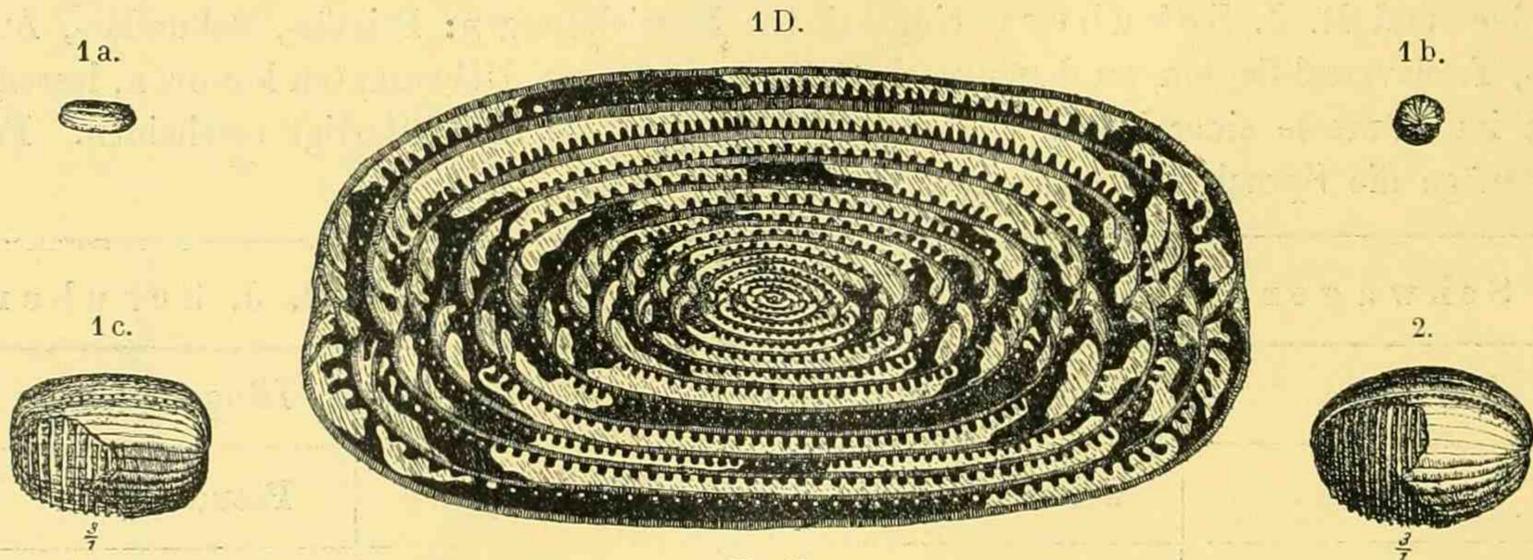


Fig. 19.

Doliolina lepida Schwag. (Nach Frechs Lethaea, Carbon, Seite 289.) „1 a—c. Typische Form in nat. Gr. und in  $\frac{3}{1}$ . 1 D. Stark vergrößerter Axialschnitt (m. Basalskelett). 2. var. ellipsoidalis Schwag. in nat. Gr. und in  $\frac{3}{1}$ . Sämtlich aus dem obersten Carbon \*) der Provinzen Kiang-su und Hupéi (rechtes Ufer des Yang-tse-Kiang). N. SCHWAGER.“ Der Axialschliff 1 D zeigt deutlich die ungefalteten Septen mit den zahlreichen zwischen den Basalreifen gelegenen Austrittsstellen der Sarkode. Die Außenansichten 1 c und 2 stellen einen sehr bemerkenswerten Fall von Konvergenz zu Alveolina dar. Vergl. Textfigur 18.

\*) Wahrscheinlich ist Doliolina lepida leitend für permische Horizonte.

Zunächst sei das Phänomen des Basalskeletts in seiner vollen Entwicklung bei dem Genus *Doliolina* kurz geschildert: In geringen Abständen voneinander ziehen sich, lebhaft an Alveolinen erinnernd, denen die Doliolinen auch in der Form oft so auffallend gleichen, zahlreiche spirale Sagittalleisten, tonnenreifenartig die Umgänge gürtend, um die Schale, jeweils von außen dem Dachblatt der nächstinneren Windung aufgelegt. Die Zahl dieser Tonnenreifen, die, weil sie stets die

Basis des Umganges bilden, auch Basalreifen, bzw. Basalskelett genannt worden sind, nimmt mit dem Alter des Tieres erheblich zu und beträgt in den ersten sehr kleinen Windungen bei mikrosphärischen Formen nur cr. 4—8. (Vgl. die Abbildungen von C. Schwa ger in R i c h t h o f e n s China Taf. XVI, XVIII, sowie in F r e c h s Lethaea palaeozoika Bd. II, Seite 289.) Vergl. Textfigur 19, 20 und 21.

Als eine selbstverständliche Folge dieses bei den wohlerhaltenen Exemplaren des Berliner geologischen Institutes (Collectio Richthofen) schon makroskopisch deutlich erkennbaren Befundes zeigen sich in axialen Schliffen stets und an allen Stellen aller Umgänge auf dem Dachblatte jeder Windung die dem folgenden Umgange zugeordneten Basalreifen quer geschnitten als halbkreisförmige, gleichmäßig dunkle, also auf eine kompakte Struktur deutende Flecken. Die Regelmäßigkeit ihrer, von gleichmäßigen schmalen Intervallen unterbrochenen Anordnung gewährt einen höchst auffallenden Anblick, der dieses Genus sofort von dem in mancher Beziehung verwandten Genus *Verbeekina* abzutrennen erlaubt. Im Sagittalschliff ist es zwar denkbar, daß ein Schnitt zufällig so gut wie völlig außerhalb des Bereichs der basalen Reifen in einem Intervall verlaufen könnte, doch dürfte dieser Fall ebenso



Fig. 20.  
Typisches Bild der schiefen Lage der Anfangswindungen von *Dol. lepida* (Verschmelzung mehrerer Anfangskammern?). Zu beachten ist die noch recht geringe Zahl der Basalreifen.

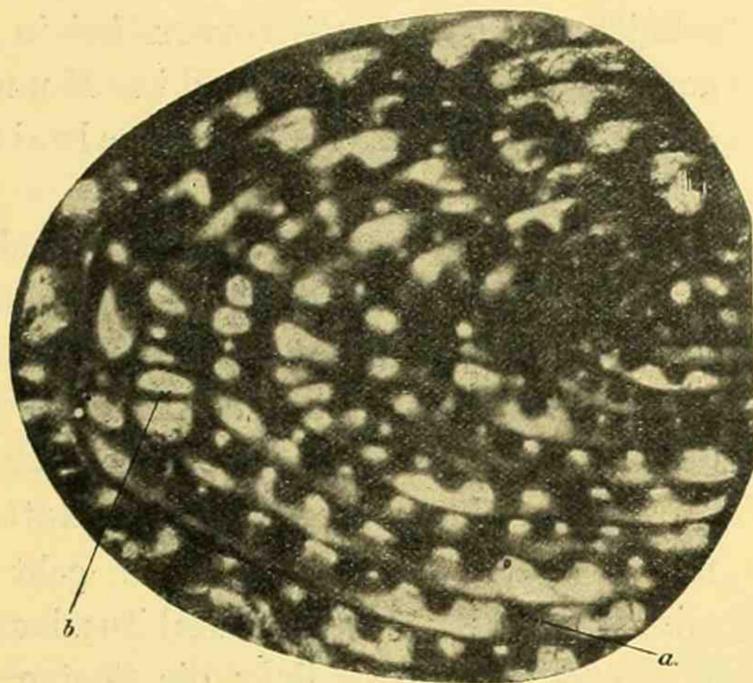


Fig. 21.

*Doliolina lepida* Schwag. Ausschnitt aus einem nahezu axialen Schliff von H. Yabe (l. c. Taf. II 3). Bemerkenswert sind die stets gleich hohen und in allen Umgängen sich findenden Durchschnitte der Basalreifen (a), sowie die Septen, die submedian als Schatten, polwärts als dunkle Linien (b) erscheinen. Die Wandung ist überaus dünn. Vergr. ca. 1:15.

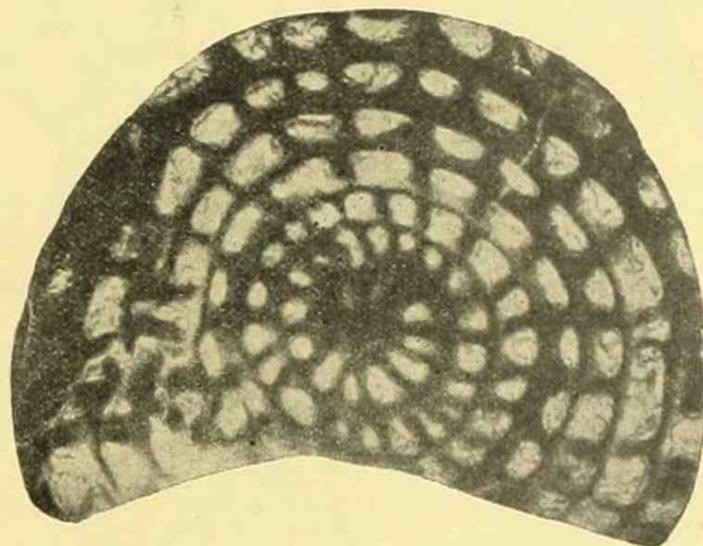


Fig. 22.

*Doliolina lepida* Schwag. Ausschnitt aus einem sagittalen Schliff von H. Yabe (l. c. Taf. II 2). Die Basalreifen erscheinen stets gleich hoch und — je nach der Lage zur Schnittebene — bald schwarz, bald als Schatten, bald gar nicht. Die Kammern sind niedrig und, obwohl der Schliff nicht zentral liegt, doch bereits ziemlich lang. Vergr. ca. 1:15.

wenig praktisch vorkommen wie der umgekehrte, daß der Schnitt fast gänzlich einem Reifen folgt. Da nämlich die Reifen schon der im Alter zunehmenden Zahl wegen nicht mathematisch genau sagittal verlaufen, und andererseits auch ein Schliff fast stets eine, wenn auch ganz geringe Abweichung von der idealen Senkrechtstellung zur Axe aufweisen dürfte, zeigen uns die medialen Schnitte so gut wie immer größere Strecken der Umgänge mit Reifen neben reifenfreien Abschnitten, zwischen denen Übergangszonen liegen, in denen der Reifen schattenhaft sich ausdünn und verblaßt. Die wichtige Höhe der Reifen kann somit sowohl an axialen wie medialen Schliffen exakt gemessen werden (Textfigur 21, 22).

Bei einigen Fusulinen der Gruppe der *Fus. secalis* sowie der der *Fus. simplex* erscheinen im Axenschnitte an allen Umgängen und stets (nur die ersten unreifen und die letzten senilen Windungen bilden zuweilen eine theoretisch nicht ins Gewicht fallende Ausnahme) zu beiden Seiten der Mitte zwei, die „Mundspalte“ einrahmende dunkle Flecken von halbkreis- bis flach halbelliptischer Gestalt. Größe und Höhe, sowie vor allem der gegenseitige Abstand dieser Erscheinung wächst meist mit dem Alter.<sup>1)</sup> Der Medialschliff dieser Spezies zeigt, wenn er beim Schleifen exakt orientiert war, bei normalen Exemplaren naturgemäß keinerlei Spuren dieser Flecken, die übrigens vorwiegend bei ziemlich gebläht spindelförmigen, wenig gefältelten Fusulinen sich zu finden pflegen (*Fus. montipara* R. XIX 9, *Fus. obsoleta* R. XIX 7, *Fus. simplex* R. XVIII 4, *Fus. secalis* Tafel I 1, und Textfigur 25). Doch ist zuweilen, namentlich bei kleinen Formen, die Schlifforientierung technisch so schwer, und etwas abnorm aufgerollte Individuen sind so häufig, daß es gelingt, in sub-medialen Schliffen die Ursache dieser Flecken klarzustellen. Während dieses Phänomen bisher lediglich als eine Art der Septalfältelung angesehen wurde, — eine Deutung, der ich mich anfangs

mangels triftiger Beweise für eine andere Deutung gleichfalls anschließen mußte — gestattete es mir zunächst ein glücklicherweise etwas zur Axe geneigter „Medial“-schnitt von *Fus. secalis* einwandfrei in den genannten Flecken zwei die Mundspalte begrenzende Basalreifen zu erkennen.

Seiner großen Bedeutung für diese für die Fusuliniden recht wichtigen Entdeckung wegen will ich den Schliff hier näher besprechen (Textfigur 23). Daß der Schnitt in einem gewissen, wenn auch geringen Winkel zur Axe geneigt ist, statt genau senkrecht zu ihr zu stehen, geht aus seinem „sanduhrförmigen“ Habitus hervor. Während rechts und links die Septen die normalen Charaktere zeigen, die für *Fus. secalis* typisch sind, treten oben und unten an den spindeligen Verdickungen der Septen usw. die deutlichen Merkmale eines schiefen Schliffes auf. Mit der Ebene eines Axialschliffes hätte dieser Schnitt also eine Gerade gemein, die in einem Winkel gegen die Axe

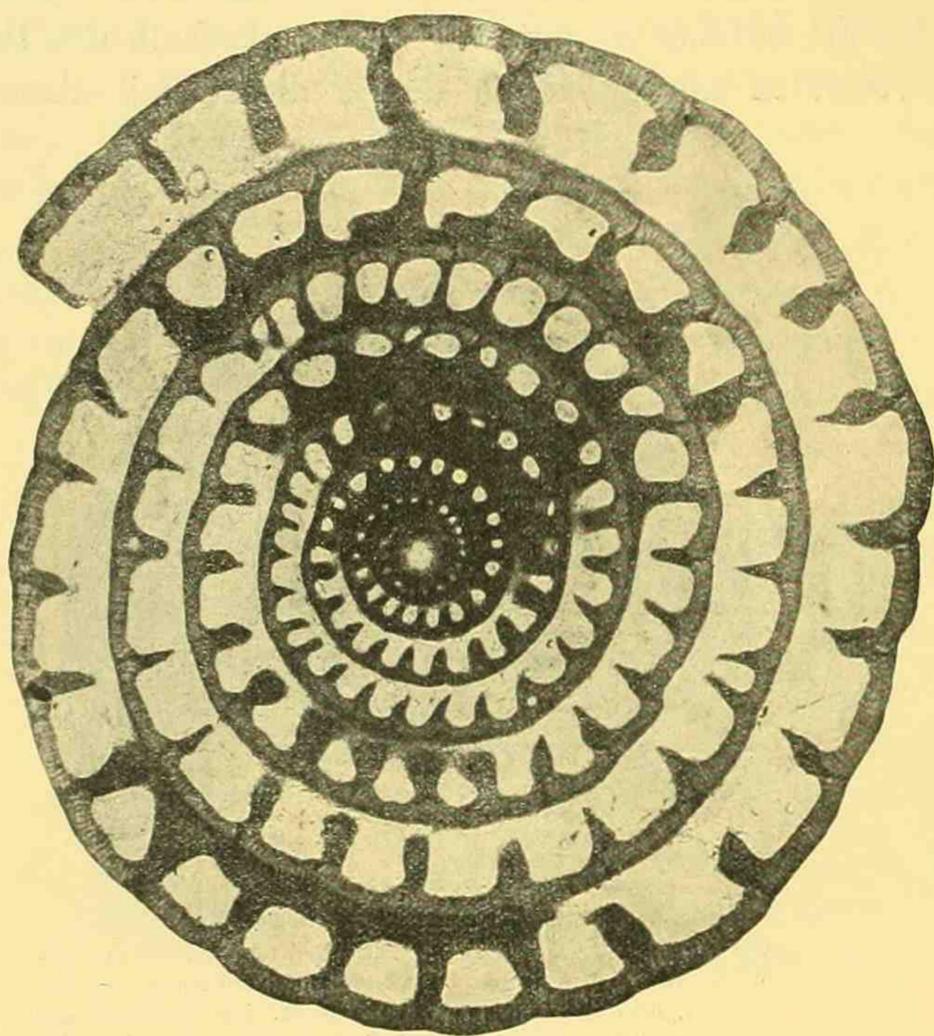


Fig. 23.  
Medialschnitt einer *Fus. secalis*, zeigt, da der Schliff etwas gegen die Axe geneigt ist, teilweise die Medialreifen. (Für die Orientierung vergl. Tafel I 1.)  
Vergr. 1:30.

sich neigt. Den Betrag dieser Neigung können wir durch einen Vergleich mit einem Axialschnitte der gleichen Spezies abschätzen. Wir ersehen aus einem solchen (Tafel I 1), daß die Mundspalte gänzlich faltenfrei ist. Die oben und unten sichtbaren V-förmigen Zusammenbiegungen der Septen würden zunächst mit einiger Bestimmtheit darauf hinweisen, daß wir in einer gefältelten Region der Septen uns befinden (vgl. Seite 34). Eine Andeutung von Halbbögen, die die Fältelung anzeigt,

<sup>1)</sup> Vgl. Tafel I 1 und Textfigur 24, 25.

ist auf dem Axialschnitte indessen erst ein erhebliches Stück polwärts von den dunklen Flecken, die die Mundspalte einrahmen, zu sehen. So schief kann der Schliff aber nicht geneigt sein, da er einen viel zu medialen Charakter zeigt, der sich namentlich auch in der fast vollkommen kreisförmig gerundeten, rechts und links kaum merklich abgeflachten Spirale der Umgänge zu erkennen gibt. Es bleibt somit nur diejenige Orientierung als denkbar übrig, die sich auf dem Axialschnitte als eine Gerade projizieren würde, welche z. B. rechts oben und links unten in dem letzten Umgange die Flecken innen tangiert und in den mittleren Windungen durchschneidet (vgl. Tafel I 1). Das Bild, das uns z. B. der vorletzte (sechste) Umgang oben zeigt, weicht so erheblich von dem normalen Typus V-förmig infolge von Fältelung konvergierender Septen ab, daß jede Möglichkeit, diese Erscheinung so einfach zu erklären, ohne weiteres von der Hand gewiesen werden muß. Vielmehr ist die Ähnlichkeit des Habitus dieser dunklen, dem Dachblatt des jeweils vorangehenden Umganges streckenweise auflagernden Streifen, die seitwärts in einer Zone des schattenhaften Verblässens ohne niedriger zu werden gegen die beiden freien Quadranten austönen, mit dem Typ des Basalskelettes bei medialen Doliolinenschliffen so frappant,<sup>1)</sup> daß im Verein mit der gleichfalls stark gegen eine Fältelungshypothese sprechenden Tatsache der stets und in allen Umgängen in Axialschnitten sichtbaren und gleich hohen Flecken der Schluß gesichert erscheinen dürfte, daß wir es hier mit einer Art von Basalskelett zu tun haben.

Für dieses schlage ich, um eine Verwechslung mit den bisher nur von *Doliolina* und *Neoschwagerina* (sowie *Sumatrina*) sicher bekannten, die ganze axiale Breite der Umgänge einnehmenden, keine Mundspalte freilassenden, im Alter an Zahl zunehmenden Tonnenreifen zu vermeiden, den Namen „Medialreifen“ vor. Es handelt sich hier lediglich um zwei submedial verlaufende spirale Leisten, die durch den mit zunehmendem Alter stark sich erweiternden Zwischenraum der Mundspalte geschieden sind. Von der Bedeutung, die diese Entdeckung für die Systematik hat, wird an anderer Stelle zu sprechen sein. Hier sei noch darauf hingewiesen, daß zwar nicht ganz so deutlich, aber für geübte Augen erkennbar, ein Vergleich der Abbildungen einiger russischer Fusulinen etwa das gleiche zu sehen erlaubt (vgl. R. XIX 9 und 10, 5 und 7).

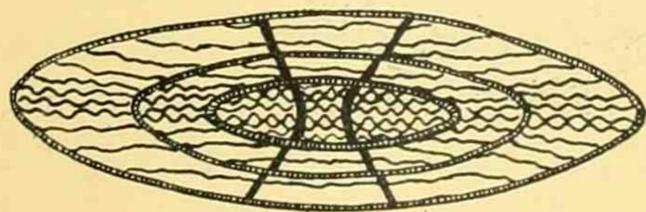


Fig. 24

Schema eines tangentialen Anschliffes von *Fus. secalis*. Deutlich sind die beiden hyperbelähnlichen Schnittkurven der Medialreifen, sowie die Beschränkung der Septenfältelung auf die Axenregion sichtbar. (Am Mikroskop gezeichnet, Vergr. etwa 1:10.)

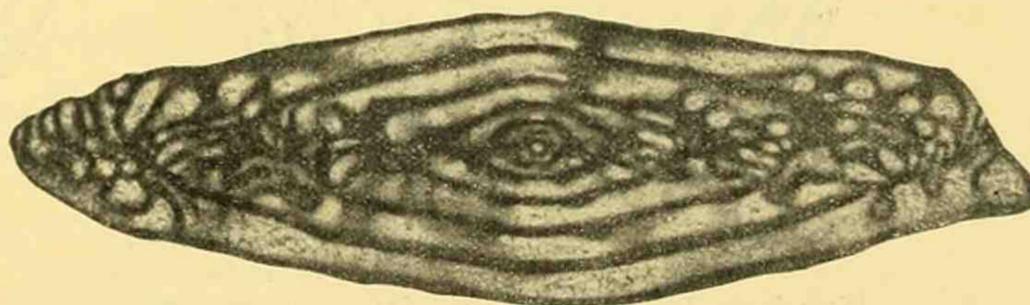


Fig. 25.

*Fus. exigua* (Iowa). Der Schliff zeigt einige Besonderheiten, die diese Form mit *Fus. obsoleta* (Donetz) teilt: sehr geringe Fältelung, Medialreifen, geringe Größe, sehr dünne Wand, große Feinheit des Wabenwerkes. Es dürfte sich bei beiden Spezies um degenerierte Brackwasserformen handeln.

Eine ganze Reihe weiterer Schliffe von *Fus. secalis* gestattete mir, die volle Richtigkeit des hier gezogenen Schlusses nachzuprüfen und zu bestätigen. Namentlich ist beweisend der Umstand, der übrigens diagnostisch recht gut verwendbar ist, daß bei einem parallel der Axe geführten, aber nicht zentralen Schliff die Medialreifen in vortrefflicher Weise stets und lückenlos sich präsentieren. Ein einfaches Anschleifen gibt bereits ein einwandfreies, höchst bezeichnendes Bild, das unter schwacher Lupe gesehen sich etwa wie Textfigur 24 darstellt.

<sup>1)</sup> Ein Vergleich von Textfigur 23 mit Textfigur 22 ist hier von Interesse.

Während bei einigen Fusulinen — in ganz schwachen Andeutungen auch bei *Schwagerina* s. str. — es mir gelang, ein wenigstens partielles Basalskelett zu entdecken, muß ich die bisher absolut einstimmig gemachte Annahme eines vollständigen Basalskelettes bei *Verbeekina* (Typus *Verb.*, früher *Doliolina* bzw. *Schwagerina Verbeeki*) als einen optisch-logischen Irrtum bezeichnen. Da ich an anderer Stelle ausführlich auf diesen Punkt, der neben anderem eine generische Abtrennung der *Verb. Verbeeki* sowohl von *Schwagerina* s. str. als von *Doliolina* notwendig machte, eingegangen bin,<sup>1)</sup> will ich hier nur kurz das auch für die Beurteilung von Fusulinen wichtige Wesentlichste dieses Problems hier geben.

Um ein klares Bild der Orientierung eines axialen Schliffes zu erhalten, muß man im medialen Schnitt einen Durchmesser ziehen, der die gleichen Strukturteile anschneidet, bzw. natürlich auch umgekehrt. Dabei ist zu beachten, daß dieser Durchmesser keineswegs als mathematische Gerade gedacht werden darf, sondern als ein Streifen von der Breite, die der Schliffdicke entspricht (ca. 0,04 bis 0,06 mm).

*Verbeekina Verbeeki* zeigt uns in axialen Schliffen (vgl. Taf. I 6) deutlich, daß die Septenfältelung wenigstens in dem oberen Teile der Septenlänge eine äußerst schwache ist. Daher erscheint an allen den Stellen, in denen der Schliff ein Stück eines Septums in sich schließt, ein grauer Schatten,

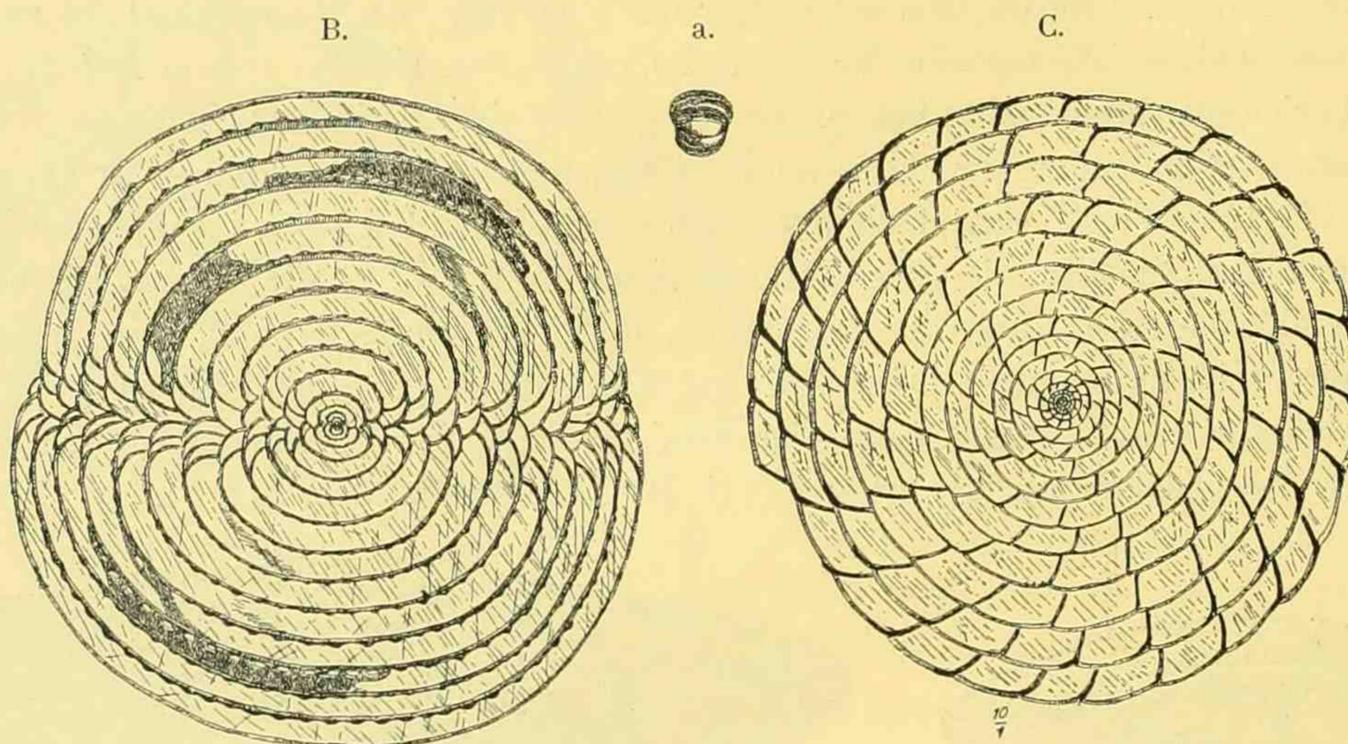


Fig. 26.

*Verbeekina Verbeeki* Gein.

(Nach Frechs *Lethaea, Carbon*, Seite 289) a. Junges Exemplar restaur. Nat. Gr. B. Axialschnitt  $\frac{10}{1}$ , C. Sagittalschnitt  $\frac{10}{1}$ . N. Schwager, Sumatra. Der Axialschnitt B zeigt deutlich das fast völlige Fehlen der Septenfältelung. Die auf allen Umgängen aufsitzenden dunklen Flecken sind fälschlich nach dem Vorbilde der *Doliolinen* ergänzt und in Dünnschliffen nicht in dieser Weise vorhanden, vgl. Tafel I 6! Daß hier kein Basalskelett vorliegt, beweist der Sagittalschliff C schlagend, da in ihm nirgends die analog zu Textfigur 23 und 22 zu erwartenden dunklen Schatten auftreten.

der fast die ganze Umgangshöhe erfüllt. Nur ganz unten am Saume zeigt sich eine Besonderheit: ganz kleine niedrige, halbkreisförmige, dunkle Flecken, die durch etwas breitere helle Zwischenräume geschieden sind, finden sich vielfach über eine größere Strecke hin der Wand des vorhergehenden Umganges aufgesetzt, können aber auch stellenweise völlig fehlen. (Vgl. Textfigur 26 B.)

Dieser Tatbestand genügte allen bisherigen Beobachtern, um ohne weiteres die Existenz eines „Basalskeletts“, das tonnenreifartig um die Windungen lief, anzunehmen.

<sup>1)</sup> Vgl. SCHW. Seite 471—473, 477—480.

Das schwerste Bedenken gegen diese Auffassung ist wohl die Tatsache, daß sagittale Schliffe niemals irgend einen Anhaltspunkt für die Annahme eines Basalskeletts ergeben, wie er etwa in Verhältnissen analog der Textfigur 23 zu erblicken sein würde (vgl. Textfigur 26 C und 22).

Ein weiterer Gegenbeweis ergibt sich aus der Überlegung, daß echte Tonnenreifen doch im axialen Schliff überall in gleicher Stärke zu sehen sein müßten.

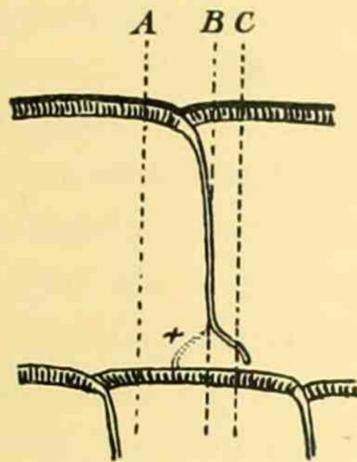


Fig. 27.

Schema der Lagemöglichkeiten axialer Schnitte gegenüber einem Septum (vergl. SCHW. 5).

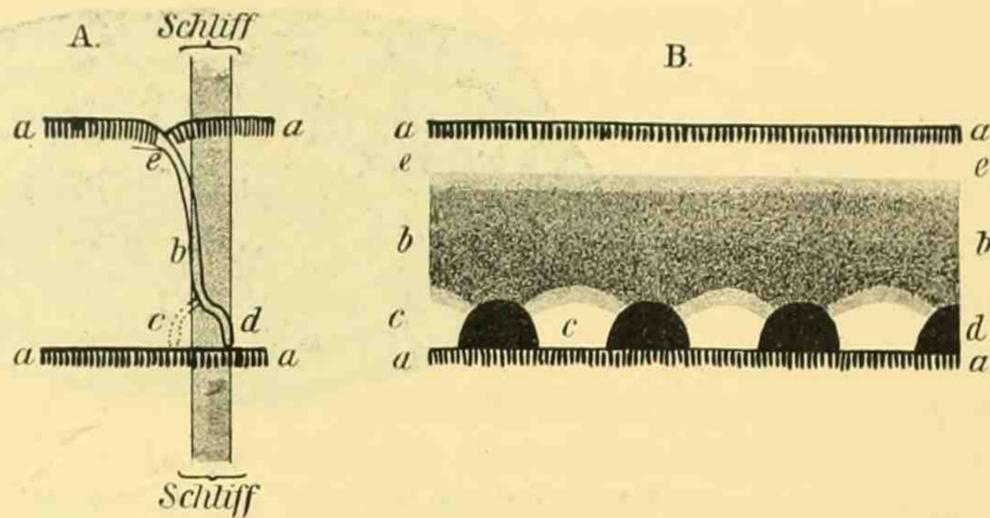


Fig. 28.

Schema zur Erklärung des in Axialschliffen auftretenden Pseudobasalskelettes von Verbeekina Verbeeki. A gibt die Orientierung des axialen Bildes. B im Medialschliff. — a) Wand mit Wabenwerk. b) in der Schliffbreite liegender Teil des Septums. c) Rück-, d) Vorbiegung des Untersaumes des Septums. e) nicht innerhalb der Schliffbreite liegender Teil des Septums.

Ein dritter triftiger Grund gegen die bisherige Ansicht liegt in der Erklärung der Erscheinung auf eine wesentliche andere und den Tatsachen genau entsprechende Weise, wie ich sie an anderer Stelle gegeben habe (SCHW. Seite 470—473 und 478—481). Diese Erklärung geht von der Betrachtung der verschiedenen denkbaren Orientierungen aus, die für die Lage axialer Schliffe in bezug auf ein Septum sich ergeben.

Es bestehen folgende drei Möglichkeiten (Textfigur 27):

- A) Der Schnitt trifft das Septum überhaupt nicht.
- B) Er tangiert das Septum und schneidet seinen vor- oder rückgebogenen Untersaum.
- C) Er schneidet nur den letzten Teil des Untersaums.

Je dünner der Schliff ist, um so schärfer zeigen sich natürlich diese Stadien ausgeprägt. In dicken Schliffen, wie sie C. S c h w a g e r vielfach seinen Beobachtungen zugrunde legte, liegt dagegen sehr häufig ein Teil des tangierten Septums ebenso wie die äußersten Enden des gefalteten Untersaums zugleich im Schliff, der also die ganze Breite zwischen B) und C) der Figur 27 ausfüllt. Dann ist natürlich kein Halbbogen sichtbar, sondern dunkle, halbrunde Massen liegen auf der nächst inneren Umgangswand scheinbar auf, getrennt durch helle Flecken, die den Rückbiegungen (Textfigur 27) entsprechen.

Nach dem Gesagten ist es nun vollständig einleuchtend, daß ein axiales Bild, wie es Textfigur 28 B zeigt (vgl. Taf. I 6, sowie Schwagers Bilder in v. Richthofen, China IV, Taf. XVII 1, 9 und XVIII 3, 7, 10 und Yabes Taf. I 2) nur entstanden sein kann durch eine Schliffelage, wie sie Textfigur 28 A veranschaulicht. (Die kleinen Buchstaben in 28 A und B entsprechen einander.)

Auch der helle, die Wand (a) und den „Schatten“ (b) so oft trennende Streifen (c) ist seiner Entstehung nach ohne weiteres verständlich.

Textfigur 29 zeigt ebenfalls aufs deutlichste, wie unberechtigt hier die Vorstellung von der Existenz eines Basalskelettes war: bei dicken Schliffen von echten Fusulinen, deren Septenfältelung im wesentlichen sich auf den unteren Teil des Septums beschränkt, zeigt sich naturgemäß das gleiche Bild! Diese Tatsache dürfte auch den letzten Zweifel beseitigen. —

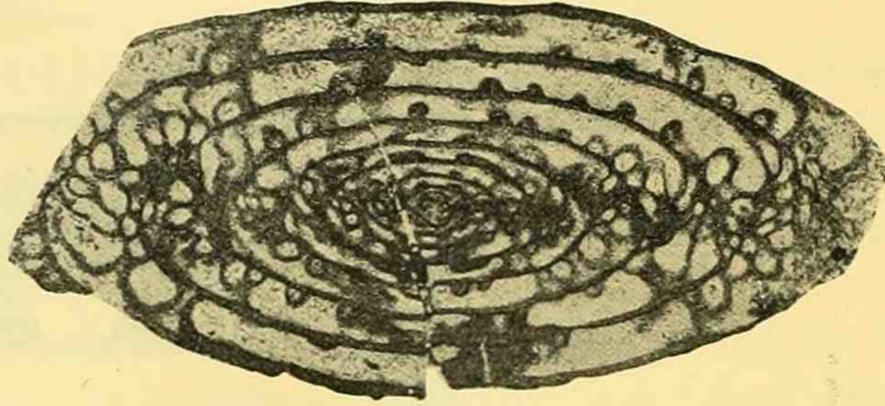


Fig. 29.  
Fusulina contracta, Axialschnitt zeigt in etwas dickem Schliff ein Pseudo-  
basalskelett. Vergr. 1:20. (Vgl. SCHW. VII 8.)

## Zur Vergleichung axialer und medialer Schliffe.

Eine der Hauptschwierigkeiten, die sich dem Heranziehen der Schliffe zur Speziesdiagnose entgegenstellen, ist die Tatsache, daß sich aus einem Individuum stets nur je ein zentraler Schliff anfertigen läßt. Da die äußere Erscheinung nur in den seltensten Fällen es ermöglicht, zwei Exemplare als zu der gleichen Spezies gehörig mit vollster Bestimmtheit zu erkennen, ist die unerläßliche Vorbedingung aller näheren Beschäftigung mit den Fusulinen ein genaues Eingehen auf die Einzelheiten des Schliffbildes, um Anhaltspunkte zu gewinnen, die Speziesmerkmale sowohl an axialen als an medialen Schnitten zu erkennen.

Da die genannten zwei Orientierungen der Schliffe miteinander nur eine Gerade gemeinsam haben, die senkrecht auf der Axe steht (im Axialschliff daher einwandfrei fixierbar ist), und durch die Mitte der Zentralkammer geht (im Medialschnitt also einen beliebigen Durchmesser darstellt), ist es das Nächstliegende, diese Gerade in beiden Schliffen, den auf ihr sichtbaren Eigenschaften nach, zu bestimmen. Wenn wir von zwei völlig normalen Individuen gleicher Spezies die gleiche Größe etc. besitzen, einen absolut genauen, gleich dicken Axial- und einen eben solchen Medialschliff uns hergestellt denken, so sehen wir, daß eine Reihe von Daten von jedem der beiden Schliffe gleich gut abgelesen werden kann (vgl. Textfigur 30).

Die Projektionen der scheinbaren Wandstärke und der scheinbaren lichten Weite der Zentralkammer werden sich entsprechen und ebenso ihr äußerer wahrer Durchmesser. Allerdings ist dies

leider nur in diesem gedachten Idealfalle zutreffend. Nach dem in dem Abschnitt über die Zentralkammer (Seite 11) Gesagten ergibt sich, daß schon geringe Abweichungen der Schlifflage von der mathematisch strengen Orientierung, sowie alle Schwankungen in der Dicke beider Schliffe die genannten scheinbaren Werte wesentlich verändern, während der äußere Durchmesser der Anfangskammer etwas konstanter ist. Aber auch dieser ist als Speziesmerkmal nicht recht brauchbar; neben der individuellen Variabilität steht u. a. auch der Einfluß des Dimorphismus (vgl. Seite 150—157) dieser Verwendbarkeit des äußeren Zentralkammerdurchmessers entgegen.

Die Wandstärke ist ebenfalls nur mit Vorsicht heranzuziehen. Zwar bietet der Medialschliff ein sehr exaktes Bild, zeigt aber auch, daß die Stärke zwischen je zwei Septen oft recht wechselnd ist. Am schwächsten pflegt sie etwa in der Mitte der Wölbung der einzelnen Kammer zu sein (*Fusulina tenuissima* z. B. bildet eine Ausnahme!). Da der Axialschliff nun aber nur eine Gerade mit dem medialen Schnitt gemeinsam hat, ergibt sich die Wichtigkeit der relativen Lage dieser Geraden innerhalb des einzelnen Umganges, da je nachdem eine dickere oder eine dünnere Partie

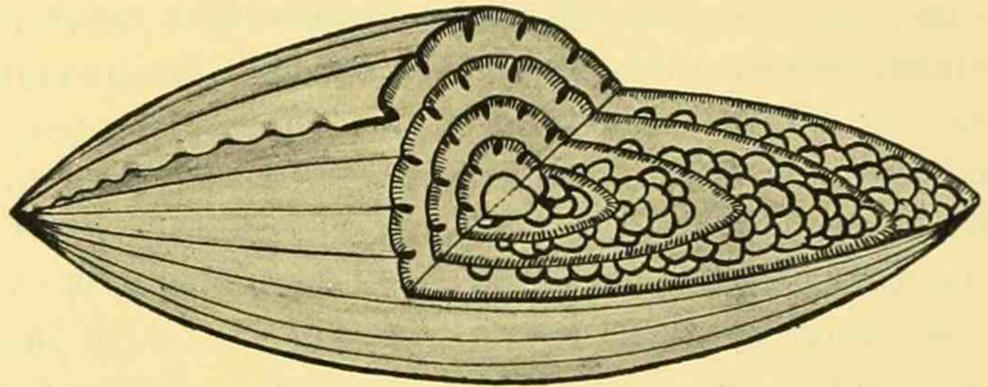


Fig. 30.

Schema zur Vergleichung axialer und medialer Schnitte bei *Fusulina*, Ca. 1:10.

der Wand getroffen wird. Es ergibt sich aus dieser Sachlage die Konsequenz, daß sich eine Vergleichung der aus axialen und medialen Schliffen gewonnenen Wandstärken nicht genau durchführen läßt, da die relative Lage zu den nächstliegenden Septen jedes einzelnen Stückes der Umgangswand des axialen Schliffes einerseits sich nicht genau feststellen läßt, andererseits aber einen bedeutenden Einfluß ausübt.

Auch die *l i c h t e W e i t e* ist entsprechend unzuverlässig. Etwas konstanter ist die Summe von lichter Weite und Wandstärke, d. h. die volle *H ö h e d e s U m g a n g e s*. Doch auch hier ist bei allen denjenigen Formen, die tiefeingeschnittene „Melonenfurchen“ von Pol zu Pol aufweisen,

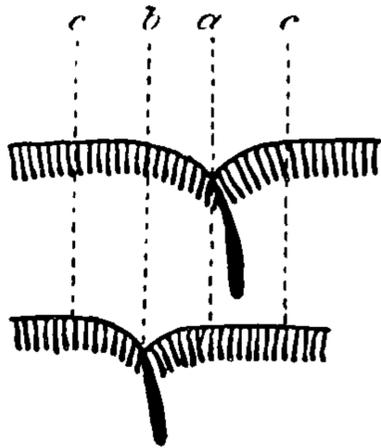


Fig. 31.

Schema der Abhängigkeit der Umgangshöhenmessungen v. der Schlifforientierung in Axialschnitten.

Vorsicht geboten, da der Axialschnitt bald bis zum Betrag einer solchen Eintiefung zu klein (Textfigur 31 a), bald entsprechend zu groß (Textfigur 31 b) sein kann, neben der Möglichkeit relativ exakter Werte (Textfigur 31 c).

Natürlich sind diese Abweichungen nicht so groß, daß die Messungen dieser Werte an Axialschliffen völlig wertlos werden. Aber es ist wichtig, sich vollkommen klar zu machen, daß die gewonnenen Maßziffern *n u r N ä h e r u n g s w e r t e* darstellen und nur ganz ungefähre Vergleiche zulassen.

Die *D i c k e d e r S e p t e n* ist ebenfalls ein nur sehr mit Vorsicht zur Speziesdiagnose heranzuziehender Faktor. Der Medialschliff zeigt das Septum in der Mundspaltenregion, wo es stets die größte Stärke besitzt. Die Dickenabnahme nach den Polen zu geschieht manchmal allmählich, manchmal ziemlich sprungweise. Wie in dem Abschnitt über das Septum gezeigt worden ist (Seite 33, 34), ist die wahre Dicke des Septums in der Medialregion nicht immer mit der wünschenswerten Genauigkeit festzustellen. Der geringste Betrag von Fältelung zieht eine wesentlich stärkere Projektionsbreite nach sich. Noch viel ungünstiger stellt sich die Messungsmöglichkeit im axialen Schnitt. Zunächst ist zu beachten, daß auch die Lage der gemessenen Stelle im Septum, also die Entfernung von der Abbiegungslinie wichtig ist. Alle Messungen der *S e p t e n s t ä r k e* im *A x e n s c h l i f f* ergeben *z u g r o ß e W e r t e*, da das Septum nie senkrecht zu seiner Ausdehnung getroffen wird. Erst an den Polen pflegt dieser Fall mehr oder weniger einzutreten, aber die hier gemessenen Ziffern sind naturgemäß mit den an Medianschnitten gewonnenen Werten, wegen der verschiedenen wahren Septenstärke in der Mitte und am Pole, gar nicht vergleichbar.

So erhalten wir als eventuell brauchbare zu messende Vergleichswerte theoretisch im wesentlichen nur folgende:

1. Die mit Vorsicht zu behandelnden, von Lage und Dicke des Schliffs abhängigen *P r o j e k t i o n e n d e r s c h e i n b a r e n W a n d s t ä r k e u n d l i c h t e n W e i t e d e r Z e n t r a l k a m m e r*, bei denen der kleinste bzw. der größte Betrag der relativ beste Näherungswert ist.
2. Den zwar relativ konstanten *ä u ß e r e n D u r c h m e s s e r d e r Z e n t r a l k a m m e r*, der von der Dicke so gut wie gar nicht, von der Lage des Schliffs nur in extremen Fällen abhängig ist, aber in Anbetracht der Breite der individuellen Variation sowie des Einflusses von Dimorphismus etc. doch ziemlich bedeutungslos ist. Auch hier ist der jeweils größte Wert der genaueste.
3. Die *D i c k e d e r U m g a n g s w a n d*, abhängig von der Lage des Schliffes im Axialschnitt, korrekt im Medialschliff. Der axiale kleinste Wert ist am besten dem medialen kleinsten Werte näherungsweise vergleichbar. Die kleinsten Maße sind die exaktesten.

4. Die *Umgangshöhe* ist im Medialschliff sehr gut, im Axialschliff infolge der unkontrollierbaren Lage nur annähernd zu messen. Sowohl die kleinsten als die größten Werte sind hier ungenauer als Mittelwerte.
5. Die *Septenstärke* ist im Medialschliff von der Dicke des Schliffs und der Intensität der Fältelung und von der Lage abhängig. Die Septen der gleichen Region sind im Axialschliff so gut wie überhaupt nicht zu messen. Die Umrandungen der Halbbögen zeigen sie stets zu dick projiziert, so daß auch hier der kleinste Wert immer der beste ist. Auch die Polregion, die relativ die günstigsten Verhältnisse bietet, hat noch die Tendenz, zu große Werte zu geben, und ist mit der ungünstigen Mittelpartie sowieso unvergleichbar.

Es bleibt somit als absoluter Wert, der in beiden Schlifflagen korrekt erkennbar ist, eigentlich nur übrig:

6. Die *Umgangszahl*, die an sich für die Spezies recht konstant ist. Da indes selbst bei achtsamem Schleifen oft Teile der äußersten Umgänge herausbrechen, zudem die Lage des Axialschliffs in ihrer Entfernung zur Mündung nicht näher bestimmbar ist, sind auch hier kleine Differenzen unvermeidbar. Jedenfalls ist es wichtig festzuhalten, daß auch der beste Axialschliff seiner Lage nach oft einen halben Umgang zu wenig angibt.

Alle anderen Verhältnisse sind nicht restlos und ohne Kommentar in Ziffern ausdrückbar, wenn sie auch recht bedeutsam sein mögen, z. B.:

7. Die *Mundspalte*, die sich, — wenn gut ausgebildet — im Medialschliff durch die Kürze der Septen und das (auch bei etwas exzentrischer Lage erkennbare) Fehlen der Tendenz zu Y- oder Vförmiger, paarweiser Zusammenneigung verrät, im Axenschliff aber ohne weiteres deutlich ist.
8. Die *Art der Wabenstruktur*, die in beiden Schlifflagen unter fast gleichen Bedingungen erscheint und, nach Zahl der Elemente innerhalb einer bestimmten Strecke relativer Breite der hellen und der dunklen Streifen, auch wohl für deren absolute Werte recht charakteristisch ist, wenn man die Vorsicht gebraucht, im Medialschliff nur die Mittelpartien zwischen je zwei Septen zum Vergleich zu verwenden.
9. Das ungefähre *Verhältnis der Zunahme von Wanddicke und Umgangshöhe* von Windung zu Windung in axialen und medialen Schliffen ist, allerdings nur wenn man auf zu strenge Berücksichtigung von zu weit gehenden Dezimalstellen von vornherein verzichtet, ein recht guter Anhalt.
10. Weitere hierher gehörige Eigenschaften, die aus dem Wesen der *Septenfältelung* zu folgern sind, finden sich noch besprochen in dieser Arbeit auf Seite 24, 25.

Aus der Fülle der hier angeführten Merkmale gelingt es wohl stets, aus einer Serie vom gleichen Fundort stammender Schliffe die axialen und medialen jeweils paarweise zu einer Spezies zu verbinden. Immerhin ist dies aber mit die schwerste Aufgabe, aus einer Anzahl von äußerlich mehr oder weniger gleichen Fusulinen nicht nur die gleiche Zahl von wohl charakterisierten Gruppen medialer wie axialer Schnitte zu unterscheiden, sondern auch mit hinreichender Gewißheit in allen Fällen die zu je einer Spezies oder Varietät gehörenden je zwei derartigen Gruppen als zueinander passend zu erkennen. Ist diese Identifizierung einmal durchgeführt, wird dann zur ausreichenden Speziesbestimmung fast stets ein einzelner Schliff ausreichen.

## C. Zur Entwicklungsmechanik der Fusulinen.

Nach der Besprechung der wesentlichsten aus den Dünnschliffen zu konstruierenden anatomischen Verhältnisse der Fusulinen ist es möglich, bis zu einem gewissen Grade auch dem Mechanismus der Schalenbildung nachzugehen. Wir haben dieser Untersuchung lediglich das morphologisch in dem vorhergehenden Abschnitt klargelegte Bild zu Grunde zu legen, dessen Einzelheiten wir vom entwicklungsmechanischen Standpunkte aus als ihrer Form nach physikalisch bedingt betrachten wollen. Ohne den Anspruch zu erheben, alle in Betracht kommenden Faktoren hierbei zu berücksichtigen, soll gezeigt werden, daß bereits einige wenige Kräfte, die im folgenden näher besprochen werden, völlig genügen, um die scheinbar so „kunstvolle“ Schale der Fusuliniden in allem Wesentlichen zu konstruieren. Diese Analyse der auf rein mechanische Einflüsse zurückführbaren Elemente des Schalenbaues ist erforderlich, um einen Anhalt darüber zu geben, wie weit wir aus der Ontogenie der Schale die Phylogenie abzuleiten versuchen dürfen, und bis zu welchem Grade eine Systematik sich auf die Einzelheiten des Schalenbaues stützen kann.

### I. Die Zentralkammer.

Wenn wir die normale Zentralkammer betrachten, fällt uns die mehr oder weniger kugelförmige Gestalt aller ihrer Durchschnitte auf. Die Kugelform, die sich daraus logisch erschließen läßt, kann lediglich der Wirkung der Oberflächenspannung zugeschrieben werden. Damit diese Wirkung sich in der uns vorliegenden Weise äußern kann, müssen aber mehrere Bedingungen gegeben sein.

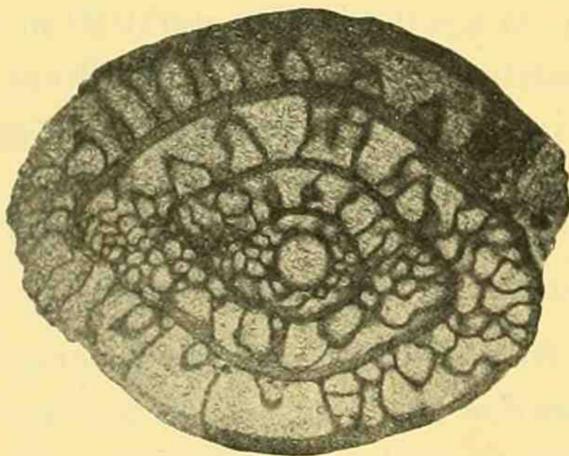


Fig. 32.

*Fusulina vulgaris* var. *globosa* (Darwas) zeigt in centralem Schiefeschliff die Kreisform der Anfangskammer. DIM. 3.

Einmal muß in einem primären Stadium die Sarkode flüssig — und zwar bis zur Peripherie hin flüssig, also schalenlos — gewesen sein, um ihre Gestalt so völlig der Einwirkung dieser Kraft entsprechend formen zu können.

Dann muß dieser Flüssigkeitstropfen in einem Medium sich befinden haben, dessen spezifisches Gewicht so gut wie gar nicht von dem der Sarkode abwich, da anderenfalls die Tendenz des Tropfens, in seiner Umgebung niederzusenken oder emporzusteigen, eine Störung der Kugelform veranlaßt haben würde (ganz abgesehen davon, daß bei einem Erreichen der Grenze des Mediums dessen dort wirkende Spannung Einfluß auf die Gestalt des Tropfens ausüben müßte). Ein freies Schweben

im Meerwasser ist demnach für das unbeschaltete Anfangsstadium der Fusulinen anzunehmen, im Gegensatz zu vielen anderen Foraminiferen, deren oft wesentlich anders gestaltete Zentralkammer (vgl. z. B. *Orbitolites*) auf eine andere Lebensweise und dementsprechend auch andere physikalische Bedingungen hinweisen dürfte. Die eine reine Kugelform gestattenden Faktoren ändern sich in dem

Augenblicke, in dem der Beschalungsprozeß sich vollzieht. Da die Anfangsschale, wie im vorhergehenden Abschnitte gezeigt wurde (Seite 10), im Gegensatze zu der bisher üblichen Auffassung völlig dicht und porenlos ist, können Pseudopodien lediglich durch die, vermutlich kreisförmige, Öffnung ausgetreten sein, die an einer einzigen Stelle von der Schale ausgespart bleibt. Der Bildung einer festen kalkigen Schale ist ein Stadium als vorhergehend anzunehmen, in dem eine Flüssigkeitsmembran die Sarkode umschloß. Ich stimme in diesem Punkte völlig mit L. Rhumbler überein, der („Die Doppelschalen von *Orbitolites*“ 1902, l. c. Seite 262) der Ansicht ist, daß „bei fast allen ähnlichen Zellenabscheidungen, deren Genese genauer bekannt ist, die Schalensubstanz, ehe sie ihre definitive Festigkeit erhält, einen flüssigen — wenn auch sehr zähflüssigen Zustand durchmacht, was ja ohnedies der Fall sein muß, wenn sie sich als ein direktes Umwandlungsprodukt der an sich flüssigen kolloidalen Sarkode darstellt. Ist nun die Schalensubstanz während der Kammerbildung flüssig oder zähflüssig, so muß sie die durch ihre Vermittlung zusammgehaltenen Einzelkammerchen in ihrer Gesamtheit wie

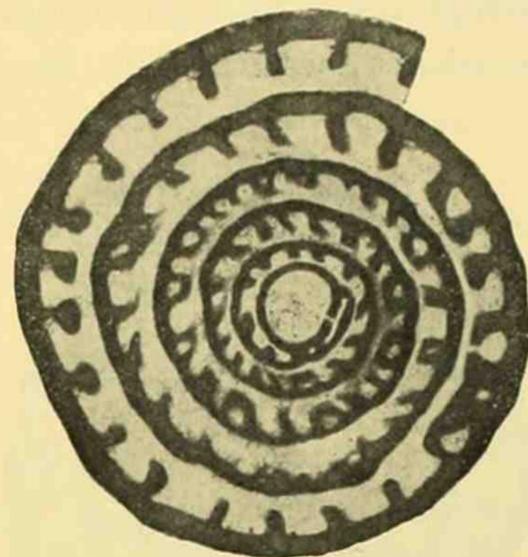


Fig. 33.  
Fusulina vulgaris, Medialschnitt zeigt die Öffnung der Anfangskammer. Vergr. 1:20. (Vgl. DIM. 4.)



Fig. 34.  
Fusulina indica, Medialschnitt zeigt die Form und Lage der Öffnung der Anfangskammer. Vergr. 1:20 (Vgl. DIM. 1).

mit einer elastisch gespannten Deckschicht umkleiden. Diese elastische Spannung der Deckschicht leitet sich als physikalische Notwendigkeit entweder her aus der Oberflächenspannung derselben gegen das äußere Wasser hin, oder sie ist durch das gallertige Durchgangsstadium der Schalensubstanz vor dem Festwerden gegeben, wenn etwa die Schalenmasse bereits auf einem früheren Stadium des Vorquellens der Sarkode abgeschieden und dann, dem anwachsenden Volumen der Sarkode entsprechend, auseinander getrieben werden sollte, wie dies von M. Schultze (1854, l. c. Seite 30) für *Polystomella* wahrscheinlich gemacht worden ist“.

Die Zellorgane des Protoplasmas brauchen unbedingt eine schalenfreie Stelle. Sowie kontraktile Vakuole, Zellmund etc. einen beliebigen Punkt der Kugeloberfläche bevorzugt haben, wird dieser in der Schalenbildung aufgehalten werden. Diese Differenzierung einer Stelle wird auch den Austritt von Pseudopodien, sowie bei zunehmender Sarkodemenge das Überfließen dieses Überschusses hierher verlegen. Die Bewegung dieser Pseudopodien, die ja oft in einem Winkel zu der Öffnungsaxe beansprucht werden, muß die gleiche Tendenz äußern, wie die Oberflächen des ausgeflossenen Sarkodezuwachses: es wird nämlich die nächste Umgebung der Öffnung etwas eingedrückt werden, so daß jeder durch sie gelegte Durchmesser eine nierenförmige Gestalt aufweist (Textfigur 34 und Tafel II Fig. 4, 5, 6, 7, 8). Je nach der Schnelligkeit des Beschalungsvorganges und des Sarkodezuwachses wird diese Abplattung oder Eindellung mehr oder weniger ausgeprägt erscheinen (vgl. Textfigur 33).

## II. Die erste Umgangskammer.

Verfolgen wir nun den weiteren Verlauf der Schalenbildung, so ist zunächst die Frage nach den bei der Anlage der ersten Umgangskammer wirksamen Tendenzen zu beantworten. Von dem Momente an, in dem die Dehnungsfähigkeit der die Zentralkammer umgebenden Membran nicht mehr

mit der Sarkodezunahme Schritt halten kann, muß ein Teil des Plasmas aus der Öffnung austreten und die zunächstliegende Membranfläche überfließen. Entweder hat nun die Bewegung der Pseudopodien diese benachbarte Partie bereits etwas vertieft oder eingedrückt, oder dieser Einfluß hat sich noch nicht geltend gemacht. In letzterem Falle wird, falls noch eine gewisse Biagsamkeit und Nachgiebigkeit der Zentralmembran besteht, die Oberflächenspannung wiederum eine Kugelgestalt zu schaffen bestrebt sein, die diesmal die Zentralkammer und den ausgetretenen

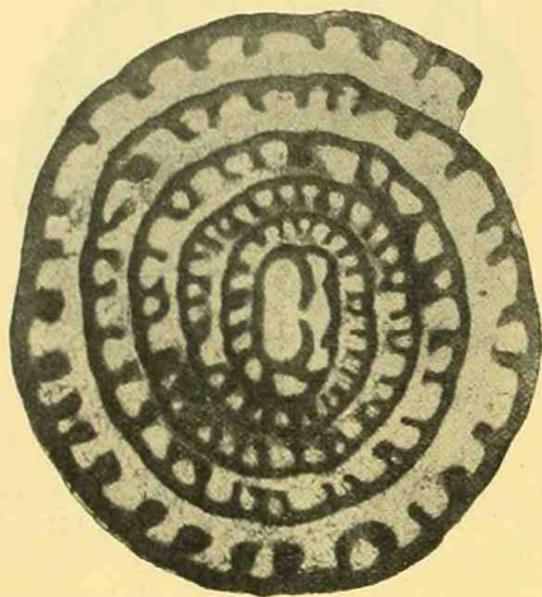


Fig. 35.

Fusulina granum avenae Roem. aus Sumatra, zeigt die auf eine Verschmelzung hindeutende 8-Form der abnorm großen Zentralkammer. Vergr. 1: 20. Vgl. DIM. Fig. 7.

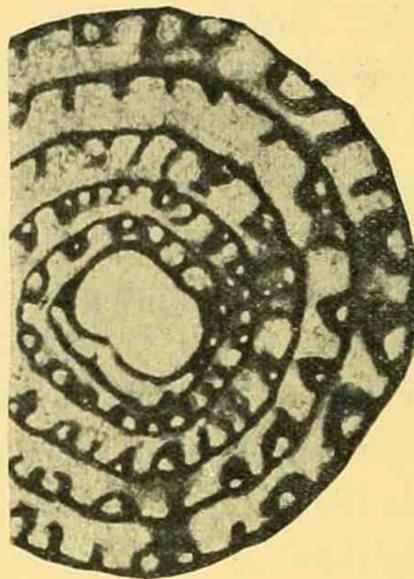


Fig. 36.

Medialschnitt von Fus. tenuissima (SCHELLW. Vgl. Palaeontogr. XLIV, Taf. XIX 8 sowie DIM. 5.) Vergr. 1: 20.

Überschuß einschließen wird. Als Folge ergibt sich wiederum eine Tendenz zur Eindellung der die Öffnung umgebenden Zentralmembranpartie.

Da ganz naturgemäß alle Faktoren, welche an der Entstehung einer solchen Eindellung mitwirken, um so leichteres Spiel haben, je größer der Durchmesser der Zentralkammer ist, so ist es schon deshalb erklärlich, daß bei relativ kleinem Anfangs-

kammerdurchmesser diese Erscheinung fast nie sichtbar ist. Dazu kommt in diesem Falle auch noch der optische Umstand, daß eine gewisse Mindestgröße des Wertes: „Zentralkammerdurchmesser: Schliffdicke“ zur Beobachtung der Eindellung erforderlich ist (vgl. Seite 12). Da die Dicke guter Schiffe mehr oder weniger konstant bleibt, so ist auch aus optischen Gründen nur bei größeren Anfangskammern die Eindellung erkennbar.

Die Gestalt der ersten Umgangskammer von Fusulina läßt sich restlos auf die rein mechanischen Faktoren zurückführen, die L. R h u m b l e r als bei der Kammerbildung von *Orbitolites* (l. c. Seite 249—257) maßgebend erkannt hat. In unserem Falle handelt es sich um folgendes: Die konkave Eindellung rings um die Austrittsöffnung wird, da in ihrem Bereich die erforderliche Oberflächenzunahme der Sarkode verhältnismäßig geringer ist, als die Vergrößerung der „Flußfläche“, d. h. des von ihr überflossenen Zentralkammerwandstücks, ohne jede Schwierigkeit ausgefüllt.

Dann gelangt die weiterfließende Sarkode beim Überschreiten der kreisförmigen Randlinie der Eindellung auf eine Zone starker konvexer Krümmung, die zur Überwindung eine relativ außerordentlich große Oberflächenzunahme und damit also auch einen beträchtlichen Massenzuwachs der Sarkode benötigt. Da die erste Bildung der zähflüssigen Membran bereits in diese Periode fallen muß, und das allmähliche Entstehen einer unnachgiebigen Schale einem weiteren Vordringen ein Ziel setzt, handelt es sich nun vor allem darum, an welcher Stelle die physikalisch günstigsten Bedingungen vorliegen für die Anlage von Zellorganen: Jede beliebige Stelle der Fließrandes ist vor jedem Punkte der freien Oberfläche bevorzugt, da die kontraktile Vakuole an die bestehende Zentralkammerwand adhäreren wird, und auch die Pseudopodien an jeder freien Stelle weniger geschützt vor Verlagerung sind, als an der Randlinie. Nachdem also die ruhenderen Sarkodeteile

schon eine Schale abgeschieden haben, wird an der Lokalisierungsstelle der Zellorgane eine Öffnung frei bleiben, ganz wie es bei der Zentralkammer der Fall war, und wie es bei den späteren Kammern, der Fall ist. Da die Schalenneubildung nach hinten und seitlich — im Sinne des Weiterfließens des Plasmas gesprochen — eine weitere Ausbreitung der Sarkode hindert, ergibt sich die Möglichkeit der Bildung von ersten Umgangskammern, die nicht radial sondern *bilateral* symmetrisch gebaut sind. Die Symmetrieebene liegt dann im Sinne der Fließrichtung und läuft durch den Zentralkammermittelpunkt. Der auf eine einzige Stelle der an sich schwer zu überwindenden Zone starker Konvexität konzentrierten Energie des Sarkodevordringens gelingt es oft, eine wesentliche Verlängerung der ersten Umgangskammer nach der vorderen Seite hin zu erreichen. Da die Höhe dieser Kammer noch sehr gering ist, ist die Tendenz, eine radial gerichtete Abschlußwand — d. h. ein Septum — zu bilden, oft noch nicht stark genug, um die Länge der Kammer sehr bald zu beschränken, umsomehr als ja die für die Zellorgane notwendige Öffnung zuerst fast noch den ganzen Raum eines eventuellen Septums einnehmen würde. Außerdem ist die Anforderung an die schalenbildende Kraft gerade bei dieser ersten Umgangskammer besonders hoch, da bei sehr kleiner Sarkodemasse eine sehr große Schalenoberfläche zu liefern ist. In den späteren Kammern kann schon gebildete Schale nicht nur als Unterlage, sondern auch als Rückwand benützt werden. Daher ist auch an fast allen die erste Umgangskammer in zwei nahezu gleiche Teile zerlegenden Schnitten eine sehr beträchtliche, die späteren Kammern teilweise um ein Vielfaches übertreffende Länge zu beobachten (vgl. R. XV, 9, 4, XIII 15, 20, XVI 4, 9 sowie Textfigur 37).

Zuweilen hat es auch den Anschein, als hätten vor der Bildung des definitiven ersten Septums bereits erfolglose Versuche dazu stattgefunden. In solchen Fällen, die eine sehr lange erste Umgangskammer aufweisen, ist oft deren Wand erheblich dicker, als die der späteren kürzeren Kammern, was eventuell als mechanische Kompensation aufzufassen sein dürfte. Jedenfalls aber ist die individuelle Variabilität in diesem Stadium zu groß, als daß ein näheres Eingehen auf diese Fragen zumal bei den technischen Schwierigkeiten, die das Material bietet, einen klareren Einblick in diese Verhältnisse gewährleisten dürfte.

### III. Die zweite Umgangskammer.

Die eigenartige spindelförmige Fusulinengestalt, die vor allem in dem Vorhandensein einer Axe ihr bezeichnendstes Merkmal hat, ist weder im Stadium der Zentralkammer noch der ersten Umgangskammer sichtbar. Und doch ist die Lage der künftigen Axe schon durch die Orientierung der Öffnung der ersten Windungskammer gegeben und tritt in der Form der folgenden zweiten Umgangskammer bereits in die Erscheinung (vgl. Textfigur 38).

Die auch nach der Bildung des ersten Septums fortgesetzte Sarkodezunahme findet als Flußfläche zunächst die im Winkel zwischen dem ersten Septum und der Zentralkammerwandung ent-

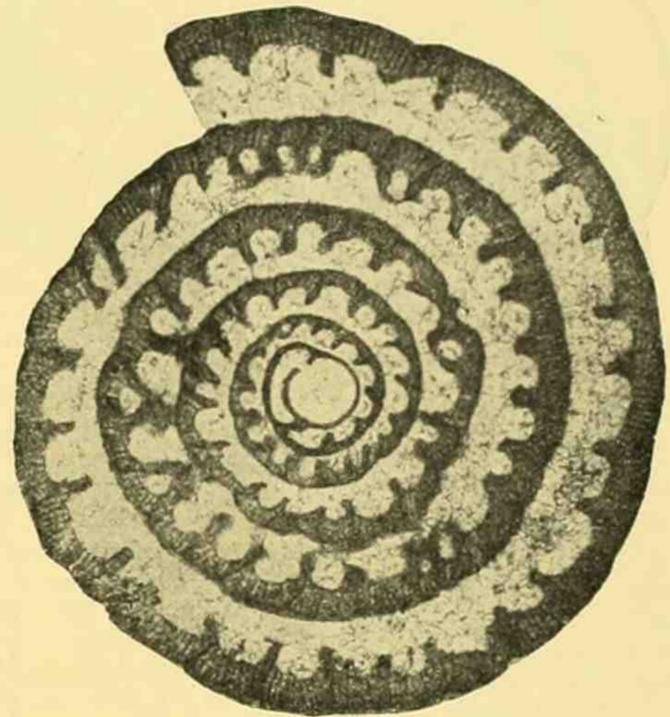


Fig. 37.  
Medialschliff von *Fus. Krafftii* zeigt die Porenlosigkeit der Anfangskammerwand, deren Öffnung, die beträchtliche Länge der ersten Umgangskammer sowie das Wabenwerk der Wand. Vergr. 1:20. (Vergl. DIM. 2.) Zu Seite 18, 95.

standene Konkavität vor. Diese wenig Oberfläche zu ihrer Ausfüllung bedürftige Zone setzt sich seitlich zwar rings um die erste Umgangskammer fort, bietet aber durch die rückwärts geschwungene, also ihrerseits *k o n v e x e* Kantenlinie mit zunehmender Entfernung von der Austrittsöffnung immer wachsende Schwierigkeiten. Infolgedessen kann nach den Seiten hin nur eine immer geringere Sarkodemenge diese Furche benützen. Über eine gewisse Entfernung hinaus muß demnach diese Ausbreitungsmöglichkeit völlig aufhören, da ja bei geringerem Volumen das Verhältnis zur Oberfläche ein immer ungünstigeres wird. Die Grundfläche der zur Bildung der zweiten Umgangskammer

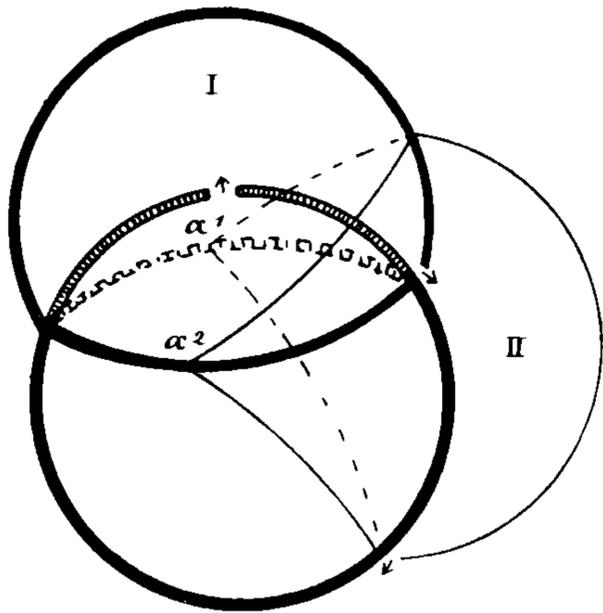


Fig. 38.

Schema zeigt, daß die erste Umgangskammer noch radiär-symmetrisch angelegt wird, während die zweite bereits in ihrer bilateralen Ausbildung die ungefähren Endpunkte (a und a') der Axe fixiert. Die Pfeile bezeichnen die Lage der Austrittsöffnungen der Sarkode.

ausgetretenen Sarkodemenge wird demnach nicht eine annähernde Kreisform besitzen, wie die der ersten, sondern eine Art *H a l b m o n d* darstellen, dessen Konkavität den Kreis etwa zur Hälfte einhüllt. Die Lage der Spitzen dieses Halbmondes ist für die Orientierung der Axe von maßgebender Bedeutung (vgl. Textfigur 38 a<sup>1</sup> und a<sup>2</sup>).

Je nach der Länge dieser ersten und der zweiten Kammer ist bereits jetzt oder in einem der nächstfolgenden Stadien, die sich nunmehr in gleicher Form und Weise bilden, die Zentralkammer so weit umhüllt, daß die Breite der Kammer die Axenlänge erreicht und der normale Kammerbau eingeleitet ist, der nunmehr bis zum Ende herrscht.

Von Interesse ist es, daß sich bei dem Bau von *Fusulina* ganz die gleiche Erscheinung findet, die *R h u m b l e r* bei *Orbitolites* (l. c. Seite 256—257) feststellen konnte. Trotz der im Prinzip vollkommen verschiedenen Schalenkonstruktion beider Formen, läßt es sich erweisen, daß „von der Anord-

nung der früheren Kammern, die doch infolge der kunstvollen Regelmäßigkeit, in welcher sie normalerweise auftritt, besonders wichtig erscheinen könnte“ bei der Erklärung der Gestalt einer neuen Kammer vollständig abgesehen werden kann, und daß die „alleinige Betrachtung derjenigen Schalenwände, die von der austretenden Sarkode direkt beflossen werden“, völlig ausreicht. Gerade dieser Umstand rechtfertigt die Zurückführung der Schalenkonstruktion auf rein mechanische Faktoren in hohem Grade, indem er die Mitwirkung irgendwelcher anderer Tendenzen mindestens als *u n n ö t i g* erweist. Die so planvoll und „zweckmäßig“ erscheinende Fusulinenschale verlangt also zu ihrer Entstehung *k e i n e r l e i* Intelligenz oder *I n s t i n k t* der Sarkode, die demnach nicht aktiv sondern lediglich passiv beim Bau ihres Hauses mitzuwirken braucht.

#### IV. Die Form der reifen Umgangskammern.

Ich will nunmehr die Bildung einiger Umgänge überspringen und die Erscheinung einer Kammer des (fast) ausgewachsenen Individuums analysieren: Von Pol zu Pol reicht das Septum, das an seinem Untersaume mehr oder weniger gefältelt ist, und zwar fast stets in der Weise, daß die Vor- und Rückbiegungen in gleicher Stärke alternieren und in der Mitte eine Mundspalte freilassen. Dieses Septum überspannt nicht in der ganzen Ausdehnung als ein einheitliches Gewölbe die Sarkode, sondern besitzt in einer Anzahl von Stellen *S t ü t z p u n k t e*, die eine Verfestigung der Kammer gegen äußere Einwirkungen darstellen.

Diese auch für andere Fusuliniden charakteristischen Stützpunkte sind besonders deutlich zu sehen bei dem eigenartigen Erhaltungszustande von einigen Exemplaren von *Verbeekina Verbeeki* (vgl. SCHW. Tafel VII Fig. 7 und hier Textfigur 39). Bei diesen ist nämlich ein Teil der Umgänge herausgebrochen, so daß nur einige der äußeren Windungen im Gestein festsitzen. Diese Herauslösung des Kernes erfolgte in der Weise, daß die Außenfläche einer Umgangswand die Trennungsfläche bildete. (Daß hier eine Fläche geringeren Zusammenhaltes, wenigstens bei *Verbeekina Verbeeki* besteht, zeigt SCHW. Tafel VII Fig. 6. Bezüglich der Möglichkeit, daß die Ausbildung des Basalskeletts der Doliolinen in diesem Punkte eine Abhilfe schaffte, vergleiche l. c. Seite 457.) Demzufolge sehen wir in der Höhlung, in der die inneren Windungen gesessen hatten, einmal den getreuen Abguß der Oberfläche der herausgebrochenen Wand, dann aber auch die Basis des nächst äußeren, also im Gestein liegenden Umganges. Der Abdruckcharakter erklärt die scharfen subparallelen Leisten als Negative der „Melonenfurchen“. Der Basischarakter bringt es mit sich, daß die Punkte, in denen das Septum auf der — hier herausgebrochenen — Außenseite der vorhergehenden Windung aufsitzt, sich auf der konkaven Fläche von der umgebenden Gesteinsmasse abheben. Wir sehen in solchen Fällen bei günstiger Färbung und Erhaltung einige subparallele Reihen von hellen Punkten in der dunkleren Masse. Diese Reihen durchkreuzen die erwähnten Leisten meist in einem wenn auch sehr spitzen Winkel, stellen sich also als unabhängig von ihnen dar. Die Punkte stehen bei *Verbeekina* in je einer Reihe in stets so gut wie gleichem Abstände, ohne Hervorhebung der Medialregion, und entsprechen somit völlig dem Bild der Axenschnitte. Bei *Fusulina* s. str. pflegt eine submedianer Unterbrechung der Punkt-reihen der Mundspalte zu entsprechen. Wenn D o u v i l l é s Ansicht (Bull. Soc. géol. France 4<sup>o</sup> ser. VI, pag. 593/94), daß *Fusulina* s. str. in der Mundspalte den einzigen Sarkode-Auslaß besäße, zu Recht bestände, so müßte statt einer median unterbrochenen Punkt-reihe eine in ihrer starken Wellung der Intensität der Fältelung entsprechende kontinuierliche Schlangenlinie auftreten, in der median die Mundspalte als Lücke ausgespart wäre. (Weitere Gegenbeweise gegen D o u v i l l é s Meinung vgl. diese Arbeit Seite 23 und 52!).<sup>1)</sup>

Von Interesse ist bei dieser Frage auch das Außenbild einer *Fus. montipara* (R. XIX 8, hier Taf. I 2). Diese Form besitzt Medialreifenansätze, die sich zu beiden Seiten der Mundspalte als fest mit der Unterlageverschmolzene Massen präsentieren. Von diesen aus fehlen die nach D o u v i l l é

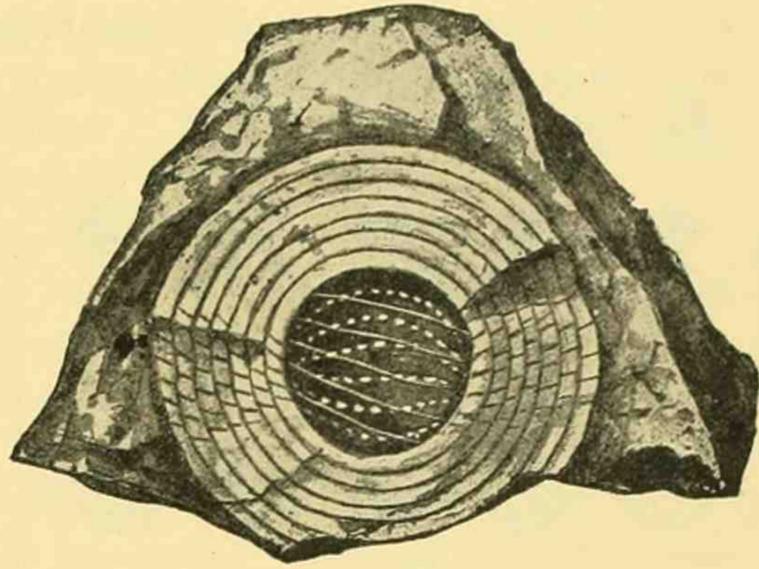


Fig. 39.

*Verbeekina Verbeeki* Gein. (Verbeek det. 1876). Typisches, axial zerbrochenes Exemplar von Padang. Die inneren Umgänge sind herausgebrochen. Die weißen Punkt-reihen entsprechen den Innensäumen der in dem innersten noch vorhandenen Umgänge befindlichen Septen. In der dunkelgrauen Kalkmasse des Einbettungsgesteins erscheinen als weiße Punkte die im axialen Dünnschliff dunkel auftretenden Berührungspunkte der Septenenden mit der Schale des nächstinneren (hier herausgebrochenen) Umganges. Das völlige Fehlen eines „tonnenreifförmigen Basalskeletts“ ist hierdurch erwiesen. Als etwas erhabene Linien, spitzwinklig die Punkt-reihen kreuzend, erscheinen die den Abbiegungen der Kammerwand zur Septenbildung entsprechenden Furchenabdrücke der herausgebrochenen Windung. Vergrößerung etwa 15. Zeichnung von Dr. E. L o e s c h m a n n. (Vergl. SCHW. Taf. VII, 7).

<sup>1)</sup> Erst nach dem Schreiben dieser Zeilen kam ich durch die Güte von Herrn B e e d e in den Besitz einer Gesteinsprobe aus Holt, Missouri, die in einem weißen kieseligen Medium zahlreiche Steinkerne von Fusulinen (*Fus. exigua* n. sp.) enthielt. Der Schale entsprachen somit Hohlräume, der Sarkode das Gestein. Hierbei zeigte sich, daß neben der breiten Mundspalte auch noch sehr feine Sarkodefäden in ziemlich regelmäßigen Abständen die Septen am Untersaum durchbrachen und als Kommunikation zwischen den einzelnen Kammern dienten.

zu erwartenden gewellten erhabenen Linien und wir sehen statt deren nur geradlinige, unregelmäßig durchbrochene Leisten.

Obwohl ich niemals bisher einen so vorzüglichen Erhaltungszustand angetroffen habe, um die Frage, ob diese Aufsatzpunkte des Septenuntersaums den Vor-, oder aber den Rückbiegungen entsprechen, bezw. ob einige Gruppen die eine, andere die zweite dieser Möglichkeiten gewählt haben, direkt entscheiden zu können, ist dieses Problem doch vom entwicklungsmechanischen Standpunkte aus einer theoretischen Lösung vollkommen zugänglich. Wenn wir ein Ausfließen der Sarkode zum

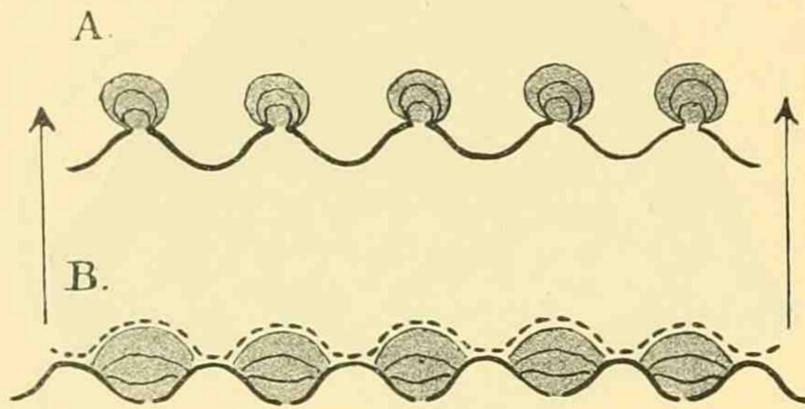


Fig. 40.

Schema zum Beweise, daß die Austrittöffnungen der Sarkode nicht in den Vor-, sondern am Grunde der Rückbiegungen der Septen liegen müssen. Die Pfeile geben die Wachstumsrichtung an. Das nächstzubildende Septum ist bei B. punktiert zugefügt, bei A. wäre seine Abscheidung nicht möglich. (Vgl. Textfig. 12.)

Zweck der Anlage einer neuen Kammer uns vorstellen, haben wir je nach den eben genannten Fällen folgende beiden Möglichkeiten zu unterscheiden (vgl. Textfigur 40 A und B).

Im Falle der Figur A liegen die Öffnungen auf den Vorbiegungen. Die hervortretende Sarkode findet bei weiterem Herausquellen einen starken Widerstand in der konvexen Krümmung der Zurückbiegungen, da jedes Vordringen hier mit einer unverhältnismäßigen Oberflächenzunahme bezahlt werden müßte. Nach dem Gesetz der Oberflächenersparnis beim Sarkode-

wachstum würde also nur ein starkes weiteres Vorquellen vor der konvexen Austrittsstelle erfolgen können, während die rückwärts gelegenen konkaven Partien lange unausgefüllt bleiben würden. Eine neue Kammerwand würde demnach, wenn sie überhaupt zustande käme, parallel der Wellung der vorhergehenden sich bilden müssen, was bekanntlich nicht der Fall ist. Im Falle B, der die Austrittsstellen in den Hintergrund der konkaven Nischen verlegt, würden beim Sarkodewachstum zunächst diese, und zwar sehr rasch erfüllt werden, da hier eine starke Vergrößerung der Flußfläche einer sehr geringen Oberflächenzunahme entspricht. Die Stellen, an denen die Wellung zu den Vorbiegungen übergeht, bedeuten mit ihrer trompetenartigen Erweiterung der Nischenmündung ein weniger günstiges Verhältnis. Hier findet demnach ein nur geringes Zunehmen der Flußfläche und ein stärkeres Herauswölben der Sarkodetröpfchen statt. Die neu sich bildende Kammerwand muß sich daher in der Weise anlegen, daß ihre konvexen Vorbiegungen den konkaven Nischen der vorhergehenden Wand entsprechen. Dieses Verhältnis, das eine sehr erhebliche Versteifung ermöglicht, findet sich tatsächlich stets bei den Fusulinen verwirklicht.

Wir sehen also, daß die Anatomie der Fusulinenschale die Lage der Sarkodeaustritte in den Tiefen der Zurückbiegungen der Septen unbedingt verlangt.

Dieser Umstand spricht auch wieder gegen Douvillés Annahme, daß *Fusulina* s. str. nur in der Mundspalte einen Sarkodeaustritt besitze. Wäre das der Fall, so würde der Aufbau der Kammern offenbar wesentlich anders erfolgen müssen (etwa nach dem Schema der Biloculinen).

Auch die primäre Anlage der Vor- und Rückbiegungen ist mechanisch bedingt. Selbst wenn wir nämlich ein Septum uns als genau in einer axialen Ebene gestreckt denken, so würden die aus den verschiedenen (von den erforderlichen schalenstützenden Aufsatzpunkten

des Untersaums unterbrochenen) Öffnungen heraustretenden Sarkodetröpfchen mit Notwendigkeit dem nächstgebildeten Septum eine gewellte Form aufzwingen (vgl. Textfigur 41).

Außerdem würden ja hier auch die gleichen Faktoren zu erwarten sein, die bei der Entstehung der Eindellung der Zentralkammer tätig waren (vgl. Seite 48), und schließlich würde ja auch ein einfacher Analogieschluß mit der Lage des Sarkodeaustrittes der Anfangskammer in einer Rückbiegung der Wandung einige Beweiskraft besitzen.

Damit wäre für die Anlage der Wellung der Septen eine mögliche Ursache gefunden. Der für die Gestalt der Kammer in Betracht kommende zweite Punkt ist die Tendenz, welche der Grundfläche jeder Kammer die ungefähre Form eines sphärischen Zweiecks vorschreibt, dessen Spitzen polwärts liegen. Auch hier genügt die Oberflächenspannung als formgebender Faktor, so daß R h u m b l e r s These (l. c. Seite 249—251), daß bei *Orbitolites* (und analog bei anderen Foraminiferen) die „Kammeranordnung von den älteren nicht berührten Schalentteilen“ und damit „von der vorausgehenden Schalenorganisation exkl. der berührten Schalentteile“ unabhängig sei, für *Fusulina* sich in vollem Umfange bestätigt finden dürfte.

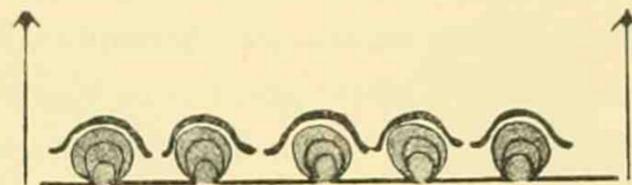


Fig. 41.  
Schema zum Beweise, daß die Septenfältelung eine einfache Folge der Reihenanzahl der Sarkodeaustritte ist.

Es handelt sich in dem eben genannten Falle um etwa folgendes: In der Medianregion ist entsprechend der mehr oder weniger stark ausgeprägten Spindelform der Fusulinen die Krümmung, die sich den austretenden Sarkodetröpfchen als Flußfläche darbietet, weniger konvex als die entsprechende der Polgegenden. Nach dem von R h u m b l e r erkannten „Gesetz der geringsten Oberflächenvergrößerung“, das er (l. c. Seite 250, 4) so formulierte: „Die kammerbildende Sarkode wählt von ihrer Abflußöffnung aus ihre Flußfläche stets so, daß ihre konstanten Randwinkel sich auf diejenigen Schalenflächen vorschieben, die unter steter Beibehaltung der Randwinkel mit dem geringsten Oberflächenaufwand überflossen werden können. (Es ist dies eine Folge der Oberflächenspannung der Sarkode.)“, ist in der Medianregion die Möglichkeit gegeben, daß hier eine größere Sarkodemenge nach v o r w ä r t s fließen kann als an den Polen. Textfigur 42 zeigt klar den Grund:

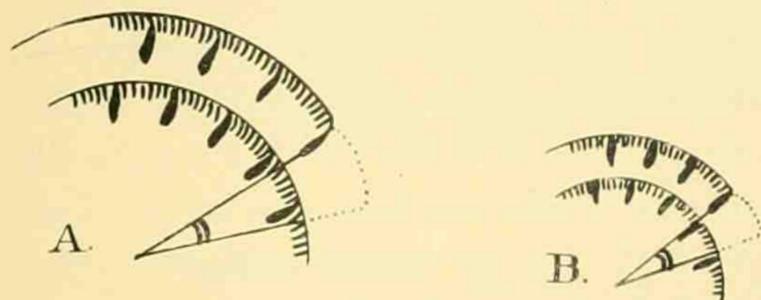


Fig. 42.

Schema zeigt, daß die Kammerlänge von einem bestimmten Zentriwinkel in der Weise abhängig ist, daß in demselben Umfange im Medianschnitte (A) eine größere Fläche überflossen werden kann, als in einem polnahen Sagittalschnitte (B).

Das Maß der zu überfließenden konvexen Strecke wird durch den dem Bogenstück zugeordneten Zentriwinkel ausgedrückt. Der gleiche Winkel schneidet aus dem kleineren Umkreise auch den kleineren Bogen heraus. Wir erhalten somit das Resultat, daß der gleiche Faktor, der in den inneren Windungen kleinere Septalabstände bedingt, innerhalb desselben Umgangs nach den Polen zu gegenüber der Medianregion eine Größenabnahme des überflossenen Wölbungsstückes herbeiführt.

Wenn diese Annahme richtig ist, so müßte polwärts, da die Oberflächenspannung ja nur nach v o r w ä r t s das Weiterquellen hindert, ein höherer Anstau der Sarkode auf der tatsächlich überflossenen Fläche sich bilden. Dies widerspricht zunächst scheinbar der Spindelform, aber ein Blick auf die bisher abgebildeten Axialschnitte zeigt, daß die Spindelbildung von dieser wirklich vorhandenen Zunahme der Anstauhöhe unabhängig ist. (R. XIV 1, 8, 12; XVI 3, 6, 7; XVII 4 zeigen diese Erscheinung sehr klar.) Vgl. Tafel I 7.

Es entsteht naturgemäß die Frage nach der Größe dieses gleichbleibenden Zentriwinkels. (Die Tatsache, daß die sagittalen Schnitte die Umgänge nicht als Kreise, sondern als Spirale zeigen, kann für ein so kleines Bogenstück vernachlässigt werden.) Derselbe beträgt bei *Fusulina* s. str. im allgemeinen in den mittleren Umgängen etwa 20—25°, doch ist zu beachten, daß nach den letzten Windungen zu ein Abnehmen dieses Winkels auf ca. 10° meist eintritt bzw. eintreten muß, da ja sonst die Größe des zu überwölbenden Bogenstückes zu große Anforderungen an die Festigkeit der durch kein Septum gestützten Kammerwand stellen würde. Das Maximum des Abstandes von zwei Septen beträgt in den äußeren Umgängen von *Fus. secalis* etwa 0,6 mm, was dem normalen Maximum bei *Fusulina* überhaupt nahekommt. Die hier angegebenen Winkel von 25—10° zeigen, auf den ganzen Umfang mit 360° berechnet, daß wir im einzelnen Umgänge etwa 14—36 Septen zu erwarten haben. In diesen Grenzen hält sich im allgemeinen die Septalkurve, die nur bei sehr großen weit-aufgerollten Formen mit relativ dünner Wandung aus Festigkeitsgründen noch höhere Septenzahlen aufweist (über 40). Ebenso können namentlich mikrosphärische Individuen im ersten Umgänge oft nur 8—10 Septen bilden (vgl. auch Seite 59). Für diesen Punkt ist auch der Umstand von Bedeutung, daß die ersten Umgangskammern oft wesentlich länger sind, als die normalen späteren, so daß auch aus diesem Grunde der erste Umgang eine individuell stark variierende, für die Spezies daher nicht sehr bezeichnende Septenzahl zeigt. Ein individuell verschiedenes Herabsetzen der Windungshöhe im „senilen“ Alter, das sich so häufig findet, wird dementsprechend von relativ verminderter Septenzahl begleitet. Angesichts der individuellen Variabilität und der äußeren Umstände, die fast nie eine volle Regelmäßigkeit in der Zunahme der Septenabstände von Septum zu Septum zulassen, ist es natürlich, daß die hier dargelegten Gesichtspunkte nur allgemeine Regeln darstellen, deren Durchführung in jedem Einzelfalle nur mehr oder minder deutlich nachzuweisen sein wird. Sehr gestreckte zylinderförmige Fusulinen werden z. B. die Anstauhöhe weniger scharf zeigen, als etwa die stark geblähten Spindeln der *Fus. secalis*, und eine Fusuline von so geringer Wandstärke, wie *Fus. tenuissima* kann auch im Alter nicht allzu variabel in bezug auf die Kammerlänge sein.

## V. Der Flüssigkeitsgrad der Sarkode.

Auf den Flüssigkeitsgrad der Sarkode lassen sich natürlich nur indirekte Rückschlüsse machen. Immerhin aber gibt die Schalenform doch dafür wohl soviel Anhaltspunkte, daß derartige Schlüsse als nicht allzu gewagt angesehen zu werden brauchen. Von den 5 (nach R h u m b l e r l. c. Seite 249) die Gestalt der Kammern (von *Orbitolites*) bedingenden rein mechanischen Faktoren ist der erste: der gleichbleibende homologe Randwinkel bis zu einem gewissen Grade offenbar von dem Flüssigkeitsgrad abhängig. R h u m b l e r bezeichnet ihn direkt als eine Folge des flüssigen Zustandes der Sarkode. (Prof. Schellwien hat unter seinen Notizen einen einzigen kurzen Vermerk, der den erwähnten Randwinkel als später nachzuprüfend bezeichnet, hinterlassen. Offenbar beabsichtigte er, erst in einem späteren Stadium seiner Untersuchungen auf diese Frage einzugehen.)

Ein Vergleich von R h u m b l e r s Textfigur (l. c. Seite 252 L) mit den bei dem Schalenbau von *Fusulina* obwaltenden Verhältnissen zeigt, daß der Randwinkel im Dünnschliffbild vorzüglich bei den Axialschnitten in der Polnähe jedes einzelnen Umganges sich projizieren muß. An dieser Stelle sind nämlich die auf Textfigur 43 ersichtlichen Faktoren maßgebend.

Das Innere dieser Figur ist schraffiert, da ja die Struktur der zuvor gebildeten Umgänge völlig gleichgültig für die Ausbildung der weiteren ist. Jede neue nach Fusulinenart sich bildende Kammer, die eine derartige Spindel vorfindet, muß im Axialschnitte etwa die durch die starke Linie angedeutete Gestalt annehmen. Die von der Größe des sagittalen Krümmungsradius abhängige Anstauhöhe ist die Veranlassung der von *m* nach *n* zunehmenden Breite des projizierten Streifens. Diese Breite ist aber bis zu einem gewissen Grade limitiert durch die ähnliche Gestalt des vorhergebildeten Septums, das der neuen Kammer als Rückfläche dient. Die obere Abknickungslinie dieses Septums stellt durch die hier vorhandene (im Sagittalschnitt B sichtbare) starke konvexe Krümmung der vordringenden Sarkode ein Hindernis in den Weg, das nur in dem Betrage überwunden wird, als die allmählich von Kammer zu Kammer sich steigernde Umgangshöhenzunahme beträgt. Nach den Polen zu ist gleichfalls eine derartige Schranke in der Spitze der Spindel gesetzt. Da hier auch der sagittale Höhenanstau am stärksten sich äußert, bewirkt der noch hinzutretende axiale Stau, der der sehr scharfen Krümmung der Spindelspitze entspricht, ein Herausbauen der Sarkode über diese hinaus. Ein Weiterfließen der Sarkode wäre hier nur mit einem sehr beträchtlichen Oberflächen-

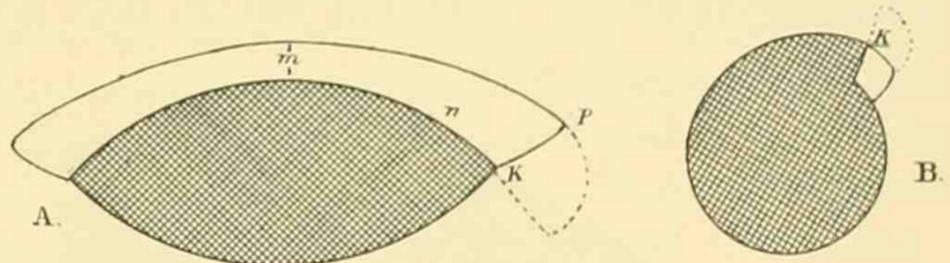


Fig. 43.

Schema zeigt, wie die Spindelform der Fusulinen dadurch entsteht, daß eine konvexe scharfe Kante (K) nicht ohne eine übergroße Oberflächenzunahme durch das Vorquellen der Sarkode überwunden werden kann. A zeigt einen Axial-, B einen Medialschnitt. Die letztgebildete Kammer ist von einer einfachen Linie begrenzt. Die früheren Kammern sind schraffiert. Zu Seite 104, 107—109.

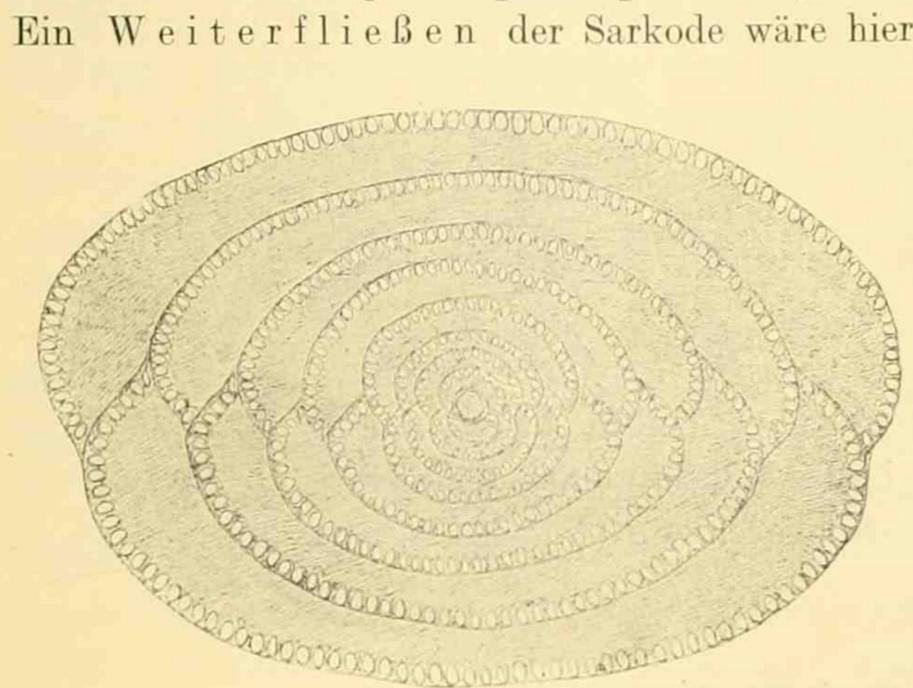


Fig. 44.

Alveolina decipiens (nach C. Schwager) zeigt, da ihre wenig zahlreichen Septen keine Fältelung aufweisen, sehr klar die Zickzacklinie, welche die um je einen halben Umgang getrennten Pol-Lagen verbindet. (Vergl. Taf. I 7 sowie Textfigur 19.) Vergr. ca. 1:17. (Palaeontogr. XXX, Taf. XXVI 1 b.)

Fältelung bei *Verbeekina* sehr klare Figur auf Tafel I 6, Textfigur 44, Tafel I 7; II 2.)

Die Form der Fusuline hängt von dieser Zickzacklinie ab, bzw. ist durch sie ziemlich genau ausgedrückt. Je länger verhältnismäßig die Abstände der Winkelpunkte und je flacher die Winkel sind, um so gestreckter wird das Individuum sein. Bei kugligen Fusuliniden wie *Verbeekina* ist der Winkel selbst eher kleiner als größer wie ein rechter, und die Abstände der Scheitel sind nur wenig länger als die mediale Umgangshöhe. Daß in diesen Fällen die Umgangshöhe nach den Polen zu von der Mitte an so gut wie gleich bleibt, hängt natürlich mit der Gleichmäßigkeit der axialen

zuwachs, der den erreichten Flußflächengewinn weit überträte, zu bewirken. Textfigur 43 zeigt punktiert dieses Verhältnis, analog zu R h u m b l e r s Textfigur L a 4 x. Jede neue Kammer bildet sich in der entsprechenden Weise, so daß nach einem halben Umgange der Punkt P die Polspitze darstellt. Diese Bildungsweise projiziert sich im Axialschnitte in der Weise, daß die Verbindungslinie der je um einen halben Umgang getrennten Pol-Lagen eine Zickzacklinie darstellt, die je im Betrage des Randwinkels geknickt erscheint. Bei einiger Übung des Auges verrät jeder Axialschnitt diese Linie. (Besonders deutlich ist sie z. B. bei R. XVI 10 rechts, XIX 11 links. Vgl. auch die wegen des Zurücktretens der

Krümmung zusammen, die an den Polen keinen besonderen axialen Höhenstau der Sarkode verlangt. Doch können hier diese Beziehungen nur angedeutet werden.

Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung des Flüssigkeitsgrades wäre wohl auch in der Tatsache zu finden, daß eine größere Starrheit der Sarkode eine mechanisch weniger feste Schalenkonstruktion kompensieren könnte. Auch hier will ich mich mit dem Hinweis begnügen, daß die Möglichkeit

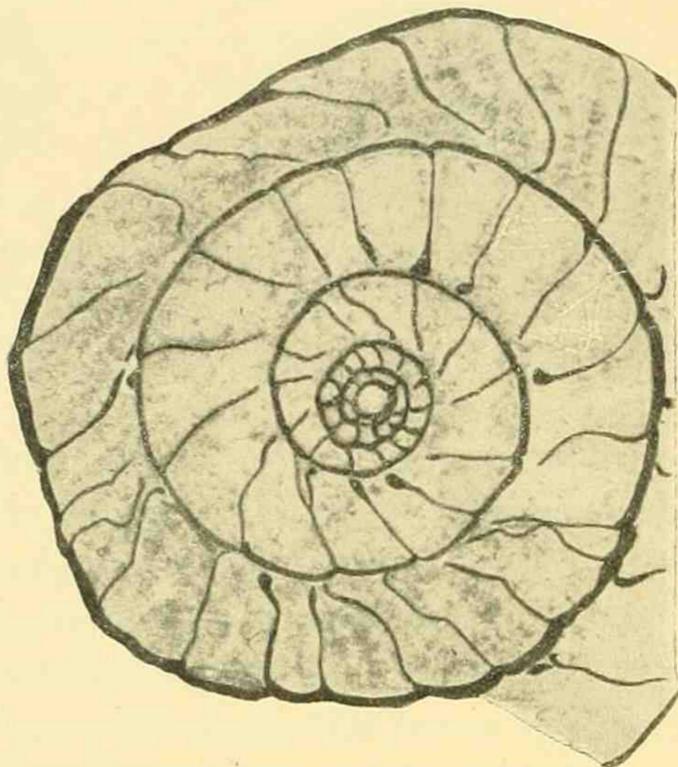


Fig. 45.

Schwag. fusiformis Krotow. Zeichnung auf Mikrophotographie. Vergrößerung 1:20. Diese interessante Übergangsform zeigt neben fusulinenhafter Streckung der Form (Axenlänge zur Sagittalhöhe ca. 1,55:1) und Zentralkammergröße sehr hohe Umgänge mit dünnen Wandungen. Die Septenzahlen: 8, 13, 14, 16 (23) sind gering. SCHW. 16.

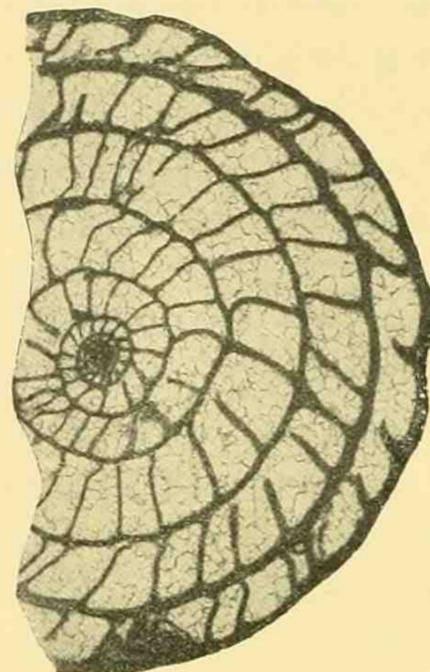


Fig. 46.

Schwag. princeps Ehrenbg. zeigt in der Höhe der dünnwandigen Umgänge, der medialen Länge der — weil wenig gefältelt — dünn erscheinenden Septen, der winzigen Zentralkammer durchaus den Schwagerinentypus. (Axenlänge zur Sagittalhöhe ca. 1,2:1.) Vergrößerung 1:20. SCHW. 1.

immerhin denkbar wäre, daß z. B. *Schwagerina princeps* ihre so hohen dünnwandigen Umgänge einer schwerflüssigeren und damit stützfähigeren Sarkode verdankte. Wir hätten bei ihr dann in den anfänglich gestreckteren niederen Windungen eine in der Jugend größere Flüssigkeit der Sarkode anzunehmen. Es würde dieses Problem bei jedem Versuche einer Systematik der Fusulinen näher zu behandeln sein (vgl. Textfigur 45, 46).

## VI. Das Wabenwerk (und die Dachreifen).

Bei der Frage nach der Art der Abscheidung der Schale selbst mit den Elementen: Dachblatt, Wabenwerk etc. ist das Problem in mancher Hinsicht so ähnlich dem bei *Orbitolites*<sup>1)</sup>, dessen Schalenbau R h u m b l e r (vgl. u. a. l. c. Seite 244 ff.) eingehend geschildert hat, daß ich im allgemeinen auf diese Schrift verweisen möchte und nur einige speziell für *Fusulina* in Betracht kommende Punkte näher besprechen will:

<sup>1)</sup> Auch mit einer ganzen Reihe von anderen großen kalkschaligen Foraminiferen, wie *Nummulites*, *Orbitolina*, *Loftusia*, *Alveolina*, *Dictyoconus* etc. bestehen wichtige, ebenfalls durch die Einwirkung der gleichen Kräfte auf ähnliches Material bedingte Analogien. Vor allem finden natürlich auf die Genera: *Schwagerina*, *Verbeekina*, *Doliolina*, *Neoschwagerina* und *Sumatrana*, *Endothyra*, *Fusulinella* und wohl auch *Alveolina* sowie *Biloculina* die hier niedergelegten Gesichtspunkte mehr oder weniger unmittelbare Anwendung.

Rhumblers Satz, „daß die Kammern in einem Zustande und einer Form erstarren, die auf dem Mittelweg zwischen der durch den Staudruck plastisch gedrückten und durch die Spannung der Oberfläche nachträglich wieder verkleinerten Oberflächenform liegt“, würde natürlich für *Fusulina* ebenso bindend sein müssen wie für *Orbitolites*. Die Differenz dieser beiden Oberflächen bei Fusulinen genau nachzuweisen ist nicht wohl möglich. Immerhin weist jedoch die Erwägung, daß zuerst sich das Dachblatt und das mit ihm eine Einheit bildende, fast stets nur aus einem Äquivalent des Dachblattes bestehende Septum abscheiden muß, und später erst die Waben der Wand sich ansetzen können, auf die Frage hin, welche Ursache wohl die Sarkode von ihrem Anfangsvolumen = späterer Kammerhohlraum + Volumen des Wabenwerks zu reduzieren vermag auf den relativ viel geringeren Inhalt des definitiven Kammerhohlraumes. Um hier nicht zu sehr den Boden der Beobachtung direkt Zugänglichen zu verlassen, möchte ich nur kurz auf einen Einfluß der Oberflächenspannung hinweisen, den Rhumbler nicht erwähnte, weil er bei *Orbitolites* nicht so stark in die Erscheinung tritt wie bei *Fusulina*. In dem Augenblick, in dem Dachblatt und Septum sich soeben zu verfestigen beginnen, ist eine Art von Gleichgewichtszustand geschaffen. Die Öffnungen am Untersaum des Septums, die für die Zellorgane freibleiben müssen, erlauben demnach zunächst kein Ausfließen des Inhalts der soeben gebildeten Kammer. Erst das Anwachsen der Sarkode überwindet die die Öffnungen anfänglich nahezu verschließende Oberflächenspannung. Das Gesetz der kommunizierenden Gefäße kann nunmehr einen gewissen Ausgleich zwischen dem Niveau der soeben gebildeten und der neu zu bildenden Kammer (der allerdings bald durch die einen Rückstau veranlassende weitere Größenzunahme der Sarkode zu Gunsten der neuen Kammer wieder zum Teil aufgehoben wird) veranlassen. Es wäre demnach nicht ganz unmöglich, daß der letzte Ausbau des Wabenwerks einer Kammer erst etwa gleichzeitig mit der ersten Anlage des Dachblattes der jeweilig folgenden geschah (vgl. Seite 115/16).

Mit der Frage der Entstehung des Wabenwerks hängt aufs engste zusammen diejenige der Bildung der als Dachreifen bezeichneten axialen und sagittalen Verlängerungsstreifen der Waben, die sich mehr oder weniger ausgeprägt bei *Doliolina* und *Neoschwagerina* finden, aber auch den echten Fusulinen nicht völlig fremd sind, wie *Fus. tenuissima* zeigt. Leider muß ich darauf verzichten, näher auf die genannte karnische *Fusulina* einzugehen, da die Erscheinung bei ihr zu wenig ausgeprägt ist, als daß ich sie aus dem mir bisher vorliegenden Material allein hinreichend untersuchen konnte. Indem ich an dieser Stelle nur auf die Tatsache der Existenz axialer Dachreifen bei *Fusulina* s. str. hinweise, hoffe ich in meiner demnächst beendeten Revision der karnischen Fusuliniden diesen Punkt näher berücksichtigen zu können.

Bei *Doliolina* und *Neoschwagerina* liegen die Tatsachen etwa folgendermaßen: Die Fältelung der Septen ist eine minimale und genügt angesichts der sehr niedrigen Sarkodeaustritte (bezw. der Basalreifen) nicht, um eine korrespondierende Fältelung des nächstgebildeten Septums hervorzurufen.<sup>1)</sup> Bei dem Stauungsnachlaß, der in den etwas älteren Kammern allmählich eintritt und zu dem gänzlichen Fehlen der Sarkode in den inneren Umgängen überleitet, werden naturgemäß zunächst diejenigen Teile des Kammerraumes, welche gleichsam im toten Winkel der Basalreifen liegen und infolge der

<sup>1)</sup> Zumal bei diesen Formen die Kammerlänge sehr erheblich ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei *Alveolina*, bei der der „Zentriwinkel“ (vgl. Seite 53) ca. 50—60° in den mittleren Umgängen gegen 10—25° bei *Fusulina* beträgt. — Vgl. auch Seite 129, Anm. 1.

Entfernung von den Septenöffnungen nicht genügend ernährt und ventiliert werden können, betroffen werden. An diesen Stellen ist mithin eine Tendenz zur Bildung von sagittalen Hohlraumstreifen gegeben, in denen eine *erneute Wabenbildung* stattfinden kann. Ähnlich verhält es sich mit den axialen Dachreifen. Da diese bei *Neoschwagerina* etc. in sehr langen Kammern sich finden (geringe Septenzahl), ist es sehr wohl denkbar, daß der Stauungsnachlaß auch axiale Hohlstreifen in der Weise erzeugen kann, daß die Sarkodeteile, die an den Septen, bzw. in dem Winkel von Septum und Wand mehr Halt und Adhäsionsfläche besitzen, sich weniger leicht zurückziehen, als die Mitte des sich senkenden Kammergewölbes.

Für diese Annahme spricht sehr stark auch die Form und Anordnung der Waben in den Dachreifen. Während das gewöhnliche Wabenwerk gemäß dem Satze, daß die Einzelwaben stets senkrecht zur Sarkodefläche stehen, mehr oder weniger radial (also nach unten konvergent) struiert ist, findet sich in den Durchschnitten der Dachreifen eine auffällige nach unten divergierende Fächerstruktur, die sich nach der Unten- bzw. Außenseite der Leisten zu wesentlich verstärkt zeigt. Diese Anordnung gibt uns ein Mittel, uns die Zwischenstadien zu rekonstruieren. Die einzelnen Oberflächen der Sarkode, die nacheinander durchlaufen wurden, verhalten sich nämlich etwa wie die

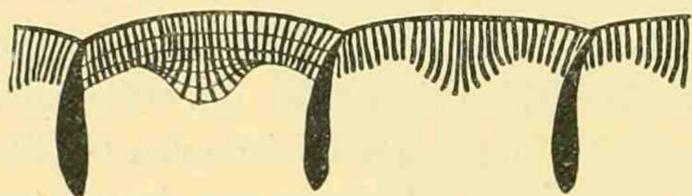


Fig. 47.

Schema zur Erklärung der „Fächer“struktur der axialen Dachreifen. Die in einer Kammer eingefügten feinen Linien geben die wahrscheinliche Lage verschiedener zeitlich aufeinander folgender Niveauflächen der wabenabscheidenden Sarkode an.

Isohypsen zu den Bergschraffen topographischer Karten. Die Rekonstruktion einiger Sarkodeniveaus zeigt aufs deutlichste, daß tatsächlich eine axiale Senkungszone in der Mitte der Kammerlänge vorhanden ist, die sich allmählich mehr und mehr accentuiert (vgl. Textfigur 47).

Diese meine im Vorstehenden begründete Auffassung des Wabenwerks als ein verhältnismäßig spät entstandenes Strukturelement erlaubt uns, den gesamten Beschalungsprozeß zeitlich in zwei getrennte Abschnitte zu zerlegen und

damit das relative Alter der einzelnen Konstruktionsteile festzustellen. Indem ich hier bereits, um diesem Gedanken eine einheitliche Form geben zu können, meine Ergebnisse bezüglich des Basalskeletts vorwegnehme (vgl. Seite 61 f.), erhalte ich folgende Reihenfolge der Phasen der Schalenbildung:

- A. 1. Vorquellen der Sarkode aus den zahlreichen Austrittsöffnungen.
2. (Die nur in gewissen Fällen eintretende Bildung von Basalreifen.)
3. (Zusammenfließen der Sarkode oberhalb des Basalskeletts.)
4. Abscheidung des Dachblattes der Wand und des Septums im Stadium des Maximalvolumens der vorgequollenen, (nach Rumbler) durch den Staudruck plastisch gedrückten Sarkode.
5. Entstehung des Wabenwerkes der Wand in der Zeit der nachträglichen Wiederverkleinerung der Oberflächenform durch die Spannung der Schaumoberfläche (nach Rumbler) sowie eventl. durch das mit der Bildung der nächstfolgenden Kammern zusammenhängende Nachlassen des Staudrucks (vgl. Seite 57).
- B. 6. Bildung von Dachreifen, d. h. axialen oder sagittalen Verlängerungen des Wabenwerks unter Veränderung der Strukturrichtungen als Folge nachträglicher Änderungen in der Sarkodeanfällung der Kammern.

Aus dieser Übersicht ergibt sich unbedingt, wie nochmals hervorgehoben sei, die Unmöglichkeit einer Zusammenfassung von 2. und 6. z. T. zu einem einheitlichen morphologischen Elemente (Neben-

septen, transverse Septa, Quersepten), sowie einer Trennung der axialen und sagittalen Dachreifen (secondary-auxiliary septa-transverse septa, Pseudosepten-Quersepten), wie sie bisher (C. Schwager, H. Yabe, R. I. Schubert) üblich war. Daß die sagittalen Dachreifen bei fortschreitender Verlängerung allmählich völlig mit dem Boden der Kammer verschmelzen können, ist nach dem Gesagten nicht verwunderlich. Auch in solchen Fällen aber ist der Anteil der Phasen 2. und 6. deutlich zu scheiden, da basale Reifen einheitlich dunkel, entsprechend ihrer Kompaktheit, erscheinen, wogegen die Dachreifen, weil wabentragend, hell und dunkel gestreift sind (vgl. Textfigur 10).

## VII. Die Degeneration der Sarkode.

Die Form der Kammern verdankt ihre große Konstanz einem Gleichgewichtszustande zwischen der Oberflächenspannung und den anderen aus der speziellen Beschaffenheit der Sarkode resultierenden Kräften. Da die erstere ihrer Tendenz nach an sich invariabel ist, deutet jede Änderung der Kammerform auf eine Umwandlung der Eigenschaften der Sarkode hin.

Das durch niedre Umgänge, relativ geringere Septenzahl (Absinken der Septalkurve), längeres Wabenwerk etc. charakterisierte Stadium der senilen Decrescenz würde demnach auf eine Art Degeneration der Sarkode schließen lassen, die sich u. a. auch in einer geringeren Konsistenz, also größeren Flüssigkeit äußerte. Mit dieser Annahme würde auch die Tatsache gut zusammen stimmen, daß auch die noch unreifen Anfangsumgänge (im allgemeinen 2—3), soweit sie von dem Bauplan des vollgewachsenen Tieres abweichen, ebenfalls auf relativ größere Flüssigkeit der Sarkode schließen lassen. Es würden dann manche Ähnlichkeiten des Beginnes und des Endstadiums untereinander sich sehr einfach erklären lassen.

Besonders instruktiv für diese Fragen ist das Verhalten der von mir zuerst beschriebenen Fusulinide des „*Calcare con Fusulina*“ von Sosio.<sup>1)</sup>

Diese echte *Schwagerina* der Gruppe der *Schwagerina princeps*, Schwg. *Yabei* v. St. erinnert in eigenartiger Weise an den Habitus der Fusulinen im ersten bis dritten, sowie im siebenten bis achten Umgange, während die vierte bis sechste Windung unbedingt typisch für *Schwagerina* s. str. ist und eine Abtrennung von der echten *Schwg. princeps* des obersten Carbons trotz des wesentlich geringeren Alters des paläodyadischen Sesiokalkes fast nur als Varietät (also eventl.: var. nov. *Yabei*), nicht als Spezies erlaubt. Textfigur 48.

Wie weit derartige morphologische Beziehungen einer natürlichen Systematik zu Grunde zu legen wären, bzw. bis zu welchem Grade man bei den Fusuliniden in der Ontogenie überhaupt ein

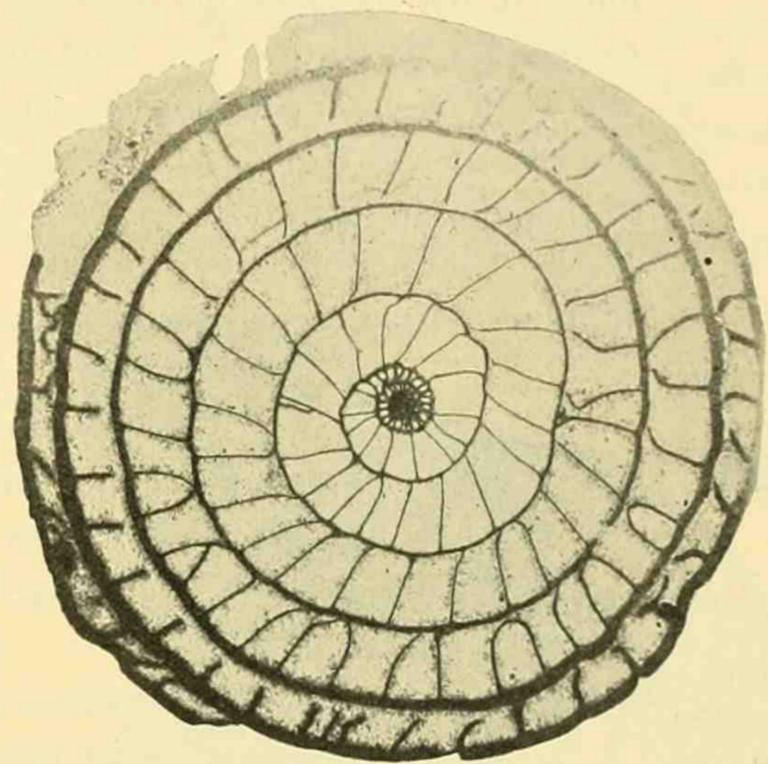


Fig. 48.

*Schwagerina Yabei* v. St. aus dem Sesiokalke. Der Medialschliff zeigt die sehr hohen Umgänge, die Dünne der Wand und die kurzen, hohen Kammern der mittleren Windungen. Im Gegensatze hierzu steht die Niedrigkeit der ersten und letzten Umgänge, deren Bildung wahrscheinlich in einer Periode geringerer Innenspannung der Sarkode erfolgte. Vergleiche hierzu SCHW. Seite 463—467 sowie Tafel VII Fig. 1—3.

<sup>1)</sup> Vgl. SCHW. Seite 461—468.

Abbild der Phylogenie erblicken darf, würde bei jedem Versuch einer Systematik näher zu berücksichtigen sein. Hier sei nur bemerkt, daß der Gedanke nicht ohne weiteres abzuweisen sein dürfte, daß nicht die Schalenform als solche, sondern nur ein gewisser Zustand der Sarkode (in bezug auf Flüssigkeit etc.) vererbbar ist.

Auf den hier angeführten Fall der genetischen Beziehungen zwischen *Fusulina* und *Schwagerina* s. str. übertragen, würde bei dieser Betrachtungsweise sich demnach folgendes ergeben:

1. *Schwagerina* s. str. zeigt in ihren Anfangswindungen Merkmale, die auf einen stärkeren Flüssigkeitsgrad der Sarkode in diesem Stadium hinweisen, als für die Periode des reifen Alters.
2. Die fusulinenhafte Streckung der Anfangswindungen bei *Schwagerina* s. str. deutet für dieses Stadium auf von der pelagischen Lebensweise des reifen Tieres abweichende Existenzbedingungen (Bewohnen des littoralen Meeresgrundes nach Art der Fusulinen) hin.
3. Der von mir durch Aufstellen einer lückenlosen Reihe von Zwischenformen erbrachte<sup>1)</sup> phylogenetische Beweis der Abstammung der *Schwagerina* s. str. von *Fusulina* findet in der *Ontogenie* der Schwagerinenschale somit einen Ausdruck nur in der fusulinenhaften Lebensweise (und dadurch bedingten Form) der Anfangswindungen.
4. Die senile Annäherung an den Fusulinentyp bei *Schwagerina* scheint nicht einer Anpassung an ein Milieu, das flüssigere Sarkode erfordert, zu entsprechen: Einmal, weil die Formänderung der Gesamtschale nur recht unbedeutend ist gegenüber der erheblichen Umwandlung einzelner Strukturelemente; und zweitens, weil schon nach Bildung relativ weniger seniler Kammern das Individuum abstirbt.

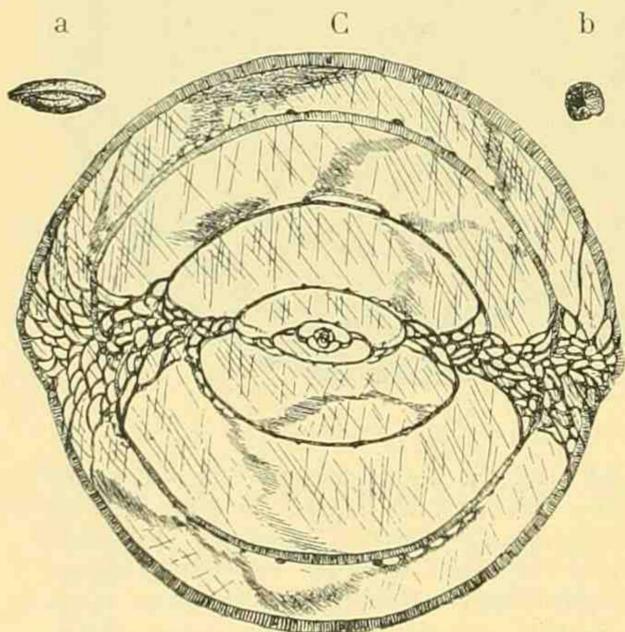


Fig. 49.

*Schwagerina princeps* Ehrenb. sp. Oberstes Carbon. (Nach Frechs *Lethaea*, Carbon, Seite 288.) „a. Längsschnitt, b. Querschnitt durch die noch mit *Fusulina* übereinstimmenden Anfangswindungen in schwacher Vergr., restaur. C. (Axial-)schnitt  $10/1$  (ohne Basalskelett). See Taihu in China.“ Der Schliff zeigt die geringe Intensität der Septenfältelung, die nur den untersten Teil des Septums betrifft. Beachtenswert ist die Höhe der Umgänge und die geringe Wandstärke der mittleren Windungen sowie die senile Decrescenz.

Ein völliges kreisförmiges (zyklisches) Insichzurückverlaufen der Umgangsspirale im Alter, wie es v. Möller für *Fusulina* vermutete, habe ich nie gefunden. Ein derartiger Prozeß würde ja auch den Bildungsgesetzen der Schale völlig widersprechen.<sup>2)</sup>

Der Gedanke einer „senilen Decrescenz“ der Fusulinidenschale ist zuerst von C. Schwa ger geäußert worden und ist bisher keinem ernstlichen Bedenken unterworfen gewesen. Trotzdem ich mich gleichfalls dieser Annahme zuneigen möchte, halte ich doch ein Argument für wichtig genug, um wenigstens vor einer Übertreibung der Degenerationshypothese zu warnen. Die Änderungen im Alter, wie sie die Gruppe der *Schwagerina princeps* zeigt, sind — mit Ausnahme der Abnahme der Septenzahl — Verfestigungsfaktoren. Die Tendenz zur Schalenversteifung kann nun aber an sich ebenso gut eine Folge einer senilen Verflüssigung der Sarkode, als eine Wirkung der zunehmenden Größe des Gehäuses sein: Je kleiner eine Kugel ist, um so besser ist sie in sich versteift gegen äußere Einwirkung. Ganz streng genommen wäre also

<sup>1)</sup> Vgl. SCHW. Seite 492—504.

<sup>2)</sup> v. Möller dürfte überdies nur durch seine Überzeugung von der Porosität der Fusulinenschale zu dieser Annahme veranlaßt worden sein, denn abgesehen von entwicklungsmechanischen Gründen stände ja auch die Unmöglichkeit des Atmens und Stoffwechsels entgegen.

nur der Teil der genannten Verfestigungsfaktoren, der die — auf Verflüssigung deutende — Verlängerung der Kammern kompensiert, als Folge seniler Degeneration anzusehen, während im übrigen teilweise wenigstens auch rein mechanische Ursachen mitsprechen dürften. Da es mithin im einzelnen Falle schwer möglich sein wird, die Intensität der Degeneration richtig abzuschätzen, ist es vielleicht vorläufig am sichersten, nur die Fälle, in denen eine Verflüssigung der Sarkode direkt durch Absinken der Septalkurve etc. nachweisbar ist, für dieses Problem zu berücksichtigen. Daß andererseits aber dieses Absinken bzw. „Aufsplittern“ der Septalkurve (vgl. Seite 31) eine Deutung als Decrescenz zuläßt, ergibt sich wohl schon aus dem individuell so verschiedenen Auftreten der Erscheinung, die dadurch als anormaler Vorgang charakterisiert wird.

### VIII. Das Basalskelett.

Ein weiteres Strukturelement, das bei oberflächlicher Betrachtung einer entwicklungsmechanischen Deutung zu widersprechen scheint, muß hier noch als einfache Wirkung der gleichen bisher zur Erklärung herangezogenen Kräfte erwiesen werden. Das Basalskelett mit seinen im Sinne der Fließrichtung der zum Zwecke des Wachstums weiter hervorquellenden Sarkode gestreckten sagittalen Leisten (die scheinbar ohne jede Rücksicht auf die Septen oder die im Verlaufe des Wachstums doch notwendig von Kammer zu Kammer rhythmisch auftretenden Stillstandslagen

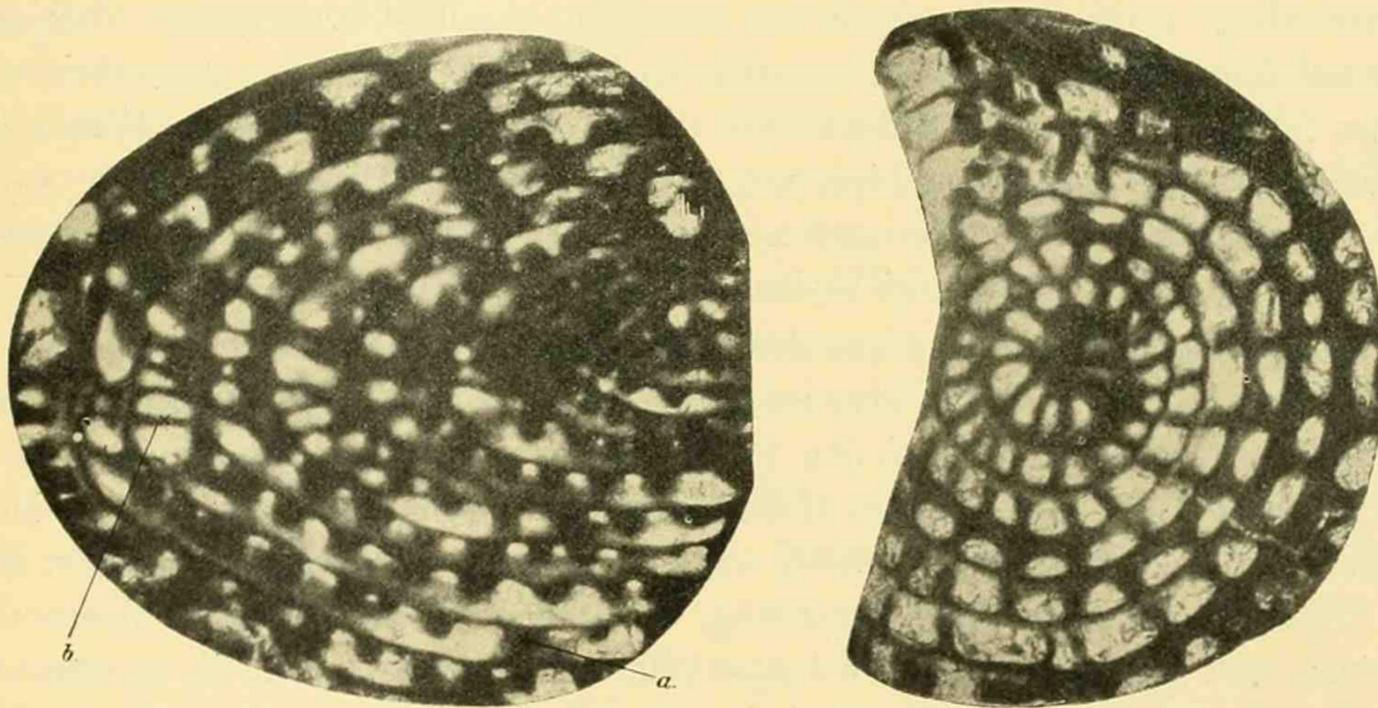


Fig. 50.

Das Basalskelett von *Doliolina lepida* in einem nahezu axialen bzw. medialen Schliffe. Nach H. Yabe (l. c. II 3, 2). Vergrößerung ca. 1:15. Die im axialen Schnitt stets und überall als halbkreisförmige schwarze Flecken (a) sichtbaren Basalreifen sind im Sagittalschnitt nur stellenweise, der Schlifflage entsprechend, sichtbar. b zeigt in der axialen Polregion nahezu die wahre Dicke des Septums.

angeordnet sind) legt zunächst die Frage vor, ob es möglich ist, innerhalb des Organisationsplans der Fusuliniden bei einigen Formen so eigenartige Gebilde mit denselben Mitteln zu erklären, die bei anderen Gruppen zur Deutung der basalreifen freien Schalenkonstruktion verwendet worden sind. Ohne behaupten zu können oder zu wollen, daß meine im folgenden gegebene Auffassung unbedingt richtig ist und bereits alle in Betracht kommenden Faktoren heranzieht, möchte ich doch glauben, daß der Umstand, daß sie mit einfachsten Mitteln die bisher beobachteten Tatsachen restlos

und im Zusammenhange zu deuten gestattet, ihr immerhin einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit verleiht.

Meine Auffassung von der Entstehung des Basalskeletts habe ich bereits an anderer Stelle kurz auseinander gesetzt (vgl. SCHW. Seite 477—481). Da ich inzwischen weiteres Material erhalten und dieser Frage besondere Aufmerksamkeit zugewendet habe, will ich hier eine wesentlich erweiterte, dem hohen systematischen Werte des Phänomens entsprechende Darlegung geben. Ich beginne mit der Analyse von *Doliolina lepida*, da bei ihr die Verhältnisse am schönsten ausgeprägt sind:

Die Austrittsöffnungen der Sarkode liegen bei *Doliolina* naturgemäß in den spiralen Vertiefungen zwischen den Basalreifen. Bis die Revision dieses Genus <sup>1)</sup> abgeschlossen ist, kann ich mich bei diesen Ausführungen nur auf die allerdings eingehenden Untersuchungen und zahlreichen Abbildungen C. Schwagers, E. Schellwien's und H. Yabes,<sup>2)</sup> sowie auf die vorzüglichen Schiffe C. Schwagers und H. Yabes und die Außenansicht des von Richthofen gesammelten Materials stützen. Eigene Schiffe habe ich nicht anzufertigen Gelegenheit gefunden, doch dürfte das bereits veröffentlichte und abgebildete Material für die Behandlung der vorliegenden Frage völlig ausreichen (vgl. Textfiguren 19 und 50).

Die im ganzen so gut wie vollkommen ungefältelten, nur am schmalen Untersaume gewellten Septen sitzen auf den Basalreifen direkt auf, bzw. sind mit ihnen zu einer Einheit verschmolzen. Wenn wir den Zustand betrachten, in dem sich eine *Doliolina* unmittelbar nach der Herstellung eines Septums befindet, so sehen wir einen von der Kammerwand abgebogenen Septalvorhang fast genau in einer Ebene liegend mit zahlreichen niedrigen, regelmäßig verteilten Vorbiegungen des Untersaumes auf dem Dachblatte des vorhergehenden Umganges aufsitzen. Eigentliche ausgeprägte Rückbiegungen fehlen. An ihrer Stelle finden sich Öffnungen von gleich geringer Höhe.<sup>3)</sup> Das gleiche Bild bietet übrigens auch eine *Verbeekina*, nur daß bei ihr der Untersaum noch schmaler und damit die Vorbiegungen und die Öffnungen noch niedriger sind. Da die Höhe dieser Elemente etwa ihrer Breite entspricht, stehen bei *Verbeekina* die Öffnungen viel dichter gedrängt.

Bei weiterem Wachstum treten aus den Öffnungen die Sarkodetröpfchen heraus und liegen vor ihrer Vereinigung, die erst durch eine noch weitere Größenzunahme ermöglicht wird, wie eine Perlenschnur in den Grübchen zwischen den Vorbiegungen. In einem späteren Stadium stoßen die vergrößerten Tröpfchen mit der vorderen Hälfte ihrer Seitenwölbungen aneinander. Diese Berührungen müssen stets vor der Mitte einer der je zwei Tropfen scheidenden Vorbiegungen des Septums stattfinden. Theoretisch ist für diese Berührung, die in der gleichen hier geschilderten Art ja bei allen Fusuliniden (und mutatis mutandis bei allen kalkschaligen Polythalamien) stattfindet, zwischen zwei Fällen scharf zu scheiden: Entweder vereinigt sich an der Kontaktstelle die Sarkode der Tröpfchen ohne weiteres, dann entsteht aus ihr allmählich eine Kammer, die der der basalreifenfreien Gruppen der Fusulinen entspricht. Oder aber die Oberhaut der Tröpfchen hat sich bereits soweit differenziert, d. h. die Schalenbildung schon so weit vorschreiten lassen, daß eine unmittelbare Vereinigung nicht mehr möglich ist, und dann muß es auf die folgende Art zur Bildung von basalen Scheidewänden kommen. Das gleichmäßige Nachquellen von immer neuer Sarkode aus den einzelnen Öffnungen

---

<sup>1)</sup> Die Herr G. Dyhrenfurth-Breslau übernommen hat.

<sup>2)</sup> Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Dr. Yabe für das wahrhaft kollegiale Entgegenkommen, mit dem er mir und auch Herrn Dyhrenfurth seine zahlreichen Schiffe zeigte und zur Verfügung stellte, meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

<sup>3)</sup> Bei *Doliolina* ziemlich genau; bei *Verbeekina* ist die Vorbiegung ein wenig schmaler als die Öffnungslücke, die ihrerseits dementsprechend etwas breiter als hoch ist.

läßt die Bildung einer Schale vorläufig nur an den Stellen vorstatten gehen, an denen nicht durch eben dieses Nachquellen die Schalenansätze immer wieder verlagert, gehoben und auseinander gesprengt werden. Nach vorn im Sinne der Fließrichtung, sowie nach oben bzw. außen ist demnach zunächst auch bei einer Sarkode, die sehr zur Differenzierung der Außenschicht neigt, noch keine bleibende Abscheidung zu erwarten. Dagegen kann seitlich, wo die einzelnen Tröpfchen aufeinander einen Gegendruck ausüben, der ein Verlagern der Berührungsstelle ausschließt, eine dauernde Abscheidung entstehen. Diese muß natürlich, der Entstehungsweise entsprechend, kompakt sein, kann also kein Wabenwerk tragen. Bei zunehmender Höhe der herausgetretenen Sarkodeschicht werden die die Gleichmäßigkeit des Hervorquellens aus den einzelnen Öffnungen beeinträchtigenden Faktoren sich verstärken, und der ausgleichende, seitliche Verlagerungen erschwerende Einfluß der Adhäsion bzw. auch Reibung am Boden, muß nach oben zu mehr und mehr nachlassen. So kann denn oberhalb der niedrigen Zone der abwechselnden Vorbiegungen und Öffnungen des Septums eine Verhinderung der Schalenbildung, wenn nicht vielleicht überhaupt eine vollkommene Vereinigung der Sarkode, eintreten. Dieses Vereinigen kann hier ja schon aus dem Grunde eher erfolgen als weiter unten, da eine konkave Flußfläche (gebildet durch die fast ebene Oberhälfte des Septums und die in der Unterhälfte in scharfem Winkel vorspringenden Vorbiegungen) zur Verfügung steht, die leichter überflossen werden kann als die konvexen, einem Kugelquadranten ähnlichen Vorbiegungen des Untersaumes. Daß der hier angegebene Erklärungsversuch durch die starke Neigung zur Schalenabsonderung bis zu einem gewissen Grade den Tatsachen entsprechen muß, wird durch den Umstand wesentlich gestützt, daß sich bei diesen Formen oft ein überaus tiefer, das Septum fast verdoppelnder „Ansatz“ der Wand findet, der sich wohl nur als eine auch an der Rückseite der Kammer abgeschiedene Schale auffassen läßt, die sich bei den andern basalreifenfreien Gruppen keineswegs derartig ausgeprägt findet (vgl. alle Abbildungen medialer Schiffe von Fusulinen).

Um einen rohen aber treffenden Vergleich zu gebrauchen, erinnern in dem Anfangsstadium der Kammerneubildung die Basalleisten den Mittelmoränen eines Gletschers, die sich bei der Vereinigung zweier Eisströme an dem sie vorher trennenden Felssporn, diesen gleichsam verlängern, ansetzen. In vorgerückteren Stadien, in denen das Niveau der Sarkode bereits über den Rücken der Tonnenreifen gestiegen ist, wäre ein Vergleich mit den unter dem Gletschereis in der Grundmoräne sich langziehenden Asars möglich. —

Analog mit den hier bei *Doliolina* geschilderten Verhältnissen erfolgt die Bildung der die einzelnen Kämmerchen eines Kammerringes bei *Orbitolites* trennenden Zwischenwände, wie R h u m b l e r ausgeführt hat (vgl. l. c. Seite 251—257). Doch ist bei dieser flachen, auf Algen festgehefteten Form das gleiche Prinzip in einer Weise wirksam, die erst bei einiger Aufmerksamkeit die Analogie mit *Doliolina* erkennen läßt. Um nicht zu nahe auf diese von dem Bau der Fusuliniden äußerlich recht unterschiedenen, nicht aufgerollten Formen einzugehen, will ich hier nur die Worte anführen, in denen R h u m b l e r seine Ergebnisse zusammenfaßt, und die in dieser allgemein gehaltenen Form sich völlig mit den aus den oben gegebenen Darlegungen decken. R h u m b l e r schreibt (l. c. Seite 255):

In diese konkaven Einsenkungen öffnen sich die Poren des letzten Ringes der Schale. In diese leicht auszufüllenden Einsenkungen wird also die Sarkode eintreten. Unter weiterem Vorquellen der Sarkode hebt sich die Masse aus der Konkavität hervor und gelangt nach einiger Zeit aus der Vertiefung, die als Konkavität leicht ausgefüllt wird, auf die Gipfelpunkte der Erhebungen, wo dann der Randwinkel der Sarkode stehen bleiben

muß, weil ein Übertreten der Flüssigkeit aus dem diesseitigen Tal über den Berggipfel hinweg, wobei die Konvexität des Berggipfels überwunden werden müßte, außerordentlich viel Oberflächenvergrößerung verlangen würde. Da nun aus jedem Tal Sarkode aufsteigt, und auf dem Berggipfel Halt macht, so müssen nun auch auf dem Berggipfel die Sarkodemassen je zweier benachbarter Täler zusammenstoßen. Es könnten also auch hier wieder Sarkodeverschmelzungen eintreten. Die Sarkodepartien sind aber jetzt, nachdem schon mehr Zeit verflossen ist — vielleicht weil sie auf ihrer Oberfläche schon mit der Abscheidung der Schalensubstanz beginnen oder aus anderen mir nicht bekannten Gründen — weniger zu gegenseitiger Verschmelzung geneigt. Sie verschmelzen normalerweise nur an den Punkten, an denen sie sich zuerst berühren, und führen durch diese Verschmelzung zur Ausbildung der zirkulären Verbindungskanäle zwischen den Kammern desselben Kammerringes.

Auf *Doliolina* übertragen bedeutet diese Überlegung, daß die Sarkode erst bei einem Ansteigen über das Niveau, dem die Vorbiegungen des Septums und die zwischen den zuerst ausgetretenen Sarkodewülsten gebildeten Basalreifen angehören, sich zu vereinigen vermag, daß aber die Vereinigung an dieser Stelle andererseits keine unbedingt erforderliche ist, indem eine weitere inzwischen erfolgte Differenzierung der Sarkodeoberfläche die Bildung auch sehr hoher Scheidewände herbeiführen könnte. (Axiale Schliffe von *Sumatrina* scheinen z. B. derartige Verhältnisse aufzuweisen.)

Daß eine schließliche Vereinigung überhaupt notwendig ist, folgt daraus, daß sonst ja die Gesamtsarkode in eine Anzahl sagittaler, voneinander völlig isolierter Wülste zerlegt werden müßte, so daß die „Individualität“ in Frage gestellt würde.<sup>1)</sup> Allerdings ist die Möglichkeit einer nachträglichen Trennung in den mündungsferneren Kammern durch wabige Dachreifen nicht ohne weiteres in Abrede zu stellen angesichts des Bildes, das manche Neoschwagerinen etc. bieten. Es würde dann aber immer an einer Vereinigung innerhalb der letztgebildeten Kammer festzuhalten sein. Da die Sarkode offenbar so wie so nur die letzten Kammern erfüllen dürfte, wäre damit wohl noch immer ein genügender Zusammenhang gegeben.

Über die Art, in der trotz der starken Neigung zur Schalenabsonderung oberhalb der basalen Reifen ein Zusammenfließen der Sarkode möglich ist, dürfte gleichfalls *Rhumblers* Auffassung des Beschalungsvorganges bei *Orbitolites* Geltung haben. *Rhumblers* schreibt (l. c. Seite 255, Anm. 2):

„Wenn sich etwa die Oberfläche in einem bereits gallertigen Zustand befindet, so wird von den Stellen der ersten Berührung (die zugleich Stellen größten gegenseitigen Druckes sind) die Gallerte nach den anderen weniger stark oder gar nicht gedrückten Oberflächenstellen hin weggedrückt; und die anderen Oberflächenstellen bleiben dann durch die Gallerte getrennt. Zuweilen scheinen die Sarkodepartien der Kämmerchen schon früher in gegenseitige Berührung zu kommen, noch ehe sie mit der Schalensubstanzabscheidung begonnen haben; was natürlich die Verschmelzung der Kämmerchen zu einem einheitlichen nicht in Unterkämmerchen zerteilten Kammerraum zur Folge hat.“

<sup>1)</sup> Auch für *Alveolina* läßt sich demnach auf die Existenz axialer Verbindungskanäle der sagittalen Sarkodewülste schließen. Herr O. Altpeter hat, einer freundlichen Privatmitteilung nach, an entsprechend orientierten Schliffen tatsächliche Anhaltspunkte für das Vorhandensein solcher Kommunikationen gewonnen.

Die ungewöhnlich langen, niedrigen Kammern, die *Verbeekina* und auch *Doliolina* aufweisen und diesen Generas eine so niedrige Septenzahl <sup>1)</sup> geben, zeigen schon durch ihre Form an, daß hier die Sarkode sehr dünnflüssig ist, bezw. nur eine geringe Innenspannung besitzt. Diese Vermutung wird durch die Kleinheit der Sarkodeaustritte am Untersaume, die namentlich bei *Verbeekina* höchst auffällig ist, bestätigt.

Ich möchte in diesem Falle ausnahmsweise eine Betrachtung über den möglichen Zweck, bezw. über den Nutzen eines Basalskeletts bei Fusuliniden mit dünnflüssiger Sarkode einschalten. Die mögliche Unrichtigkeit der folgenden Vermutungen kann natürlich die anderen entwicklungsmechanischen Erwägungen in keiner Weise beeinflussen.

Der Herabsetzung der Innenspannung der Sarkode sind offenbar in der Fusulinidenorganisation selbst begründete Grenzen gesetzt. Da die Pseudopodien zur Anheftung, bezw. auch zum Kriechen verwendet werden müssen, dürfen sie nicht mehr als eine bestimmte, von ihrer inneren Kohäsion abhängige Strecke von dem letzten Anheftungspunkte an der Schale entfernt sein, wenn sie eine derartige Wirkung ausüben sollen. Es entsteht also eine bedeutende Schwierigkeit, indem die Leichtflüssigkeit einmal die Bildung langer, niedriger Kammern veranlaßt, andererseits aber, um genügenden Halt für die Pseudopodien zu gewähren, Anhaftepunkte in nicht zu großen Abständen erfordert.

Dieses rein mechanische Problem läßt nur eine Art Lösung zu. In einer ganz ähnlichen Lage befinden sich einige Gasteropoden der Brandungszone, die mit ihrem langen Fuße ebenfalls nicht genügend Halt gegen den Wellenschlag finden, oder Kraft zur Fortbewegung ihrer relativ sehr schweren Schale entfalten könnten, wenn sie nicht die Lippen ihrer Schale stark gerieft und gezähnt hätten. Bei den Neritiden, Cypraeiden, Cassididen, Tritoniden etc. ist diese Tendenz sehr deutlich zu sehen.

Die Kalkabsonderung der ausgetretenen Sarkodetröpfchen muß demzufolge schon etwas früher beginnen. Da nach oben und vorn jedoch eine derartige Absonderung durch das Nachquellen der Sarkode sofort wieder zerstört werden würde, bleibt nur die Möglichkeit, sich Stützpunkte nach unten und seitlich zu verschaffen. Die Vereinigung der einzelnen Tröpfchen geschieht nun erst dann, wenn genug Sarkode nachgequollen ist, um über die als Verlängerung der zwischen den Austrittsöffnungen bestehenden Septenteile sich bildenden Reifen hinwegzufließen. Die Höhe dieser Reifen muß daher etwa gleich der Höhe der Öffnungen sein. So niedrige Öffnungen, wie sie *Verbeekina Verbeeki* aufweist, genügen wohl noch nicht zur Anlage eines solchen Basalreifenskeletts, wohl aber die hohen bei *Doliolina lepida*.

Daß *Dol. lepida* im Gegensatz zu der Kugelform der *Verb. Verbeeki* langgestreckt ist, erscheint nach dem Gesagten mechanisch bedingt, indem die Kugelform sich als ein Äquivalent (Ersatz) der Bereifung darstellt. Die Oberflächenspannung wirkt nämlich um so stärker, je größer der Unterschied zwischen freier Oberfläche und durch Adhäsion gebundener Unterfläche ist. Bei einer annähernd ebenen Unterfläche wirkt die Oberflächenspannung also viel weniger stark kontrahierend, als bei konvex gewölbten. Eine durch eine starke Oberflächenspannung gebundene Sarkodemasse kann demzufolge ohne Zerreißungsgefahr zu einer größeren Länge sich ausdehnen bei gleicher Zugbeanspruchung, als eine weniger gespannte.

<sup>1)</sup> Ein Schliff Verbeeks (l. c. Taf. I 17) zeigte die Septenzahlen: I 6, II 8, III 10, IV 12, V 15, VI 10, VII 7, VIII 7, IX 11, X 15, XI 15, XII 18, XIII 22, XIV 28 bei *Verb. Verbeeki*. Für *Dol. lepida* vgl. Textfigur 50.

Der gleiche Grund bewirkt übrigens auch bei spindelförmigen Fusulinen-Typen ein Weiterwachsen des Tieres in gleichbleibender Gestalt. Auf der ganzen Länge des Septums nämlich wird von der hervorquellenden Sarkode ein Abstand überwunden, der einer gleichgroßen Spannung der Oberfläche entspricht. Da die gleiche Strecke an den Polen einer bedeutenderen Krümmung, der Bogen also einen größeren Zentriwinkel entspricht, als in der Medialzone, folgt, daß in der Mitte eine größere Menge des Plasmas austreten kann, als an den Enden. Der größeren Grundfläche kann auch eine größere Höhe entsprechen, und die Spindelform wird beibehalten (vgl. Textfigur 28).

Als eine weitere Folge dieser Tendenz, die Anheftefläche der Sarkode durch Reifenbildung zu vergrößern, würde bei Formen, die ein stärkeres Maschenwerk besitzen, also offenbar längere Zeit zu deren Bildung benötigen und mit der Ausscheidung infolgedessen eher beginnen müssen, das Auftreten von Reifen auch am Dach zu erwarten sein. Diese Erscheinung setzte für das völlige Zusammenfließen der austretenden Sarkodetropfen eine erheblichere Höhe (vom Boden der zu bildenden Kammer an gerechnet) voraus. Diese Höhe kann aber nur als Folge einer beträchtlichen Höhe der Septalöffnungen sich finden.

Derartige *Dachreifen* zeigt das Genus *Neoschwagerina*, welches, da die Höhe der Septalöffnungen die Stützwirkung der Septen verringert, in ihnen eine starke Schalenversteifung besitzt, zu der überdies noch andere, dem gleichen Zweck dienende Struktureigentümlichkeiten („Pseudo-

septen“, d. h. axiale Wabenverlängerungen als *Dachreifen*) kommen, die trotz der unleugbar vorhandenen Übergänge doch eine Abtrennung vom *Verbeekina-Doliolina*-Typ als notwendig erscheinen lassen.

Es bleibt nun noch übrig die Tatsache, daß die Medialreifen der Fusulinen gewisser Gruppen im senilen Stadium fast verschwinden, und daß bei anderen Typen nur in den allerersten Windungen Spuren eines Ansatzes von Medialreifen erkennbar sind, auf die gleichen Prinzipien zurückzuführen, die wir bisher als so gut wie allein wirksam beim Schalenbau erkannt haben (vgl. Textfigur 23).

Der erste dieser Punkte erklärt sich ungezwungen durch den Umstand, daß eines der bezeichnendsten Merkmale der senilen Decrescenz in der Herabsetzung der Umgangshöhe besteht. Daß nämlich eine volle Entwicklung des Phänomens an eine gewisse Höhe der Windungen geknüpft ist, zeigt ein Vergleich zwischen *Fusulina secalis* und *centralis*. Letztere Form hat entsprechend ihrer gestreckteren Gestalt in der Medianpartie niedrigere Umgänge, als die stark geblähte *Fus.*

*secalis*, und zeigt trotz der engen Verwandtschaft beider Formen nur schwache Ansätze der bei *Fus. secalis* so überaus kräftig entwickelten Medialreifen.

Der zweite Punkt dürfte in der großen Flüssigkeit der Sarkode der Anfangswindungen seine Ursache haben und durch das Streben nach Haftpunkten veranlaßt sein. Die Dünflüssigkeit der

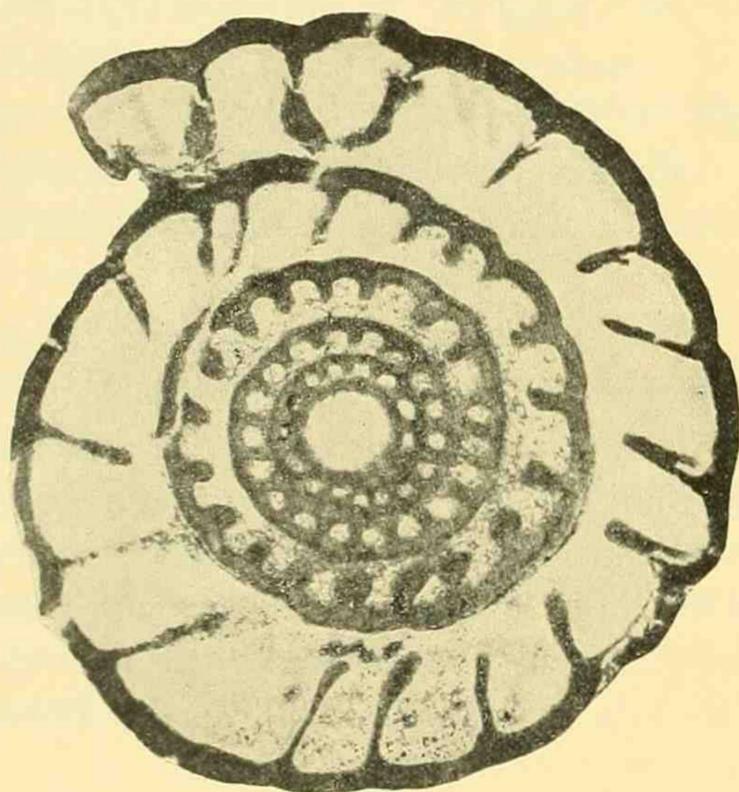


Fig. 51.

*Fusulina centralis* var. (Utah). Der Medianschliff dieser interessanten Übergangsform zeigt nach relativ engen Anfangsumgängen die an Schwagerinen erinnernde Windungshöhe. Die Septenfältelung ist — wie übrigens auch bei Schwag. fusulinoides — zwar schwach, aber keineswegs nur auf den unteren Teil beschränkt. Das Verhältnis der Axiallänge zur Medialhöhe beträgt ca. 2,1:1 auch in den Schlußumgängen (vergl. den Axialschliff SCHW. Taf. VIII 10). Vergl. Textfigur.

Anfangssarkode verrät sich fast überall durch relativ recht eng aufgerollte Umgänge und zum Teil auch gestrecktere Form (vgl. *Schwagerina Yabei*,<sup>1)</sup> *Fus. alternans* etc.). Ein Zweck dieser geringeren Innenspannung des Jugendstadiums wäre vielleicht in der leichteren Überwindung der dem geringen Durchmesser entsprechenden starken Konvexität der zu überwindenden Flußfläche zu sehen.

Von besonderem systematischen Interesse ist es, daß Medialreifen sich bereits bei Fusulinellen nachweisen lassen. Um nicht zu nahe auf diese den Fusulinen immerhin ferner stehenden Formen einzugehen, sei auf V. v. Möllers Abbildungen verwiesen, die die Erscheinung für *Flla. Struvii* (l. c. 1880, Taf. V 4 b) und *Flla. sphaeroidea* (l. c. 1878, Taf. XVI a) sehr klar zeigen. Auch *Flla. Loczyi* Lör. ist wohl mit Medialreifen versehen.

Daß die hier vorgetragene entwicklungsmechanische Deutung des Phänomens der Wahrheit recht nahe kommen dürfte, läßt sich an Textfigur 23 ersehen. Nach meiner Auffassung ist es nämlich sehr gut denkbar, daß bei einer nicht allzu starken Tendenz zur Bildung basaler Reifen sich auch Übergangsstadien finden lassen zwischen voll entwickelten Reifen und Septenvorbiegungen, die mündungswärts durch Kalkansatz etwas verlängert erscheinen. In letzteren Fällen wäre eben die Vereinigung der weiter vorquellenden Sarkodemassen nicht nur oberhalb, sondern nach Ablauf einiger Zeit auch vor den basalen Leistenstücken erfolgt. Das Bild solcher Vereinigungen müßte ganz das sein, welches Textfigur 23 bietet. In axialen Schliffen verriete sich dieser Vorgang durch das, wenn auch seltene Fehlen der dunklen Flecken in einem oder mehreren Umgängen, obwohl andere Umgänge sie wohl ausgebildet zeigten. Auch diese Eigentümlichkeit findet sich zuweilen bei der Gruppe der *Fus. secalis*, sowie bei *Fus. montipara*.

### IX. Die Ausheilung von Schalenverletzungen.

Im allgemeinen sind die Fusulinenschalen als solche recht gut erhalten, wenn auch oftmals das Einbettungsgestein nachträglich manche der Herstellung von Dünnschliffen ungünstige Veränderungen herbeigeführt hat. Dieser gleichmäßig gute Erhaltungszustand spricht unbedingt gegen jede weitere Verfrachtung der Gehäuse abgestorbener Tiere. Vielmehr ist anzunehmen, daß die Schalen nach dem Tode der Individuen ziemlich ungestört auf dem Meeresgrunde sich anhäufen konnten. Ein zweiter sehr auffälliger Umstand ist die nahezu konstante Größe und — mit dieser im Zusammenhang stehend — Umgangszahl der erhaltenen Fusulinen gleicher Spezies. Da fast stets sich in der Anlage der letztgebildeten Kammern mehr oder weniger deutlich Anzeichen einer senilen Degeneration der Sarkode finden lassen, liegt die Annahme nahe, daß nur Exemplare, die ihr Leben bis zu einem naturgemäßen Ende ausgelebt hatten, dem Tode und damit der Fossilisierung verfielen. Im Einklang mit dieser Schlußfolgerung würde dann wohl auch die dritte bemerkenswerte Tatsache stehen, daß so gut wie niemals Reste anderer Organismen in nennenswerter Menge sich mit Fusulinenschalen vergesellschaftet finden lassen, so daß hierdurch sowie durch die geradezu enorme Menge der Individuen, welche die Fusulinenschichten auszeichnet, ein fast völliges Fehlen von Feinden gewährleistet wird. Der Sedimentcharakter weist zudem stets auf ein sehr ruhiges Milieu hin, in welchem Meeresströmungen und Wogenschlag nur gedämpft sich fühlbar machen konnten und jedenfalls keinerlei mechanische Verletzungen der zarten Gehäuse zur Folge hatten.

<sup>1)</sup> Vgl. Textfigur 48, 49 C, 51.

Diesem Fehlen von schalenzerstörenden Elementen entspricht völlig die ungemeine Seltenheit von Gehäusen, die Spuren mechanischer Verletzungen aufweisen. Die wenigen mir bekannt gewordenen Vorkommen betreffen auch nur unbedeutende Zerbrechungen oder Knickungen der Schale, die das (meist in relativ jungem Alter davon betroffene) Individuum schnell und sichtlich mühelos selbst wieder auszubessern vermochte. Eine Ursache für die Verletzung läßt sich nicht angeben, ebenso erlaubt die Seltenheit der Vorkommnisse dieser Art es nicht, bestimmte Spezies oder Gegenden als besonders ihnen ausgesetzt zu bezeichnen.

Wenn ich trotzdem etwas näher auf einige Fälle eingehen möchte, so geschieht dies, weil die Ausbesserung der verletzten Schale einen besonders guten Einblick in die Art des Schalen-  
aufbaues gestattet:

- I. Ein zu den größten Vertretern der Spezies gehörendes Exemplar von *Fus. secalis* aus Kansas (Textfigur 52) hat im siebenten Umfange eine Verletzung der Schale erhalten, die im Medialschliff etwa dem Raume von 6 Kammern entspricht. Den genauen Eintritt der

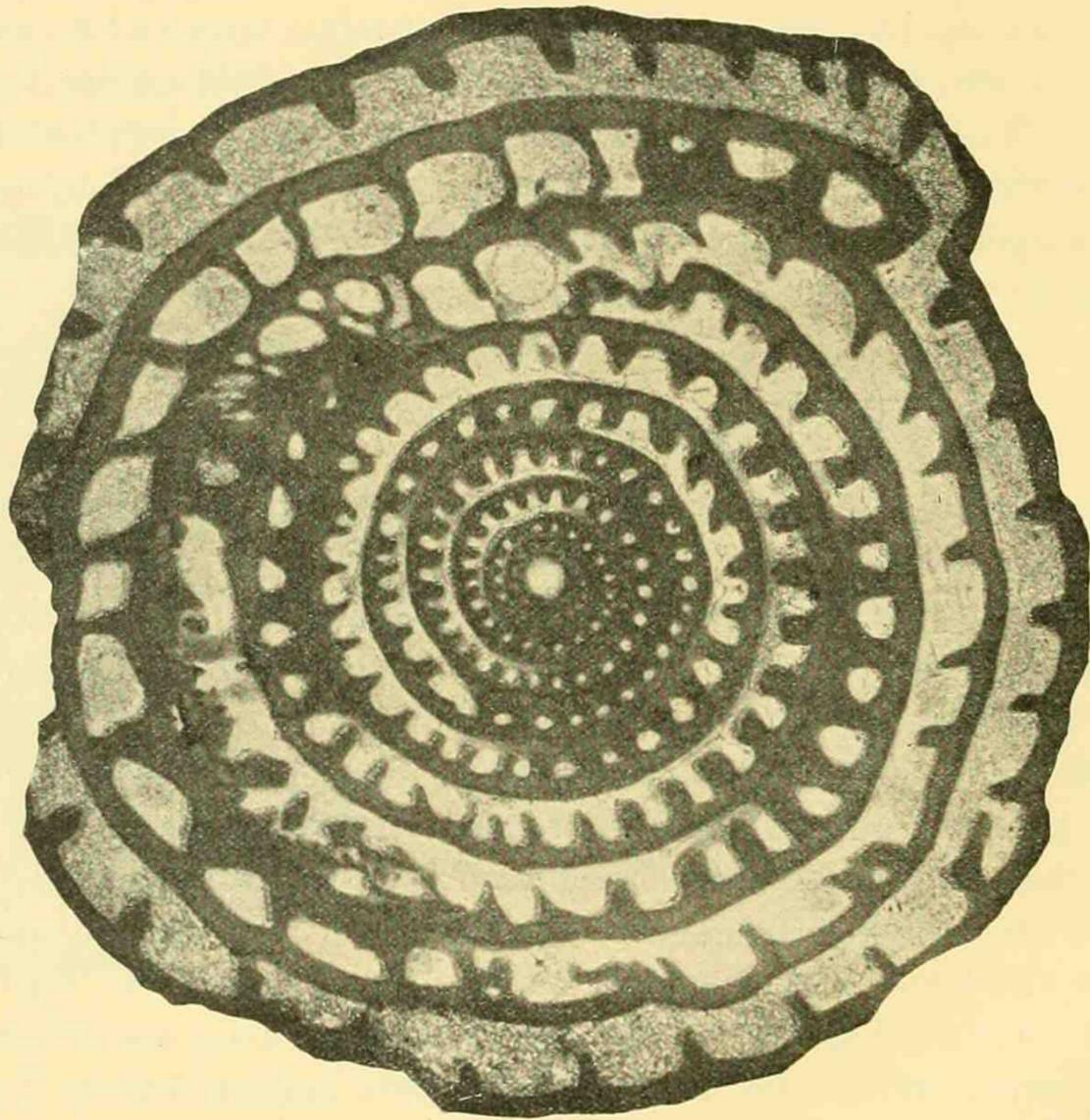


Fig. 52.  
*Fusulina secalis* aus Kansas. Medialschliff. Vergr. 1:30. Beispiel von Ausheilung einer  
Schalenverletzung.

Störung festzustellen ist natürlich recht schwer. Offenbar aber ist seinerzeit nicht die zuletzt gebildete Region erfaßt worden, sondern der Unfall traf eine Stelle der Schale, die von der damaligen Mündung mindestens bereits durch einen halben Umgang getrennt war. Als Beweis für diese Annahme ließe sich der regelmäßige Bau der Kammern unmittel-

bar hinter der Zerbrechungsstelle anführen. Die Zerstörung der Septen im Beginn des achten Umganges ist wohl erst durch das Anfertigen des Schliffes erfolgt, doch muß diese Stelle dem zerrenden Einfluß der Schmirgelkörner weniger Widerstand haben leisten können, als die anderen Teile des ihm ja ebenso ausgesetzt gewesenen Schliffes. Vielleicht ist also anzunehmen, daß diese Partie von Anfang an weniger solide gebaut war, und daß diese Festigkeitsanomalie damit zusammenhängt, daß in diesem Stadium das Tier die Schalenverletzung erhielt.

Von hohem Interesse ist es nun, wie die Sarkode auf die abnorme Gestaltung der durch die Verletzungsstelle gebildeten Fließfläche reagierte. Der konvexe, zuerst vom Wachstume erreichte Rand des „Fensters“ bot offenbar sehr große Schwierigkeiten. Da für ein Weiterfließen hier schon eine geringe Strecke große Sarkodemengen beanspruchte, mußte der Septenabstand, d. h. die Kammerlänge, hinter dem normalen Maße zurückbleiben. Da die Höhe der abnormen Kammern gleichfalls den Durchschnitt der Spezies zu übertreffen hatte, setzte notgedrungen eine stärkere Fältelung als Stütze ein. Bezeichnend ist auch die zentral gerichtete Einsenkung des überbrückenden Umgangsstückes in der Mitte der Verletzung, die sich als Folge der hier normalgeformten Fließfläche und der zur Verfügung stehenden Sarkodemenge darstellt. Die beiden Kammern, die hier als Unterfläche das Dachblatt des sechsten Umganges benützen, sind — an sich betrachtet — in Form und Größe dem Durchschnitt völlig entsprechend. Daß die abnorme Kammerbildung schon eine Strecke, die etwa dem Raume zweier normaler Kammern entspricht, v o r der im Medialschliff sichtbaren konvexen Kante beginnt, hat seine Ursache wohl darin, daß polwärts nach einer Seite hin die Verletzung etwas ausgedehnter ist als in der Medianebene.

Die zweite konkave Kante des „Fensters“ macht dem Vordringen der Sarkode ganz naturgemäß erheblich weniger Schwierigkeiten. Da hier nur eine normale (oder sogar geringere) Größe der Fließfläche sich entgegenstellt, ist keine Verkleinerung der Kammerlänge erkennbar. Da auch die Höhe der Kammern nicht den normalen Wert zu überschreiten braucht, ist eine besonders intensive Fältelung oder Verlängerung des Septums nicht erforderlich. Das weitere Wachstum zeigt keine Abweichungen vom Normalen mehr. Da der neunte

Umgang so regelmäßig die zerstörte Partie des achten überdeckt, ist anzunehmen, daß diese durch das Schleifen der direkten Betrachtung entzogene Stelle keine allzugroßen Anomalien neben ihrer geringeren Festigkeit aufwies.

Wenn wir uns die Septenzahlen zu rekonstruieren suchen, so ergibt sich (durch Analogieschlüsse und Extrapolationen ergänzt) etwa folgende Reihe:

I 14, II 20, III 20, IV 27, V 26, VI 30, VII (33), VIII (34), IX 30, X (30).

Demgegenüber stellt sich die obere Grenze des Speziesdurchschnittes dar als:

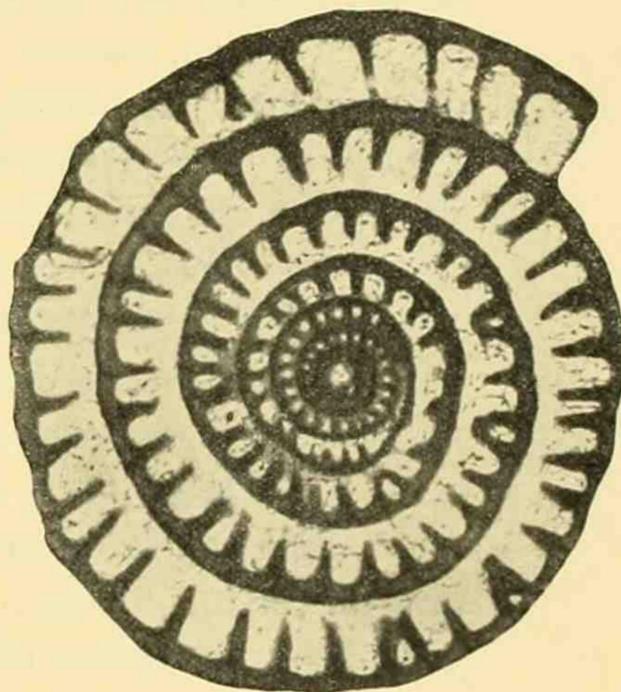


Fig. 53.  
Fusulina secalis aus Iowa. Medialschliff, Vergr. 1:30.  
Schalenreparatur. Vgl. Schw. 15.

I (13) 15, II (20) 21, III (22) 24, IV (25) 27, V (27) 29, VI (27) 32, VII 32, VIII (32) 34, IX 34, wobei in Klammern der mittlere Durchschnitt beigelegt ist. Es ist deutlich zu sehen, daß die Verletzung nur recht wenig Einfluß auf die Septenzahl der posttraumatischen Umgänge ausübt.

II. Während sich die Verletzung der soeben besprochenen Fusulinenschale als ein Herausbrechen eines „Fensters“ charakterisierte, ist bei einer *Fus. secalis* von Iowa (Textfigur 53) das Wesen der Störung erheblich schwerer zu analysieren. Gegen den Schluß des dritten und am Beginn des vierten Umgangs fehlen auf eine längere Strecke die Septen, und auch die Wandung zeigt keine normale Struktur. Die Umgangshöhe ist beträchtlich herabgesetzt während der Störungsperiode, und erst nachdem sie wieder die volle Höhe erreicht hat, beginnt die Septenbildung wieder.

Über die Natur des Unfalls lassen sich nur Vermutungen äußern. Der vorher besprochene Fall läßt jedenfalls wohl die Annahme, daß es auch hier sich ursprünglich um eine „Fenster“bildung handelte, die von der Sarkode nach außen zu notdürftig von einer Schutzschicht überdeckt wurde, als nicht recht wahrscheinlich erscheinen.

Von Interesse ist für uns vor allem die Frage, wie sich das Weiterwachsen der Schale mit der unregelmäßigen Fließfläche abgefunden hat. Da hier gegen Ende des vierten Umgangs nach einer wenig markanten konvexen Einkrümmung eine fast ebene (tangential) Strecke sich darbot, entsprechen die abnorm langen Septenabstände zweier Kammern nach drei Kammern, die nicht nur nicht der Altersfolge entsprechend eine geringe Längenzunahme zeigen, sondern sogar deutlich etwas kürzer werden, ganz dem zu Erwartenden. Der Abnahme der Umgangshöhe entspricht die Kürze und Dicke der Septen, während am Schluß der Störungsstrecke der Beginn des fünften Umgangs auf den konvexen Knick der Fließfläche und das Wiederanwachsen der Kammerhöhe mit der Bildung hoher kurzer Kammern mit langen Septen, die in der V-förmigen Zusammenneigung sogar Spuren von medialer Fältelung zeigen, reagiert.

Auch in diesem Falle zeigt die Septenzahl das Bestreben, so bald als möglich nach der Verletzung die normalen Werte der Spezies zu erreichen, wie die Reihe:

I 13, II 19, III ?, IV ?, V 28, VI 31, VII (35) beweist.

Die Abflachung, die auch der die Störungsstelle überdeckende vierte Umgang noch aufweist, und die in einer Asymmetrie der Spirale sich äußert, ist offenbar räumlich wenig ausgedehnt, wenigstens läßt sich der auf sie folgende fünfte Umgang durch sie nicht mehr zu einer Spiralenstörung veranlassen. Da infolgedessen an der kritischen Stelle die Umgangshöhe die normale Größe um den Betrag der Eindellung des vierten Umganges überschreitet, stellt sich in den Septen eine Tendenz zu paariger Zusammenneigung ein, die verrät, daß eine die Medialregion betreffende Septenfältelung als mechanisches Äquivalent hier stützend eintreten mußte.

III. Völlig abnorme Verhältnisse zeigt ein Exemplar von *Fus. subtilis* (R. XVIII 3) vom Flusse Sula. Hier genügt der Schliff, der zudem nicht genau medial liegen dürfte, nicht zu einer Analyse. Nur die starke Fältelungsintensität dürfte teilweise wenigstens als Reaktion auf die Störung aufzufassen sein. Jedenfalls beweist dieser Fall, wie groß die Lebensfähigkeit der Fusulinen überhaupt mechanischen Verletzungen gegenüber ist.

- IV. Eine *Fus. Tschernyschewi* aus dem Timengebirge (R. XIV 11) erinnert etwas an den Fall II., dessen Besonderheiten sich an ihr in abgeschwächtem Maße wiederfinden lassen.
- V. Als eine besondere Art von Schalenreparaturen lassen sich endlich auch die Fälle von Doppelschalen auffassen, die dem Weiterwachsen der Sarkode ja auch ganz abnorme Fließflächen darbieten (vgl. DIM. 10, 12, 13). Auf diese Verhältnisse wird an anderer Stelle (Seite 78—82) näher einzugehen sein.

## D. Zur Lebensweise der Fusulinen.

Die Rekonstruktion der Lebensweise paläozoischer Foraminiferen ist an und für sich mit großen Schwierigkeiten verbunden, wenn sie mehr sein soll, als lediglich eine analoge Übertragung des an mehr oder weniger ähnlichen lebenden Formen zu Beobachtenden. Da diese Übertragung mehr in das Gebiet der vergleichende Zoologie als der Paläontologie fallen dürfte, wäre die für die Physiologie der Fusulinen lediglich auf Grund des fossilen Materials sich ergebende Ausbeute gewiß nur eine recht dürftige, wenn nicht der Umstand, daß eine fast überreiche Fülle von Gesteinsproben der Fusulinidenschichten fast der ganzen Erde mir dank der Liebenswürdigkeit einer ganzen Reihe von Sammlungsdirektionen zur Verfügung stand, doch noch manchen Schluß zu ziehen gestattet hätte.

### I. Die geographische Verbreitung der Fusuliniden.

Die Fülle von Gesteinsmaterial erlaubte zunächst eine Verbreitungskarte der Fusuliniden zu zeichnen. Nach den von Schellwien, dem ja fast das ganze, mir gegenwärtig zu Gebote stehende Material bereits vorlag,<sup>1)</sup> gemachten Angaben und seinen eigenen Beobachtungen hat Koken im Jahre 1906 (N. Jahrbuch Festband, Taf. XIX) eine derartige Karte veröffentlicht, die alle wesentlichen Fundorte enthält. Aus einer Verbreitungskarte, die neben den Fusulinidenfundstellen auch die mutmaßlichen Küsten der Kontinente und Inseln des Obercarbon — (Kokens Karte stellt einen Abschnitt des Perm dar) — wiedergibt, lassen sich einige Besonderheiten der Verteilung auf der Erdoberfläche ersehen. Einmal gehören mit alleiniger Ausnahme der südamerikanischen, bisher nicht näher beschriebenen Funde von Itaituba und ? Bolivia die Fusuliniden sämtlich der Nordhemisphäre<sup>2)</sup> an, da ein mächtiger, Südamerika z. T., Afrika, Vorderindien und Australien umfassender Kontinent ihr Vordringen nach Süden hinderte.

In Europa sind Fusulinen bekannt:

1. vom nördlichen Spanien (wo sie Barrois in Asturien fand, aber nicht näher beschrieb).
2. aus den ligurischen Alpen (durch Issel bekannt gegeben).
3. aus den karnischen Alpen (Stache, Schellwien, Gortani, v. Staff).
4. vom südlichen Dalmatien (v. Bukowski, Schubert).

---

<sup>1)</sup> Neu erhalten habe ich vor allem durch die Liebenswürdigkeit der Herren Frech (Sosiomaterial), Volz (Sumatra), Yabe (Japan), Wiman (Spitzbergen), Sapper (Guatemala), Beede (Kansas) eine beträchtliche Menge sehr wertvoller Aufsammlungen. Auch an dieser Stelle erlaube ich mir den genannten Herren meinen verbindlichsten Dank für ihr Entgegenkommen auszusprechen. Auch Herrn Geheimrat Branca bin ich für Überlassung des Richthofenschen Materials (China) zu gehorsamem Danke verpflichtet.

<sup>2)</sup> Bezw. gehen nicht weiter als wenige Grade (Padang in Sumatra) südlich vom Äquator.

5. aus dem mittlungarischen B ü k k g e b i r g e (V a d a s z).
6. aus Rußland, vom Timan-Ural bis Moskau, und vom Donetz bis zur Nord-Dwina (v. Möller, Krotow, Schellwien).
7. von Euböa (Deprat).

Aus dem äußersten Norden sind als berühmte Fundorte zu nennen:

8. Spitzbergen und die Bäreninsel (Goes, Schellwien).

Zu diesen Fusulinen-Fundorten kommen noch zwei bemerkenswerte Schwagerinenplätze:

9. die Krim (C. v. Vogdt).
10. das Tal des Sosio in Sizilien (Gemellaro, v. Staff).

Im zentralfranzösischen Morvan sind — nach Frech — entgegen Meuniers Angabe keine Fusulinen, sondern nur Fusulinellen vorhanden.

In Asien sind Fusulinen bekannt geworden von Chios (Teller-Stache), Hadji-Veli-Oglou und Balia-Maaden (v. Bukowski, Enderle-Schellwien), Selefkes bei Tarsus, aus Persien von Charoud am Elburs und von Asterabad (v. Möller, Romanowsky), aus Ost-Turkestan vom Süd-Tienschan (Merzbacher-Keidel) und von Jatantschitag (Bogdanowitsch-Suess), aus Darwas (v. Krafft-Dyhrenfurth), und vom westlichen Hindukusch (Griesbach).

Häufiger genannt werden in der Literatur die Fusulinen-Bezirke von Japan, Korea und China, für die ich auf Yabes Zusammenstellung (l. c. 1906, Seite 10—16) verweisen will, da mir einige japanische Quellen nicht zugänglich sind. Namentlich C. SCHWAGER, L. v. Loczy, I. v. LOERENTHEY, H. DOUVILLÉ, E. SCHELLWIEN, Futterer, C. Gottsche, Counillon, H. YABE, Hirabayashi, Ogawa, Jimbo, Yamada haben durch Beschreibungen<sup>1)</sup> oder Aufsammlungen unsere Kenntnis der ostasiatischen Fusuliniden bereichert. Wichtig ist auch der Ussuri-Bezirk (Tschernyschew). — Von Sumatra sind namentlich durch F. ROEMER, VERBEEK und W. VOLZ interessante Formen bekannt geworden. Dem Entgegenkommen der Herren Prof. Frech und Volz verdanke ich es, daß auch ich einen Beitrag zur Kenntnis der sumatrischen Fusuliniden liefern konnte (SCHW. Seite 471—484). — Von Tenasserim hat NOETLING eine „*Schwagerina*“ Oldhami veröffentlicht, die jedoch höchst wahrscheinlich einem anderen Genus zuzurechnen ist. — Nach Fliegel beruhen die Angaben über das Vorkommen von Fusulinenkalk auf Borneo lediglich auf einem Druckfehler des Geological Magazine 1875. Kayser's Notiz über Fusulinen auf Timor gibt leider keine Einzelheiten. — Recht beachtenswert sind auch die Beschreibungen, die C. SCHWAGER von den Fusulinen der vorderindischen Salt-Ränge gegeben hat.

Aus Afrika sind noch keine Fusulinen bekannt, obwohl durch J. Walter, E. Schellwien, Haug, Fourreau u. a. im Norden marines Oberkarbon der in Frage kommenden Horizonte nachgewiesen worden ist. — Ebenso ist es denkbar, daß auch aus Australien später noch Fusuliniden bekannt werden, wo u. a. Etheridge aus Tasmanien eine marine Oberkarbonfauna beschrieben hat.

Von Amerika ist aus zahlreichen Teilen der Vereinigten Staaten, aus West-Canada, Alaska und der Eismeerküste (durch Salter), ferner aus Chiapas-Mexico und Guatemala (von Sapper gesammelt), sowie von Itaituba am Amazonenstrom (durch Kutzer) und aus (?) Bolivia das Vorkommen von Fusuliniden erwähnt worden. Say, Shumard, Schellwien, Spandel,

<sup>1)</sup> Die Autoren sind groß gedruckt.

Geinitz, Meek, Girty sind die Namen, an die sich etwas eingehendere Mitteilungen knüpfen, Nähere Angaben finden sich in der von mir herausgegebenen Monographie der Fusulinen Amerikas.

## II. Die Fortpflanzung der Fusulinen.

Mit Bestimmtheit läßt sich angeben, daß die Fortpflanzung der Fusulinen nicht in der Weise erfolgte, daß (wie es bei verschiedenen am Meeresgrunde oder auf Algen festsitzenden Foraminiferen der Jetztzeit beobachtet worden ist) ein bereits innerhalb der Schale des Muttertieres beschaltes Sarkodetröpfchen sich loslöste und selbständig machte. Als Gegengründe sind folgende Erwägungen maßgebend:

- a) einmal sind die Durchmesser der Schalen der Anfangskammern vielfach ganz erheblich größer, als die Weite der einzelnen am Untersaum der Septen freibleibenden Austrittsöffnungen für die Sarkode.
- b) zweitens deutet die kugelige Gestalt der Anfangskammer auf eine viel unbedingtere Einwirkung der Oberflächenspannung hin, als sie innerhalb des Muttertieres wahrscheinlich wäre.
- c) die bei Fusulinen sich zuweilen findenden Verschmelzungserscheinungen deuten darauf hin, daß wenigstens in einer Anzahl von Fällen unbedingt noch unbeschaltete Sarkodekügelchen das erste selbständige Stadium der Fusulinen darstellen (vgl. meine Ausführungen DIM. Seite 231/32 sowie 236, 8 A und B).

Daß sowohl geschlechtliche als ungeschlechtliche Fortpflanzung bei den Fusulinen (nach Dr. Yabes Untersuchungen<sup>1)</sup> und Schliffen auch bei Neoschwagerinen und Doliolinen) sich findet, ist durch die Möglichkeit eines Nachweises von Dimorphismus wohl als gesichert anzusehen. Allerdings ist es nach dem auf Seite 155 ff. Gesagten (vgl. auch DIM. Seite 227, Anm. 1) nicht ganz leicht, das Vorhandensein zweier verschiedener Größentypen der Zentralkammer im Schliff festzustellen. Da jedoch die Fehlergrenze nur nach unten zu eine schwankende ist, führt folgende Überlegung zu ziemlich sicheren Resultaten. Wäre die Größe der Zentralkammer einfach stark variabel, ohne daß zwei Größentypen vorlägen, so müßte eine Kurve, deren Abscisse die Ordinalzahlen der (in der Reihenfolge der meßbaren Größe der Anfangskammer untersuchten normalen) Exemplare einer Spezies, deren Coordinate die Durchmesser der Zentralkammern (in  $\mu$  gemessen) enthält, mehr oder weniger geradlinig erscheinen. Jede Abweichung von der Geraden würde wenigstens lediglich zufällig sein können. Sind aber zwei Größentypen des Durchmessers vorhanden, so muß die Kurve drei deutlich markierte Knickungen in Form eines W aufweisen. Da nämlich die gemessenen Zahlen oft um einen der Messung nicht zugänglichen, oft ganz ansehnlichen Betrag hinter der wirklichen Größe des Durchmessers zurückbleiben, so finden sich in dem ersten nahezu geradlinig verlaufenden Kurvenstück die Schliffe vertreten, die hinter dem kleineren der beiden Größentypen merklich zurückbleiben. Der erste Knick leitet wieder über zu einem mehr geradlinigen Kurvenabschnitt, der die Messungen enthält, die den kleineren Typ nahezu oder gänzlich exakt wiedergeben. Der nächste Knick ist um so schärfer, je bedeutender die Differenz der beiden Größentypen ist. Der auf ihn folgende Teil der Kurve entspricht den Werten, die hinter dem größeren Typ zurückbleiben und ist von dem Schluß der Kurve, der die Schliffe gibt, welche diesen Typ exakt zeigen, abermals durch einen Knick geschieden. — Riesenformen der Zentralkammer (Gigantosphären),

<sup>1)</sup> Noch nicht veröffentlicht.

die eventl. auf Verschmelzungen deuten, würden natürlich noch einen weiteren abgeknickten Kurventeil beanspruchen (vgl. Textfigur 54).

Schellwien hatte bereits, wie aus einer seiner hinterlassenen handschriftlichen Notizen hervorgeht, die Vermutung, daß die starken Schwankungen in der Größe der Zentralkammer, die die von ihm untersuchten russischen Fusulinen zeigten, als Dimorphismus aufzufassen seien. Namentlich „*Fus. Mölleri* s. str., *Fus. aff. vulgaris* Basrakowa, *Fus. vulgaris* s. str. und *Fus. exigua*“ scheint er als eventuell dimorph angesehen zu haben. Schon vor ihm hatte Loerenthey bei *Fus. Richthofeni* Dimorphismus vermutet. Später verließ jedoch Schellwien seinen anfänglichen Standpunkt wieder, wie der Umstand beweist, daß sein hinterlassenes Manuskript über die russischen Fusulinen (R. Seite 161—193) keinen Hinweis auf Dimorphismus enthält, und eine nachgelassene Notiz sagt:

„Kommt Dimorphismus bei *Fus.* vor? Nicht sicher nachgewiesen, wohl Größe der Anfangsk. Schwankungen unterw., aber nicht Nebeneinandervork. m. kl. u. gr. Anf. — Auch solche Erscheinungen wie bei Krotowi (Querschn. I u. II) oder alpina eng wohl kaum: allmähliche Übergänge.“

Gegen den Dimorphismus bei den Fusuliniden wendet sich auch H. Douvillé (Compt. rend. Séances de l'Acad. Sci. Paris 1906, Seite 260/261), der auf Grund eines räumlich beschränkten Materials in diesem Punkte viel zu weit gehende Schlüsse zieht, die selbst für das von ihm untersuchte Gebiet keineswegs zutreffen. Er schreibt:

„Quand on étudie les foraminifères carboniférieux, il est frappant de voir que tous les individus paraissent présenter une grande loge initiale, et semble que les formes microsphériques manquent. Si cette observation se généralisait, elle indiquerait que les foraminifères paléozoïques ne se reproduisaient encore que par scissiparité, la reproduction par sporulation ne s'étant établie qu'à l'époque secondaire.“

Diese Sätze sind um so befremdender, als z. B. für Neoschwagerinen erst im Jahre 1906 von H. Yabe (l. c. Taf. I 4) ein Exemplar mit großer Anfangskammer als Ausnahme („Schwagerina is generally taken as including those forms which have a minute first chamber“ l. c. Seite 8) veröffentlicht wurde! Auch für *Verbeekina* und *Doliolina* lagen hinreichend Abbildungen mikrosphärischer Formen vor, um von *Fusulina* s. str. ganz abzusehen.

Gegenüber diesen abweichenden Meinungen (Loerenthey ist der einzige Autor, der sich für den Dimorphismus bei einer Spezies aussprach) möchte ich meinen Standpunkt etwas näher begründen, umsomehr, als die Frage, wie sich aus Douvillés Worten ergibt, entwicklungs-geschichtlich von maßgebender Bedeutung ist.

Gegen Schellwien's spätere Ansicht will ich aus den von ihm bearbeiteten russischen Fusulinen die Maßzahlen der Anfangskammern der einzelnen Spezies zusammenstellen und auf die bereits veröffentlichten Mikrophotographien (R. Taf. XIII—XX) hinweisen:

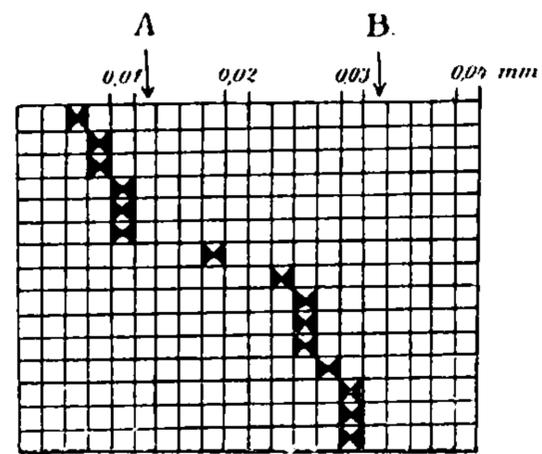


Fig. 54.  
Schema zur Veranschaulichung der Feststellung des Dimorphismus aus Dünnschliffen. In ein Quadratnetz sind in der Größenreihenfolge die gemessenen Durchmesser der Zentralkammern für eine Spezies eingetragen. In dem gezeichneten Falle liegt der wahrscheinliche Wert der Mikrosphären bei A, der der Makrosphären bei B.  
Zu Seite 151.

Übersicht über die Zentralkammern der Fusulinen des russisch-arktischen Bezirkes.

Spezies: <i>Fusulina</i>	Durchmesser der Anfangskammer.			Unregelmäßige Form.	Abbildungen (R, Tafel)				
					mikrosphärisch	makrosphärisch	abnorm groß		
<i>cylindrica</i>	0,15	—	0,23		XIII 5	XIII 1—4, 6, 7, 13			
<i>longissima</i>	0,2	—	0,45	große Zentral- kammern selten.	XIII 14	XIII 16, 19	XVIII 15, 20		
<i>minima</i>	0,05	—	0,08		XIII 23				
<i>Tschernyschewi</i>	0,15	—	0,2		XIV 1—3, 7—11				
<i>vetusta</i>	ca. 0,25					XV 8, 9			
<i>alpina var.</i>									
<i>rossica</i>							XVI 1	XVI 2	
<i>arctica</i>	meist recht klein	—	0,31	nicht selten.	XVI 6—8	XVI 5, 9			
<i>Verneuili</i>	?	—	0,27		XVII 4, 6	XX 11, 13, 14 XVI 11, XVII 1			
<i>Lutugini</i>	?	—	0,32		XVII 2, 3	XVII 7			
<i>subtilis</i>	0,17	—	0,25		XVIII 2, 3	XVIII 1			
<i>simplex</i>	?	— 0,2	0,37		XVIII 4, 5				
<i>prisca</i>	?	— 0,2	wesentlich größer.	zuweilen.	XVIII 7, 9—11 XIX 1, 2	XVIII 8 XIX 4			
<i>obsoleta</i>	†	— 0,1	0,17		XIX 5, 7				
<i>Krotowi</i>	0,15	0,25	0,45	zuweilen.	XX 1, 4, 5, 10		XX 7		
<i>Anderssoni</i>	0,17	—	0,23						

Die Tabelle läßt erkennen, daß bei einer ganzen Anzahl von russischen Spezies die Differenzen der Zentralkammergröße so stark sind und andererseits sich meist so deutlich um je zwei verschiedene Werte gruppieren, daß ein Zweifel an dem hier vorliegenden Dimorphismus nicht wohl möglich ist. Die Zahlenangaben habe ich nach Schellwien eingesetzt, um möglichst objektiv zu bleiben, obwohl Schellwien's Bestreben, Durchschnittsmaße zu geben, ihn vielleicht manchmal veranlaßt hat, auf die Schliffe, die infolge ihrer Orientierung hinter dem makrosphärischen Größenbetrag merklich zurückbleiben, mehr Wert zu legen, als ich es getan haben würde. —

Als ein Beispiel, wie schwer es ist, zahlenmäßig bei einer Spezies den Dimorphismus zu erweisen, will ich die relativen Maßzahlen oder Durchmesser anführen, die acht willkürlich herausgegriffenen Schliffe von *Fus. secalis*, die einen deutlichen Dimorphismus zeigt, ergaben. Die Maße sind innen

und außen genommen, um aus dem Betrage der scheinbaren Wanddicke auf die Schlifflage schließen zu können.

Die Zahlen ergeben folgendes Bild:

Äusserer	Durchmesser	Innerer
0,35		0,2
0,35		0,25
0,38		0,3
0,38		0,3
0,5		0,3
0,5		0,4
0,66		0,5
0,7		0,55

Da im allgemeinen der Wert des äußeren Durchmessers ziemlich exakt meßbar ist (vgl. Seite 11), wäre man zunächst versucht, aus der ersten Reihe einen Dimorphismus zu folgern, indem man als Mikrosphären die ersten vier Individuen mit einem wahren Werte von ca. 0,38 mm setzte, und als Makrosphären die letzten vier betrachtete, denen man eine größere individuelle Variationsbreite zugestehen müßte, die etwa zwischen 0,6 und 0,7 läge.

Die Betrachtung der zweiten Reihe zeigt zwar im ganzen, daß der erste Eindruck berechtigt war, würde aber für sich allein zu dem Schluß verleiten müssen, daß die ersten fünf Exemplare mikrosphärisch seien.

Der Vergleich beider Zahlreihen beweist wieder den größeren Wert der Messungen des äußeren Durchmessers und stellt sich als ein ziemlich scharfes diagnostisches Hilfswerkzeug dar. Die sehr ansehnliche scheinbare Wandstärke von 5. beweist, daß dieser Schliff so weit exzentrisch liegt, daß der äußere Durchmesser zu klein angezeigt ist; auch 7. und 8. legen diesen Verdacht nahe. Von den Werten 1—4. gilt das gleiche, während 6. relativ korrekt erscheint. Demnach ergeben sich drei Möglichkeiten:

- a) 1.—4. sind mikrosphärisch. Der äußere Durchmesserwert liegt etwa bei 0,4. 5.—8. sind makrosphärisch, mit dem Werte von ca. 0,55—0,75.
- b) 1.—4. sowie 6. sind mikrosphärisch mit dem Werte von ca. 0,5. 5., 7. und 8. sind makrosphärisch und — da 5. stark exzentrisch ist — haben den Wert von ca. 0,75.
- c) Schliff 6. ist seiner Lage oder seiner Art nach zu Vergleichen nicht geeignet. Die beiden Werte liegen etwa bei 0,4 und 0,75.

So wenig es mithin in jedem Einzelfalle möglich ist, eine völlig befriedigende Aussage zu machen, so wenig wird evtl. durch abnorme, sich nicht ohne weiteres als ungeeignet verratende Schriffe das Gesamtergebnis beeinflußt.

Als entwicklungsgeschichtliche Folgerung ist aus dem Gesagten der Satz abzuleiten:

Die Fusulinen zeigen hinsichtlich der Fortpflanzung keineswegs einen primitiven Typus gegenüber den geologisch jüngeren Foraminiferen, wie ja überhaupt die Untersuchung dieser paläozoischen Gruppe in keiner Weise prinzipielle Abweichungen von jüngeren (oder sogar rezenten) Formen ergeben hat. — Von

einem gewissen Interesse ist auch noch die relative Häufigkeit des Vorkommens der geschlechtlichen oder ungeschlechtlichen Generation bei den einzelnen Zweigen der Fusuliniden. Während man bei *Fusulina* s. str. vielleicht im allgemeinen von einem Vorwiegen der makrosphärischen Individuen sprechen kann, tritt bei *Schwagerina* s. str. die geschlechtliche Generation in solcher Häufigkeit auf, daß z. B. von der echten *Schwag. princeps* bisher noch keine Makrosphäre bekannt ist. Auch bei *Verbeekina* und den geologisch jüngeren Typen (mit Ausnahme von *Sumatrina*) sind die Mikrosphären (im Gegensatz zu *Douvillé's* Ansicht!) erheblich häufiger, wenn sich auch gerade hier zuweilen eine ganz besonders starke Größendifferenz gegen die Makrosphäre zeigt (Gigantosphäre?).

### III. Doppelschalen der Fusulinen.

Wenn *Rhumblér* für *Orbitolites* den Satz aufstellt: „Irgend welche Beschränkung in der Verschmelzbarkeit der *Orbitolites*-Schalen zu Doppelschalen läßt sich weder bezüglich des Alters der Tiere, noch bezüglich der Zugehörigkeit zur megal- und mikrosphärischen Generation, noch in einer andern Beziehung feststellen“, so ist diese These keineswegs unverändert auf *Fusulina* zu übertragen. —

Bezüglich der Priorität in der Erkenntnis der Verschmelzungsphänomene erscheint es mir geboten, auf *William B. Carpenters* umfassende, glänzend illustrierte „Monographie des Genus *Orbitolites*“ (1855) hinzuweisen, der sowohl in seinen Abbildungen (namentlich l. c. Tafel VII—IX) als im Text (l. c. Seite 222, Abs. 63) als Vorläufer *Rhumblér's* erscheint. Namentlich *Carpenters* Abbildungen bilden ihrer starken Vergrößerung wegen eine willkommene Ergänzung zu *Rhumblér's* Arbeit, deren hoher Wert natürlich in keiner Weise durch die Lücke des Literaturverzeichnisses beeinflußt wird. (Vgl. auch *B. Bradys* [l. c. 1888] Abbildungen und Text, sowie *H. Douvillé*.)

Zunächst muß hervorgehoben werden, daß sämtliche mir vorliegenden Doppelschalen bei *Fusulina*, ebenso wie alle unregelmäßigen Anfangskammern, die *Schellwien* in einer Notiz „excentr. Anfangsk. in manchen Querschn. wohl = Doppelschalen“ hierher rechnen zu wollen scheint, durchaus makrosphärisch sind. Es läßt sich demnach keine Angabe über die Möglichkeit mikrosphärischer Verschmelzungen machen. Ferner sind die Verschmelzlinge sämtlich in ganz jugendlichem Alter zusammengetreten. Praejugale, d. h. unbeeinflußt durch die erst später erfolgte Verschmelzung gebildete Umgänge sind so gut wie nie, praejugale Kammern nie mehr als nur einige wenige mit einer gewissen Deutlichkeit nachzuweisen.

Da die Fusulinen trotz ihrer (im Gegensatz zu der pelagischen, daher nicht provinziell, sondern weltweit verbreiteten *Schwagerina* s. str.) an die Litoralzone gebundenen Lebensweise nie Spuren einer Festheftung zeigen, vielmehr schon ihrer Symmetrieverhältnisse wegen durchaus als freischwimmende (oder höchstens am Grunde kriechende) Formen anzusehen sind, wären nach *Jensens* Untersuchungen nur die spontanen Jugendverschmelzungen möglich, die sich tatsächlich finden. So früh eintretende Zusammenfügung hat aber stets ein univalentes Weiterwachsen der Schale zur Folge. Der kunstvolle involute Schalenaufbau bei *Fusulina* läßt es keineswegs wahrscheinlich erscheinen, daß auch hier, wie es nach *Rhumblér's* Untersuchungen bei *Orbitolites* der Fall sein soll, die univalenten Doppelschalen zwei Individuen beherbergen, von denen jedes einen Teil der Schale baut (l. c. Seite 200—201 u. a.).

Im Gegenteil scheint mir das gelegentliche Vorkommen von unregelmäßigen und zuweilen ganz enorm großen, über das megalosphärische Maß weit hinausgehenden Zentralkammern den Schluß zuzulassen, daß wohl auch völlige Verschmelzungen der anfangs noch schalenlosen Jugendformen stattfinden mögen. Es würde sich dann von diesen Fällen zu Erscheinungen, wie sie Textfigur 55 und 56 zeigen, eine lückenlose Reihe hinziehen.

Die Sarkode beider Verschmelzlinge wird jedenfalls eine Einheit, die nach dem der Spezies entsprechenden Bauplan die Schale aufbaut. Diese „physiologische Einheit“ möchte ich also viel strenger fassen für *Fusulina*, als es R h u m b l e r (l. c. Seite 231 oben) für *Orbitolites* tut. So erklärt sich auch für *Fusulina* ganz einfach die sonst nicht ganz so leicht verständliche Tatsache, daß die Größe

der ausgewachsenen Doppelschalen nie über das Maximalmaß normaler Individuen herauswächst.

Zusammenfassend <sup>1)</sup> können wir uns drei Möglichkeiten denken: Wenn vor der Vereinigung beide Individuen noch schalenlos sind, wird die Zentralkammerschale kugelig, ist also von einfachen

makrosphärischen Individuen oft nicht, bzw. nur durch die Größe zu unterscheiden. Ist bereits soviel Schale gebildet, daß sie dem Zusammenschluß einen gewissen geringen Widerstand entgegensetzt, so muß eine anormale Zentralkammer entstehen, der man die Entstehung aus zwei Individuen in manchen Fällen (8-Form!) noch anzusehen glaubt. (Vgl. Textfigur 57 und 58). Haben beide Individuen bereits eine wirklich feste Zentralkammer,

dann bauen nicht beide je einen Teil der Schale, sondern die Schale wird von der vereinigten Sarkode entweder um eine Zentralkammer gebaut, so daß die andere nach Art eines Fremdkörpers umwallt wird, oder aber es werden beide Zentren gemeinsam eingemauert.

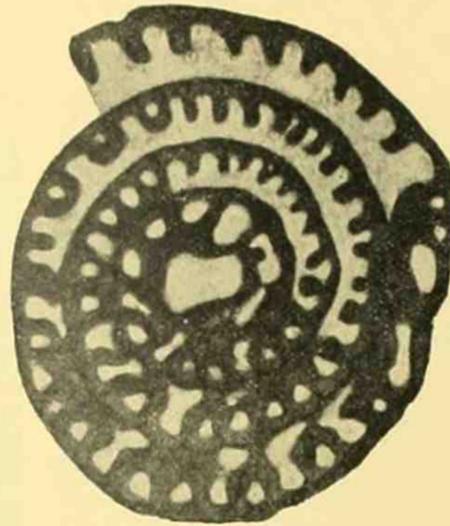


Fig. 55.

*Fusulina* Krotowi Schellw. (Vgl. Palaeontographica LV, 1908, Taf. XX 7 und DIM. Fig. 8.) Zeigt eine unregelmäßige Anfangskammer, deren Durchmesser 0,45 mm gegen 0,25 der makrosphärischen und 0,15 mm der normalen mikrosphärischen Individuen beträgt. (Vgl. l. c. p. 191.) Erst sehr spät nach einem reichlichen Umgange treten die normalen kleinen Septenabstände des Kammerungsbeginnes auf. Vergr. 1:20.

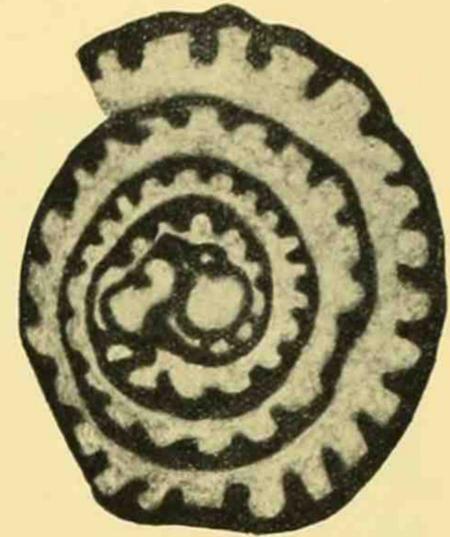


Fig. 56.

*Fusulina* kattaensis Schwag. aus der Salt Range. Vergr. 1:20. Die rechte innerste Anfangskammer hat die linke umwallt und dabei offenbar ihre Sarkode aufgenommen, da die postjugal gebildeten Kammern zuerst wieder Initialmerkmale aufweisen. (Ob die über den Verschmelzlingen sichtbaren 2—3 Kammern präjugal sind, ist sehr fraglich.) Vgl. DIM. Fig. 12.

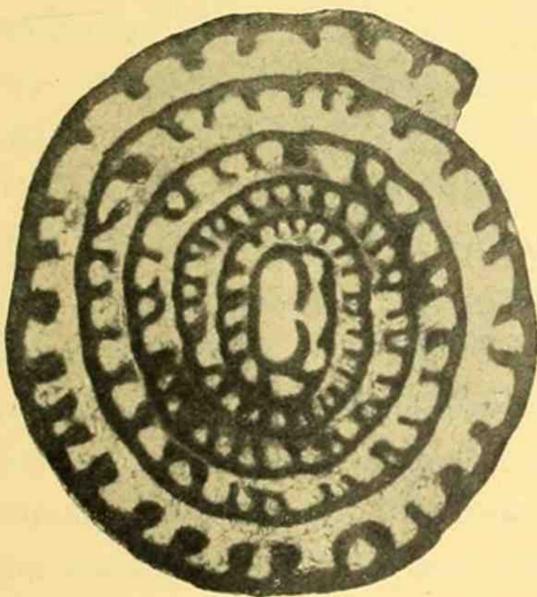


Fig. 57.

*Fusulina* granum - avenae Roem. zeigt die auf eine Verschmelzung hindeutende 8-Form der abnorm großen Zentralkammer. — DIM. 7.

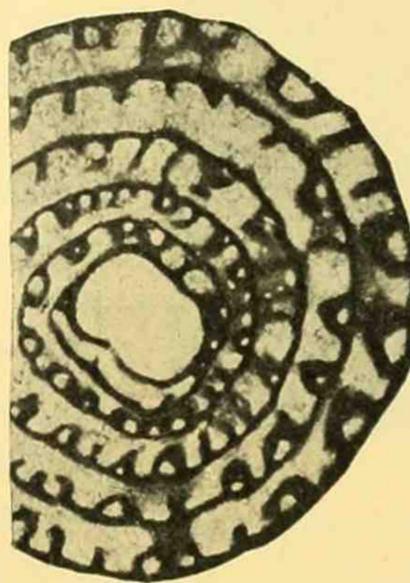


Fig. 58.

*Fusulina* tenuissima Schellw. Vergl. die Erklärung zu Textfigur 57. — DIM. 5.

<sup>1)</sup> Vergl. den entsprechenden Abschnitt in DIM.

Ob im ersteren Falle zuvor auch diese ausgeschaltete Anfangskammer ebenfalls noch einige wenige Kammern ansetzen, oder ob etwa auch *praejugal* die eine oder andere Kammer vorhanden sein kann, so daß später evtl. nicht gleichsam durch freiwillige Übereinkunft, sondern durch die Praevalenz des stärkeren Tieres erzwungen ein einheitlicher Bau entsteht, ist wohl nicht festzustellen.

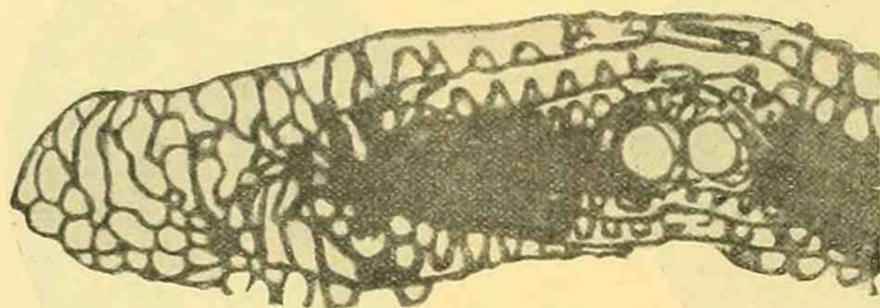


Fig. 59.

*Fus. longissima* v. Moeller vom Tzarewurgan (Wolga). Doppelschale. Vergr. 1:20. Die beiden vereinigten Zentralkammern haben gemeinsam eine dem normalen Bauplan der Spezies völlig entsprechende Schale aufgebaut. Der Schnitt liegt genau axial. Vgl. DIM. Fig. 10.

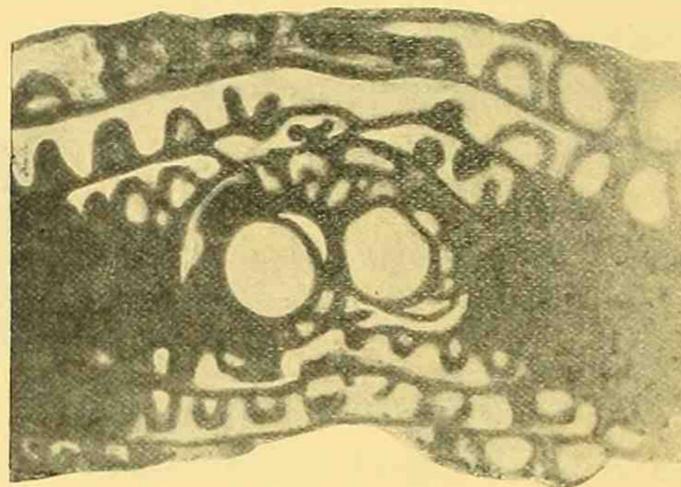


Fig. 60.

*Fus. longissima* v. Moeller. Ausschnitt aus Textfigur 59. Vergr. 1:60. Zeichnung auf Mikrophotographie.

Jedenfalls aber scheint Textfigur 59, 60 und 62 zu zeigen, daß auch, wenn beide Tiere schon präjugale Kammern besitzen, die anfangs sogar verschieden gerichtete Windungsaxen haben, durch die Vereinigung dennoch ein in strengerem Sinne univalentes Individuum entstehen kann. Die beiden Tiere wären demnach in eine Art von Plastogamie getreten zu denken und hätten als Einheit den

weiteren Bau geführt, ohne daß das eine präjugale Individuum als solches vom anderen, prävalierenden unterdrückt oder in dieses aufgenommen wäre.

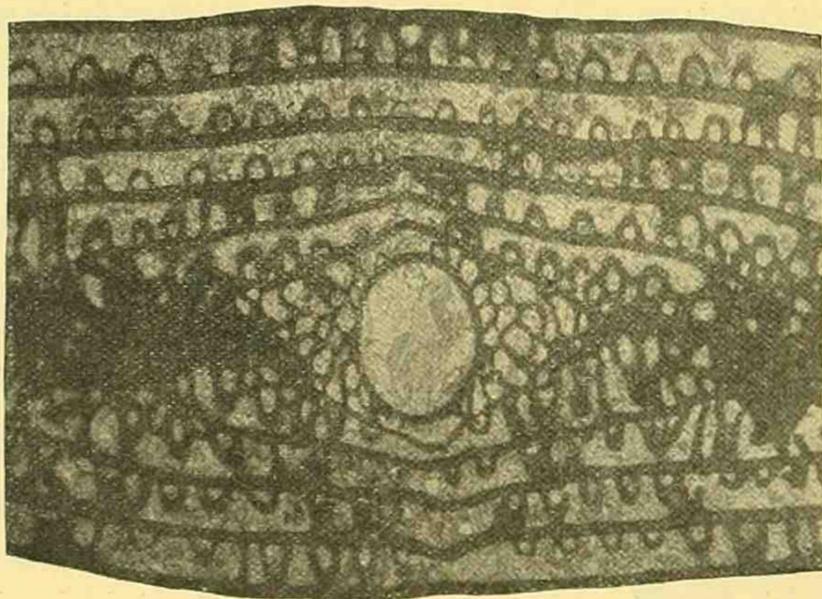


Fig. 61.

*Fusulina extensa* Schellw. Man. var. nov. californica. — (*Fus. tenuissima* var. *gigantea* Schellw. Man.) Ausschnitt aus einem Axialschliff (Vergr. 1:30). Die abnorm große Zentralkammer ist nach den Polen zu abgeplattet und steht darin mit allen bisher bekannten Fusulinen im Widerspruch. Es liegt nahe, dieses außergewöhnliche Individuum als Verschmelzungsphänomen aufzufassen. Vgl. DIM. Fig. 11.

Vielleicht ist ein Vergleich einiger der aufgeführten Erscheinungen mit Nummuliten möglich. Wenigstens scheinen äußerlich bei *Prever* (l. c. Taf. I 1, 2; IV 33, 38, 41, 43; V 3, 4, 12, 13, [21, 26]; VI 2, 5; VII 13 [VIII 10 und 15] u. a. m.) solche Fälle abgebildet zu sein (vgl. auch Textfigur 34 dieser Arbeit mit *Prevers* Taf. I 21). Im Text zu V 3, 4 heißt es von *Hantkenia subdiscorbina* de la Harpe: „Camera centrale piccola, bipartita, prima camera seriale semilunare“. In der Tat scheint diese Erscheinung bei mehreren Nummulitenarten die Regel zu sein. Die Annahme, die Zentralkammer teile sich hier vor Bildung der Umgangskammern in zwei gegeneinander, wie nach außen,

durch die Schale geschützte Hälften, würde wohl unwahrscheinlicher sein, als die einer Verschmelzung bereits etwas beschalteter Anfangskammern. — *J. Popescu-Voitesti* (l. c. Fig. 1) hat kürzlich „eine Zwillingserscheinung bei Numm. *Tchihatcheffi*“ abgebildet, die eine bemerkenswerte Ähnlichkeit mit Textfigur 60 zeigt.

Auch bei *Cribrospira*, *Bradyina*, *Endothyra*, *Fusulinella*, d. h. bei den mit *Endothyra* eng zusammengehörigen Formen finden sich derartige Unregelmäßigkeiten im Bau der Zentralkammer, die bei einigen Arten sogar fast als Regel aufzutreten scheint. (Vgl. v. M ö l l e r l. c. XXV 9, Taf. X, XII, XIII und l. c. XXVIII 5, Taf. V 1 a, b, 4 b, VII 6 sowie Text l. c. XXVII p. Seite 15, 18, 19, 23.) Bei Endothyren sind sogar meist mehrere „verschiedenartig aneinander gereihte kleine Kammern“ vorhanden (l. c. p. 19). Bei Schwagerinen, Verbeekinen, Doliolinen und Neoschwagerinen habe ich noch nie Doppelschalen gefunden, doch mag daran ebenso die relativ geringere Zahl untersuchter Schiffe, wie die so häufige Mikrosphärenbildung Schuld haben. Auch bei Alveolinen scheint eine spontane Jugendverschmelzung nicht selten zu sein. Die Abbildungen G. C h e c c h i a - R i s p o l i s in der *Palaeontographia Italica* XI, 1905, Taf. I 17, 24, 25; Taf. II 1—4 zeigen sehr interessante Verhältnisse, die die von H. D o u v i l l é betonte enge Verwandtschaft der Fusulinen und Alveolinen auch nach dieser Richtung hin zu stützen geeignet sind.

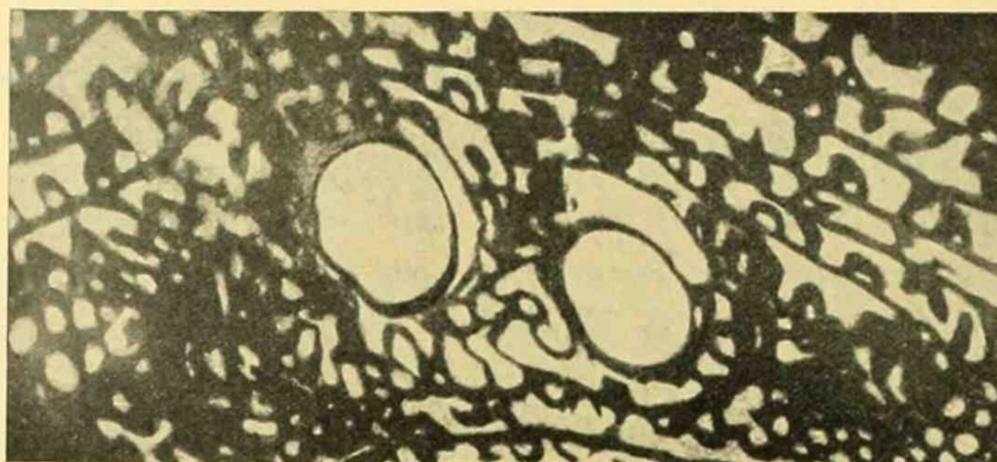


Fig. 62.

*Fusulina pailensis* Schwag. aus der Salt Range. Die Aufrollungsaxe hat sich etwas geändert, so daß die rechte Anfangskammer zuerst medial geschnitten ist. Vielleicht erklärt sich dies aus der offenbar vorhandenen geringen Prävalenz der linken. Eine „Stauwand“ (cf. Rhumbler 1902) ist nicht vorhanden, doch hat es eine Zeit gedauert, bis die fast als Fremdkörper wirkende rechte Zentralkammer völlig umwallt wurde. Der erste Umgang ist verhältnismäßig sehr hoch, und stark und regellos gefaltet. Vergr. ca. 60fach. Vgl. DIM. Fig. 13.

Somit würden sich folgende Sätze ergeben:

1. Schalenverschmelzungen können bei *Fusulina* auftreten, sind jedoch sehr selten und nur im frühesten Jugendstadium der Verschmelzlinge möglich.
2. Beobachtet sind bisher bei Fusulinen nur je zwei Verschmelzlinge gleicher (wohl makrosphärischer) Generation.
3. Auch bei anderen nahverwandten Formen oder durch Konvergenz im Schalenbau analogen Thalamophoren, z. B. Fusulinellen, Endothyren, sowie Alveolinen und Nummuliten, scheinen spontane Jugendverschmelzungen sich zu finden. Bei höher organisierten Formen scheinen dabei in der Regel meist nur je zwei Verschmelzlinge sich zusammenzuschließen.
4. Es entstehen bei Fusulinen stets univalente Doppelschalen. Die Univalenz ist schärfer ausgeprägt als bei *Orbitolites*, indem die gesamte Sarkode postjugal eine absolute physiologische Einheit darzustellen scheint und den Schalenbau einheitlich fortsetzt.
5. Je nach Alter, Größe etc. der Verschmelzlinge sind drei Fälle zu unterscheiden:
  - A. Die noch unbeschalten Anfangszellen verschmelzen so völlig, daß nur noch die abnorme Größe der Zentralkammer auf den Vorgang hinweist (Taf. II 1, 3, 7, 9, und Textfigur 61).
  - B. Die erst schwach beschalten Anfangszellen verschmelzen zu einer unregelmäßigen, abnorm großen Zentralkammer, bei der zuweilen die Form noch die Verschmelzung vermuten läßt (Taf. II 4, 5, 8 und Textfigur 55, 57 und 58).
  - C. Die beiden Anfangszellen haben bereits eine so feste Schale, daß die Sarkode sich nur außerhalb derselben vereinigen kann. Dann wird entweder:

- a) eine der beiden Zentralkammern zum Mittelpunkt der postjugalen Kammerung, die andere wird gleichsam als Fremdkörper umwallt („Prävalenz“, Textfigur 56), oder  
 b) Die gleichstarken Zentralkammern werden gemeinsam zum Mittelpunkt, d. h. der erste, sehr unregelmäßige, meist abnorm große Umgang sucht beide Anfangszellen zugleich zu umhüllen (Textfigur 59, 60 und 62).

#### IV. Einige Eigenschaften des Lebensbezirkes der Fusulinen.

Während das Material, das von den anderen Zweigen des Fusulinidenstammes bis jetzt vorliegt, noch nicht vollständig genug ist, um sichere Schlüsse über die Lebensverhältnisse zu gestatten (nur für *Schwagerina* dürfte eine pelagische Existenz als erwiesen gelten dürfen), dürfte das Bild, das sich in dieser Beziehung für *Fusulina* s. str. entwerfen läßt, durch weitere Funde nicht mehr wesentlich verändert werden können.

Schon bei der Besprechung der Schalenverletzungen ist darauf hingewiesen worden, daß die Fusulinenschichten so gut wie ausnahmslos primär wohl erhaltene, unzerbrochene, vollausgewachsene Individuen enthalten. Der daraus abzuleitende Schluß, daß der Lebensbezirk der Einwirkung von Ebbe und Flut sowie der Brandungswirkung entzogen war, und daß nur relativ wenig Feinde der Fusulinen vorhanden waren, wird stark gefestigt durch die geradezu ungeheuer zu nennende Menge, in der die Individuen auftreten. Eine Verfrachtung leerer Gehäuse erscheint ausgeschlossen, da neben der Güte der Erhaltung auch die Seltenheit anderer Fossilreste dageged spricht.

Es sieht fast so aus, als ob die Fusulinenplätze seinerzeit von anderen Lebewesen gemieden wurden. Nur ganz vereinzelt findet sich hier und da als größte Seltenheit ein *Productus*, ein *Bellerophon* oder ein *Crinoiden*-Stielglied, auch wohl ein *Trilobit*. Etwas häufiger erscheinen *Bryozoen* in gewissen Schichten (Guatemala). Einmal fand ich in dem Material, das ich Herrn Prof. W i m a n verdanke, eine sehr große *Auloporide* (Spitzbergen), in deren Zwischenräumen Fusulinen versteinert sind. Wenn auch diese Reste nur wenig Anhaltspunkte geben, so führt doch ein anderer Umstand ziemlich sicher ans Ziel:

Die Fusulinenschichten zeichnen sich im allgemeinen durch einen geringen horizontalen, aber starken vertikalen Fazieswechsel aus, indem zwar der gleiche Horizont sich über eine sehr weite Erstreckung hin verfolgen läßt, aber nach oben und unten zu oft sehr unvermittelt durch eine andere Gesteinsausbildung abgelöst wird. Zuweilen enthält ein Schichtenkomplex von an 100 m Mächtigkeit eine ganze Reihe von unter sich geschiedenen, nur je einige cm oder dem dicken eigentlichen Fusulinenbänken, in denen dieses Genus ausschließlich herrscht, während in den übrigen Lagen nur vereinzelte Exemplare in einer an *Metazoen* reichen Fauna auftreten. Diese Zwischenmittel enthalten meist eine reiche Brachiopodenfauna, in dem vor allem die Familien der:

Productiden (*Chonetes*,<sup>1)</sup> *Productus*, *Marginifera*);

Spiriferiden (*Spirifer*, *Reticularia*, *Syringothyris*, *Spiriferina*, *Spiriferella*,  
*Eumetria*, *Hustedia*, *Spirigera*, *Athyris*, *Seminula*);

Pentameriden (*Camarophoria*);

Rhynchonelliden (*Rhynchonella*, *Rhynchopora*);

Terebratuliden (*Dielasma*);

Strophomeniden (*Orthis*, *Orthothes*, *Derbyia*, *Meekella*, *Leptaena*, *Enteletes*)

<sup>1)</sup> Die häufigeren Formen sind gesperrt.

vertreten sind. Von Lamellibranchiaten sind (in Nord-Amerika, nach Girty u. a.) namentlich:

*Edmondia*, *Myalina*, *Ariculopecten*, *Limipecten*, *Allorisma*, *Chaenocardia*

als Fusulinenbegleiter zu nennen, zu denen an Gastropoden noch:

*Euphemus*, *Bellerophon*, *Euomphalus*, *Omphalotrochus*, *Straparollus* kämen.

Auch Korallen, namentlich:

*Tabulata*, *Zaphrentiden*, *Cyathophylliden*

sind ziemlich häufig.

Um ein Beispiel eines solchen vertikalen Fazieswechsels anzuführen, will ich kurz das Profil des uralischen Ufaplateaus, das ich bereits an anderer Stelle (R. Seite 153—155, 194) näher besprochen habe, wiedergeben, soweit es hier von Interesse ist.

Auf den 12 m mächtigen Korallenkalk ( $c \frac{1}{3} b$ ) der *Omphalotrochus*-Stufe, der auf ca. 48 m grauem Brachiopodenkalk ( $c \frac{1}{3} a$ ) lagert, folgt der Corahorizont ( $c \frac{2}{3}$ ). Dieser an 100 m mächtige Komplex zeigt eine sehr stark ausgeprägte Wechsellagerung von grauen, oft auch kieseligen Kalklagen, gelblichgrauem Mergel, dünnschichtigen Oolithen, lokal auch Brandschiefern, sowie Fusulinenkalken mit *Fus. Lutugini*, *Fus. Verneuli var. solida* und (wahrscheinlich) *Fus. alpina var. rossica*. So reich auch im übrigen die Fauna der Schichten ist, fällt doch die Armut an Korallen auf. Im Hangenden folgen 50 m der Schwagerinenstufe ( $c \frac{2}{3}$ ), die sich durch einen Reichtum an Korallen, namentlich zusammengesetzten, auszeichnet und neben einigen Brachiopodenbänken auch *Fus. Verneuli*, *Fus. Lutugini*, *Fus. Moelleri*, *Fus. Krotowi* und (?) *Fus. alpina var. rossica* sowie massenhaft *Schwagerina princeps* führt. Im wesentlichen finden sich weiße oder blaßgraue Kalke. — Den oberen Abschluß bildet die Artastufe ( $c Pg$ ), deren mergelige, korallenarme Schichten (?) *Fus. Krotowi*, *Fus. prisca var. artiensis*, sowie (?) *Fus. Lutugini* und (?) *Fus. Verneuli* enthalten.

Diese Schichtenfolge ist nur auf einem Kontinentalsockel denkbar, der durch Hebungen und Senkungen betroffen, Tiefenlagen von ca. 0 bis höchstens 200 m wechselnd aufweist. Während der *Omphalotrochus*-Brachiopodenkalk ( $c \frac{1}{3} a$ ) eine Seichtwasserbildung darstellt, die tiefer als 25 m in klarem, nur durch die Tiefenlage für Korallen ungeeignetem, küstennahem Meere sich absetzte, finden wir, daß zum Schluß dieser Stufe eine Hebung erfolgt sein muß, die den Seegrund in die für Korallenbauten erforderliche Höhe hob. Während der Corastufe muß ein häufiger, wenn auch im Ausmaß geringer Wechsel der Tiefenlage eingetreten sein, der von einem Absatz terrigener Sedimente begleitet wurde. Der unrein-kalkige, oft mergelig-schiefrige Charakter der Schichten würde für das Fehlen der Korallen ebenso verantwortlich gemacht werden können, wie der auf wechselnde Tiefenverhältnisse deutende starke, oft wiederholte Fazieswechsel. — Der Schwagerinenstufe entspricht ein Meer mit gleichmäßigeren Absatzverhältnissen. Die terrigenen Sedimente haben wieder aufgehört, und Korallenbauten dehnen sich weithin aus und deuten ebenso auf ein sehr flaches Meeresgebiet wie in der Cora-Zeit die Oolithbänke und die Brandschiefer. Der mergelige terrigene Charakter der bereits permischen Arta-Stufe vernichtet die Korallen und läßt in seinen teilweise konglomeratischen und sandigen, Landpflanzen und Brackwasserkonchylien führenden Schichten die letzten Fusuliniden bald erlöschen.

Alles in allem, im Vergleich mit den verschiedenen Rekonstruktionsversuchen der Meeresgebiete des Obercarbons und Perm (Frech, Lapparant, Koken), läßt sich mit einiger Bestimmtheit sagen:

Der südwesturalische Bezirk entspricht im Beginn des Obercarbons dem Küstenmeere der norduralischen Insel, deren Herausheben im weiteren Verlaufe des Obercarbon wiederholte Tiefen-

schwankungen veranlaßt und mehrfach zu einer verstärkten Zufuhr terrigener Sedimente führt. Das gleichzeitig stärkere Absinken eines nordsüdlich verlaufenden zentralrussischen Meeresstreifens löst im Beginn des Perm die dortige obercarbonische Fusulinen-Brachiopodenfauna durch pelagische Cephalopoden ab. Fusulinen gehen in Rußland nur am Uralrande und an der Basis des im Carbon gefalteten Donetzgebietes in die Arta-Stufe über. —

Nachdem ich an einem rein marinen Beispiele gezeigt habe, daß die Fusulinen in seichtem Meereswasser mit kalkigem Absatze sich finden und sowohl bei eintretender größerer Tiefenlage, als auch bei Zufuhr grobklastischer Sedimente verschwinden, wohl aber tonige Trübung des Wassers (im Gegensatze zu den Korallen) und geringes Aussüßen des Meeres vertragen, will ich an einem anderen Fundorttypus in aller Kürze die gleichen Schlüsse ableiten:

Das Mississippigebiet von Nordamerika, die karnischen Alpen, das Donetzrevier — drei Gebiete carboner Faltung — beweisen durch ihren beständigen Wechsel von kohlenführenden subterrestrischen und von Fusulinen führenden marinen Lagen deutlich die *L a n d n ä h e* und geringe, oft wechselnde Tiefenlage. Auch hier tritt lokal und zeitweise terrigene Trübung der Sedimente, sowie gelegentliche Brackwasserbildung ein, ohne die Fusulinen völlig zu vertreiben.

Den besten Beweis für die hier vorgetragene Anschauung, daß die Fusulinen *s. str. f l a c h e*, mehr oder weniger kalkig sedimentierende benthonische Meeresgebiete bewohnten, die bei geringer Tiefenänderung für die (etwas tieferes?) Seichtwasser liebenden Brachiopoden oder die an die obersten Wasserschichten gebundenen Korallen geeignete Wohnplätze boten, bietet neben einer Analyse jedes der einzelnen Fundorte unter Berücksichtigung des Gesteinscharakters die *V e r b r e i t u n g s k a r t e* (Koken l. c.). Hier sehen wir, daß wir es in der Tat nur mit den Kontinentalsockeln zu tun haben, und daß die Meeresteile in der Nachbarschaft carboner Faltungen bevorzugte Wohnplätze boten.

Ein zweites wichtiges Moment bei der Rekonstruktion der Fusulinenlebensbezirke ist die Frage nach den klimatischen Verhältnissen. Ich habe diesen Punkt an anderer Stelle bereits besprochen und möchte, da die hierhergehörigen allgemeinen Probleme noch innerhalb der geologischen Wissenschaft so wenig geklärt und so stark der Diskussion unterworfen sind, hier lediglich auf meine früheren Ausführungen verweisen (vgl. Zentralbl. f. Min. etc. 1908, Seite 698—703). Nur einige speziell die Fusulinen betreffenden Momente seien hier angeführt:

1. Irgend eine Plötzlichkeit der Entwicklung der Fusuliniden ist nirgends zu beobachten. Vielmehr zeigen die meisten Genera von der Obergrenze des Carbon bis zum Aussterben der letzten Neoschwagerinen in der oberen (?) Dyas zwar eine deutliche Weiterentwicklung, aber auch durch das Nebeneinander der verschiedenen Formen die Allmählichkeit dieser Vorgänge. (Vgl. auch H. Y a b e [l. c. p. 26—27]: A replacement of an older type by a younger seems never to have happened.)

2. Dafür, daß die Fusuliniden lediglich in ziemlich warmem Wasser zu existieren vermochten, spricht eine ganze Reihe von Umständen. Einmal ist ihre Entstehung in einer Zeit erfolgt, in der bis zum *P o l a r k r e i s* Korallen lebten, d. h. in der die Temperatur bis dorthin nie unter 20° sinken durfte. Ferner wechselten die fusulinenführenden Schichten sehr häufig mit Oolith- oder Korallenbänken, so daß die Annahme einer einigermaßen gleichen Temperatur für sie überaus wahrscheinlich ist. Die Wechsellagerung von *O o l i t h e n* weist auf Verhältnisse hin, in denen Calciumcarbonat im Meerwasser im Überschuß gelöst war und es daher kalkschaligen Foraminiferen erleichtern mußte, große Schalen zu bilden. Vor allem die intensive Verdunstung tropischer und subtropischer Küstengebiete ist für eine starke Anreicherung mit kohlenurem Kalk günstig. Für alle kalkassimi-

lierenden Organismen bieten vor allem die warmen Meere die geeigneten Bedingungen. Endlich weist der Vergleich mit den großen Thalamophoren der Gegenwart (und der Vergangenheit) mit zwingender Notwendigkeit für die Fusuliniden auf ein Milieu hin, das etwa den submarinen Plateaus von Florida entspricht. Allerdings dürfte bei den Fusuliniden der Lebensbezirk etwas ausgedehnter sein als bei den Korallen, da der Einfluß der Isochimenen wohl weniger für sie in Betracht kommen dürfte, als der der m i t t l e r e n J a h r e s w ä r m e, für die indessen ein Minimum von etwa 15—20° sicherlich nicht zu hoch angesetzt sein wird.

Auch de L a p p a r e n t (l. c. 1906, p. 990) zieht aus der Gleichförmigkeit der obercarbonen Fauna vom 82. Grade nördl. Br. bis Bolivia den Schluß, daß im Obercarbon der Äquator nicht in physiologisch wirksamer Weise wärmer war als die Polarregion, in der u. a. *Lithostrotion* dauernd eine Wassertemperatur von mindestens 20° anzeigen dürfte. — Von Interesse ist es, daß de L a p p a r e n t aus der Art des Wachstums der Pflanzen den Schluß zieht, daß das Klima der Kohlenbildung „très chaud et humide“ (l. c. p. 989) und ohne Jahreszeiten war. Bis zum 74. Grade nördl. Br. zeigt übrigens auch die Pflanzenwelt des Obercarbon eine vollständige Gleichförmigkeit der Spezies.

3. Alle mächtigeren organogenen Kalksedimente, die aus Zeiten mit Klimazonen stammen, sind tropisch oder subtropisch. Pachyodonten, Korallen (und auch *Globigerina*, *Orbitoides*, sowie die palaeogenen Genera *Nummulites*, *Lepidocyclina*, *Miliolina*, *Orthophragmina*, *Alveolina* u. a.) sind an hohe Temperatur gebunden, ebenso wie die rezenten Orbitoliten etc.

4. Ein Blick auf eine Karte der Verbreitung der Fusuliniden (die beste bisher gegebene Zusammenstellung findet sich bei E. K o k e n, N. Jahrbuch f. Min. etc. Festband 1907, Taf. XIX) zeigt uns einige Eigentümlichkeiten, die die Frage nach der Art und Intensität der „permischen Eiszeit“ etwas näher beleuchten.<sup>1)</sup> Wir sehen, daß auf der nördlichen Hemisphäre die Fusulinen an einer ganzen Reihe von Stellen am Polarkreise sich finden, einmal sogar bis zum 80. Grad hinauf sich polwärts verschieben (Spitzbergen). Die Annahme, daß golfstromähnliche Strömungen die zum Leben dieser Tiere erforderliche Wärme geliefert haben könnten, ist aus geographischen Gründen angesichts des beträchtlichen Areals der in Frage kommenden Gebiete wohl ausgeschlossen. Auch E. K o k e n hat bei seiner Rekonstruktion der Meeresströmungen diese Gegenden größtenteils mit k a l t e n Strömungen versorgen müssen. Allerdings ist es keineswegs sicher, daß die Fusulinen dieser Gegenden zur Zeit der permischen „Eiszeit“ dort gelebt haben. Immerhin aber ist für Wladiwostock und Alaska, Spitzbergen und die Tscheschkajabai ein Vorkommen von Formen gesichert, die wenigstens für die G r e n z e von Obercarbon und Perm bezeichnend sind. Noch für diese Zeit wäre demnach eine a l l g e m e i n e W ä r m e d e s M e e r w a s s e r s erforderlich. Für das Obercarbon ist ja überhaupt zu beachten, daß der geringeren Ausprägung der Klimazonen eine Abnahme der thermischen Differenzierung der Meeresströmungen entsprechen muß.

5. Nach dem Gesagten hätten wir diese Wärme als für ein etwa tropisches Klima bezeichnend anzusetzen. Vom Beginn des Obercarbons, von der Stufe des *Spir. mosquensis* an, müßte diese Temperatur annähernd gleichmäßig geherrscht haben. Kurz zusammengefaßt wäre nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnis vom Standpunkte des „Fusulinisten“, ohne Berücksichtigung anderer Gesichtspunkte, also folgendes über das Klima des Schlusses des Paläozoikum zu sagen:

Im gesamten Obercarbon ist das Klima einheitlich (ohne Ausbildung scharfer Klimazonen) ein tropisches oder subtropisches. Bis hinauf zum 80. Breitengrad herrschen

<sup>1)</sup> Das E Seite 701 Anm. erwähnte westfälische Vorkommen halte ich nach Besichtigung der Originalstücke (Geol. Landes-Anst., Berlin) nicht für glazial.

Temperaturverhältnisse, die mindestens dem heutigen Mediterrangebiet entsprechen. (Geographische Gesichtspunkte lassen es nicht recht zu, das Vorkommen von Spitzbergen auf warme Strömungen zurückzuführen). Auch an der Wende des Obercarbon zum Perm dauern diese Verhältnisse an. Trotz der naturgemäß noch dürftigen Kenntnis der arktischen Länder läßt die Verbreitung der Schwagerinen und der langgestreckten Riesenformen der Fusulinen des pazifischen Gebietes diesen Schluß als gesichert erscheinen.

6. Die Hypothese einer Verlagerung der Pole hat, wie auch E. K o k e n l. c. ausführt, viele Schattenseiten. Auch die Fusuliniden widersetzen sich einer solchen Umwälzung unbedingt. Es läge nämlich das *Doliolina-Neoschwagerina-Sumatrina*-Vorkommen Sumatras näher dem verlagerten Südpole,<sup>1)</sup> als irgend ein Vereisungszentrum! Außerdem lägen die Fundorte Guatemala (Chiapas), Texas, California, die eine etwa für die Untergrenze des Perm charakteristische Fauna zeigen, in unmittelbarer Nähe des in Mexiko zu suchenden nördlichen Gegenpols (vgl. A. P e n k, Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1900. p. 261 ff.).

7. Zusammenfassend wäre über die Frage der „permischen Eiszeit“ mithin folgendes zu sagen:

Die Verteilung der Fusulinenfundorte auf der Erde widersetzt sich nach Lage und Alter ebenso der Annahme einer Polverlagerung als einer allgemeinen Eiszeit im Perm.

8. Auch für die Frage der Tiefenlage des Lebensbezirkes ist die hier vertretene Anschauung, daß die *Fusulina* eines relativ hohen Jahresmittels zur Existenz bedurften, von Bedeutung:

Nur in flachen, küstennahen Meeresteilen sind selbst in tropischen Gegenden die geeigneten klimatischen Bedingungen für die großen kalkschaligen Foraminiferen der Gegenwart vorhanden.

## V. Ueber das Auftreten und Erlöschen der Fusulinen.

Unvermittelt treten die Fusulinen im Beginn des Obercarbon auf. Eine ziemlich große Zahl von Spezies und ein ganz enormer Reichtum an Individuen findet sich ziemlich gleichzeitig an den verschiedensten Teilen der Erdoberfläche ein und beteiligt sich in sehr erheblichem Maße an der Sedimentbildung. Ohne vorherige Anzeichen sterben die Fusuliniden im Perm aus, nachdem sie kurz zuvor noch durch das Auftreten zahlreicher, stark differenzierter Genera scheinbar den Beweis großer Entwicklungs- und Anpassungsfähigkeit geliefert haben. Das Problem des Aussterbens der Fusuliniden ist bis jetzt noch nicht völlig gelöst, und ihr Verschwinden nach einer kurzen Blüte, ihre weltweite Verbreitung ebenso wie der Reichtum an Formen fordert unwillkürlich zu einem Vergleich mit den ebenso arten- und individuenreichen, den Fusuliniden verwandten Nummuliten auf.

Zweimal im Laufe der Erdgeschichte gelangt fast unvermittelt ein Stamm der Foraminiferen in sehr eigenartiger Weise zu einer stratigraphischen Bedeutung, die ihnen im Reiche der Protisten eine Sonderstellung einräumt.

Von offenbar relativ kleinen und nicht ganz regelmäßigen Typen leiten sich sehr große Formen, teilweise wahre Riesen ihres Geschlechtes, ab, deren überaus komplizierter Schalenbau eine erstaunliche Symmetrie aufweist. Fusuliniden und Nummulitiden sind involut (eine Ausnahme bildet nur *Assilina*), und ihre medialen Sagittalschnitte gleichen sich in überraschender Weise. Häufiger Dimor-

<sup>1)</sup> Auch wenn man mit Frech (Lethaea 1901, Seite 627) den Südpol „nur“ um ca. 40° verlagert, ergeben sich unlösbare Schwierigkeiten. Vgl. E., Seite 702, Anm. 2 und 3.

phismus und manche andere Besonderheit des Schalenbaues sind beiden gemeinsam. Beider Auftreten bietet zudem auch in der ganzen sprunghaften Art des Erscheinens, des Welteroberns und des Erlöschens nach verhältnismäßig kurzer Blütezeit so viel Analoges, daß unwillkürlich die Frage sich aufdrängt, ob es nicht etwa ganz allgemeine erdgeschichtliche Faktoren seien, deren Wiederkehr zu zwei verschiedenen Zeiten das gleiche Phänomen hervorbringt. Und wirklich scheint sehr vieles für eine derartige Annahme zu sprechen:

Der Schluß des Palaeozoikums teilt mit dem Beginn des Tertiärs eine Reihe von Eigenschaften, die beiden Zeiträumen eine Sonderstellung zuweisen. Es handelt sich etwa um folgendes:

- a) Eine erdumspannende Gebirgsfaltung beginnt in der Mitte des Carbon wie an der Wende zwischen Kreide und Tertiär.
- b) In einer hierauf folgenden Zeit relativ hoher, auf der ganzen Erde ziemlich gleichmäßiger Temperatur entstehen mächtige Lager von Stein-, bzw. Braunkohlen. Die mit der Gebirgsfaltung einsetzende sehr intensive Verwitterung verwandelt die Silikate in gewaltigen Mengen in Carbonate (vgl. F r e e h, Zeitschr. Ges. f. Erdk. 1902, p. 690). Dazu kommt noch die ebenfalls höchst beträchtliche Masse des in früheren Perioden als Sediment gebildeten, jetzt gehobenen und der Verwitterung preisgegebenen Calciumcarbonats, das durch die Flüsse oder auch direkt durch die Brandungswirkung dem Meere zugeführt wird.
- c) Im Obercarbon wie im Eocän verbreitet sich plötzlich eine Foraminiferen-Gruppe weltweit und bildet durch den Kalk ihrer Schalen Sedimente von großer Mächtigkeit.
- d) Zu Beginn der Neodyas sind die Fusuliniden so gut wie vollständig verschwunden. Im Anfange des Oligocän erlöschen die Nummuliten gänzlich.

Es liegt nahe, etwa folgenden Zusammenhang der allgemeinen Vorgänge mit dem Schicksal der genannten Foraminiferengruppen zu vermuten: Die gebirgsbildenden Kräfte veränderten die Grenzen von Kontinenten und Meeren namentlich im Gebiete der K o n t i n e n t a l s o c k e l, die sowohl den echten Fusulinen wie den Nummuliten (sowie den paläogenen Lepidocyclinen, Miliolinen, Orthophragminen und Alveolinen) zur Wohnstätte dienten, wiederholt und erheblich. Dieser Wechsel der Lebensbedingungen beförderte die Artbildung. Das warme Klima gab die Möglichkeit zur Bildung mächtiger organogener Kalksedimente in flachen Meeresgebieten, in denen durch reiche Kalkzufuhr den Organismen die Schalenbildung besonders erleichtert wurde. Für diese Auffassung spricht auch der Umstand, daß die Fusulinenschichten fast stets wechsellagern mit den ebenfalls tropischen, viel-Kalk benötigenden Korallen und mit Oolithen, deren Entstehung ebenfalls nur in seichtem, kalkübersättigtem (warmem) Wasser erfolgen kann. Daß derartige Strandverschiebungen in warmem Klima die Entwicklung von kalkschaligen Foraminiferen mit sehr großer, regelmäßiger, mehr oder weniger involuter (resp. assilinenhafter — bei Festheftung? —) Schale begünstigen, scheint u. a. auch durch das Verhalten von *Orbitolina* (*O. lenticularis* und *O. concava*) bewiesen. Der Höhepunkt der Orbitolinen fällt in die Zeit der großen Transgressionen am Schluß der unteren Kreide. Ihr endgültiges Erlöschen im Cenoman erscheint als Folge des Abschlusses der dem Meere Calciumcarbonat zuführenden Strandverschiebungen und vielleicht auch vor allem der beginnenden A b k ü h l u n g, welche die Oberkreide charakterisiert. Ein Vergleich mit den gleichfalls in der Oberkreide aussterbenden, am Schluß der Unterkreide in voller Blüte stehenden Pachyodonten erscheint naheliegend. Wenn wir auch im Falle der Fusulinen und Nummuliten nach klimatischen Gründen des Ausstrebens suchen, so finden wir in der Tat, daß in der oberen Dyas ein Herabgehen der Wärme angenommen werden kann (vgl.

Fr e e h l. c. 1906, Seite 541), und daß auch wohl das Oligocän dem Eocän gegenüber eine geringe Wärmeabnahme aufweist.

Alle diese Erwägungen müssen vorläufig natürlich lediglich Vermutungen bleiben. Auch dürfte das Phänomen viel komplexer sein, als daß es einer so einfachen Lösung zugänglich sein könnte.

Unter den sicherlich außerdem noch beteiligten anderen Ursachen wäre vor allem wohl auch noch an das Vorhandensein derjenigen Tiere zu denken, denen die großen Foraminiferen als Nahrung dienen konnten. Vielleicht spielt das Zurücktreten bzw. Fehlen der Ammoniten und Trilobiten bei dem Fusulinen-Nummuliten-Phänomen gleichfalls eine Rolle.

Wenn somit auch diese Ausführungen keineswegs den Anspruch machen wollen, mehr als eine bloße Vermutung zu sein, oder mehr als einen Teil der vielleicht sehr mannigfachen Ursachen des genannten Problems zu berücksichtigen, so zeigen sie bis zu einem gewissen Grade vielleicht doch, daß M. Neumayr (Die Stämme des Tierreichs 1889. p. 197) etwas zu pessimistisch war, als er über diese Frage schrieb: „Welche Umstände diesen eigentümlichen Vorgang veranlaßt haben mögen, ist uns durchaus rätselhaft, und wir können uns nicht einmal eine vernünftige Möglichkeit der Erklärung denken“.

Ich habe diesen Abschnitt hier nur aufgenommen, um die Aufmerksamkeit auf eine Erscheinung zu richten, die interessant genug sein dürfte, um näher erforscht zu werden, als es mir bisher möglich war. In Ermangelung eines Besseren würde mein Erklärungsversuch immerhin bereits teilweise gestatten, einige Phänomene, deren Ähnlichkeit bisher übersehen, oder auch als zufällig oder unerklärlich betrachtet wurde, als in ihrer Gleichartigkeit kausal bedingt anzusehen und in den großen Zusammenhang der geologischen Entwicklung einzuordnen.

Kurz zusammengefaßt glaube ich, die stammesgeschichtliche Entwicklung der Riesenformen hochdifferenzierter, kalkschaliger Foraminiferen vor allem mit der Zufuhr großer Mengen kohlen-sauren Kalks in Küstenmeere tropischen Charakters, wie sie vor allem im Obercarbon (in der Mitte der Kreide) und im Eocän erfolgt sein dürfte, in Zusammenhang bringen zu können. (Vgl. auch John Murray und Robert Irving: On coral reefs & other carbonate of lime formations in modern seas, Proc. Royal soc. Edinb. 1890 XVII Seite 79—109.)

## Verzeichnis der im Text genannten und der abgebildeten<sup>1)</sup> Foraminiferen.

Die steilen Ziffern bedeuten die Textfiguren, die schrägen die Seiten, die römischen die Tafeln.

- |  |  |
|--|--|
| <p><i>Alveolina</i> 5, 7, 19, 56, 57, 64, 81, 85, 87<br/>           — cf. <i>ovulum</i> 44<br/>           — <i>decipiens</i> 18<br/> <i>Assilina</i> 86<br/> <i>Biloculina</i> 56<br/> <i>Bradyina</i> 81<br/> <i>Criboospira</i> 81<br/> <i>Dictyoconus</i> 56<br/> <i>Doliolina</i> 14, 35, 56, 57, 62, 63, 64, 65, 66,<br/>               75, 81, 86<br/>           — <i>lenida</i> 19, 20, 21, 22, 50, 53, 35, 36, 39, 62, 65<br/> <i>Endothyra</i> 56, 81<br/> <i>Fusulina</i><br/>           — <i>alpina</i> 25, 28, 32, 33<br/>           — — var. <i>antiqua</i> 14, 27<br/>           — — — <i>communis</i> 14<br/>           — — — <i>contracta</i> 14<br/>           — — — <i>fragilis</i> 14<br/>           — — — <i>rossica</i> 76, 83<br/>           — — — <i>vetusta</i> 76<br/>           — <i>alternans</i> 67<br/>           — <i>Anderssoni</i> 76<br/>           — <i>arctica</i> 76<br/>           — <i>artiensis</i> s. <i>Fus. prisca</i> var.<br/>           — <i>centralis</i> 30, 66<br/>           — — var. 51<br/>           — <i>complicata</i> 11, 14, 30<br/>           — <i>contracta</i> 29</p> | <p><i>Fusulina</i> <i>cylindrica</i> 32, 76<br/>           — <i>exigua</i> 25, 51, 75<br/>           — <i>extensa</i> 5, 30, II 7<br/>           — — var. <i>californica</i> 61, 4, 12, 30, II 9<br/>           — <i>granum avenae</i> 35, 57, II 5<br/>           — <i>incisa</i> 14, 26, 28, 30, 33<br/>           — <i>indica</i> 34, 12, II 6<br/>           — <i>Kattaensis</i> 56<br/>           — <i>Krafftii</i> 37, 12, 21<br/>           — <i>Krotowi</i> 55, 5, 26, 75, 76, 83<br/>           — <i>longissima</i> 59, 60, 76, II 8<br/>           — <i>Lutugini</i> 76, 83<br/>           — <i>medialis</i> 30<br/>           — <i>minima</i> 76<br/>           — <i>Moelleri</i> 26, 75, 83, II 2<br/>           — <i>montipara</i> 38, 51, 67, I 2<br/>           — <i>multiseptata</i> 1, 14<br/>           — <i>obsoleta</i> 4, 14, 16, 19, 21, 38, 39, 76<br/>           — <i>pailensis</i> 62, 12<br/>           — <i>prisca</i> 76<br/>           — — var. <i>artiensis</i> 25, 83<br/>           — <i>pusilla</i> 14<br/>           — <i>regularis</i> 14, 28, 29, 30<br/>           — cf. <i>regularis</i> Spandel s. <i>Fus. secalis</i> (16)<br/>           — <i>Richthofeni</i> 75<br/>           — <i>secalis</i> 7, 13, 23, 24, 52, 53, 4, 6, 12, 16, 25, 27,<br/>               20, 30, 33, 36, 38, 39, 54, 66, 67, 68, 70, 76, I 1, I 4<br/>           — <i>simplex</i> 32, 33, 38, 76,</p> |
|--|--|

<sup>1)</sup> Die Originalnegative zu Textfigur 11, 13, 23, 25, 29, 32—37, 45, 51—53, 55—62, sowie zu Tafelbild I 1, 4, 7, II 1, 3—10 fanden sich in Schellwiens Nachlaß vor (dagegen nicht 46, 48, I 6); in Schellwiens früheren Arbeiten waren bereits gedruckt 1, 2, 7, 8, 15 sowie I 2, 3, 5, II 2. Aus Yabes Arbeit ist reproduziert 9, 11, 22, 50, aus Schwager (*Palaconographica* XXX) 18, 44, aus Frechs *Lethaea* 19, 26, 49. Die Zeichnungen stammen teils von Dr. Löschmann (39), teils vom Verfasser (3—6, 9—12, 14, 16, 17, 20, 24, 27, 28, 30, 31, 38, 40—43, 45, 47, 54, 60).

*Fusulina subtilis* 70, 76  
— *tenuissima* 14, 36, 58, 30, 32, 43, 54, 57, II 1,  
II 3, II 4  
— *Tschernyschewi* 33, 71, 76, 13  
— *uralica* 4  
— *ventricosa* 4, 14, 19, 21, 22  
— *Verneuili* 22, 76, 83  
— — var. *solida* 26, 83, 15  
— *vulgaris* 33, 12, 75  
— — var. *globosa* 32  
— — var. 17  
*Fusulinella* 4, 7, 13, 14, 19, 21, 22, 56, 73, 81  
— *Loczyi* 67  
— *sphaeroidea* 67  
— *Struvii* 67  
*Girtyina* (Subgen.) s. *Fus. ventricosa*  
*Globigerina* 85  
*Hantkenia*  
— *subdiscorbina* 80  
*Lepidocyclina* 85, 87  
*Loftusia* 19,  
*Neoschwagerina* 5, 14, 35, 39  
— *craticulifera* 5, 21  
*Neoschwagerina globosa* 9, 18, 20, 21, 56,  
57, 66, 81, 86

*Nummulites* 56, 80, 81, 85, 86, 87, 88 (s.  
auch *Assilina*, *Hantkenia*).  
— *Tchihatcheffi* 80  
*Orbitoides* 85  
*Orbitolina* 19, 56, 87  
— *concava* 87  
— *lenticularis* 87  
*Orbitolites* 46, 47, 48, 50, 53, 54, 56, 57, 63  
64, 78, 79, 81  
*Orthophragmina* 85, 87  
*Polystomella* 47  
*Schwagerina* 4, 19, 24, 35, 40, 56, 59, 60,  
73, 75, 78, 81, 82  
— *fusiformis* 45  
— *fusulinoides* 2A, 14, 13, 25, 28, 29  
— *Oldhami* (?) 73  
— *princeps* 2BC, 8AB, 46, 49, 26, 29, 56, 59 60 78  
— *Verbeeki* s. *Verbeekina*  
— *Yabei* 48, 59, 67  
*Sumatrina* 14, 19, 39, 56, 64, 86  
— *Annae* 14, 20, 21  
*Triticites* (4) s. *Fus. secalis*  
*Verbeekina* 7, 21, 24, 35, 37, 40, 51, 55, 56,  
62, 65, 66, 75, 78, 81  
— *Verbeeki* 26, 39, 40, 51, 65, 16.

## Literaturnachweis.

Die nachfolgende Zusammenstellung macht keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll als ein Nachweis der wichtigsten einschlägigen Schriften die Benützung dieser Arbeit erleichtern.

- A n d r e a e, Referat über Rhumbler (1897). Neu. Jahrb. f. Min. etc., 1898 II, Seite 162.
- G. B e r t h o l d, Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.
- H. B. B r a d y, A Monograph of Carboniferous and Permian Foraminifera (the genus Fusulina excepted). Palaeontogr. Soc. London 1876.
- — Notes on a Group of Russian Fusulinae. Ann. and Mag. of Nat. Hist., 1876 IV ser. XVIII.
- E. v a n d e n B r o e c k, Etude sur le dimorphisme des Foraminifères et des Nummulites en particulier. Ann. Soc. géol. Belge I, 1874.
- O. B ü t s c h l i, Über die Struktur des Protoplasmas. Verh. naturhist. akad. Ver. Heidelberg, N. F. IV, 1889.
- W. B. C a r p e n t e r, On the Microscopic Structure of Nummulina, Orbitolites, and Orbitoides. Quart. Journ. geol. Soc. 1849/50 VI p. 21.
- — Researches on the Foraminifera, I—IV. Philos. Trans. Roy. Soc. 1856, CXLVI p. 181 und p. 547. — 1859/60 CIL p. 1. — 1860/61 CL p. 535.
- — On the Shell-Structure of Fusulina. Monthly Microsc. Journ. London III 1870, p. 180, Taf. XLV.
- Carpenter, Parker, Rupert Jones, Introduction to the Study of the Foraminifera. Ray Soc. London 1862.
- F. C h a p m a n, The Foraminifera: an Introduction to the Study of the Protozoa. London 1902.
- G. C h e c c h i a - R i s p o l i, Sopra alcune Alveoline eoceniche della Sicilia. Pal. Ital. XI 1905, p. 147—168.
- Y. D e l a g e e t E. H é r o u a r d, Traité de Zoologie concrète I „La cellule et les Protozoaires“. Paris 1896.
- H. D o u v i l l é, Sur la distribution géographique des Rudistes, des Orbitolines, et des Orbitoides. Bull. Soc. Géol. France, sér. 3, XXVIII 1900, p. 222—235.
- — Evolution et enchainements des foraminifères. L. c. sér. 4, VI 1906, p. 588.
- — Les calcaires à Fusulines de l'Indo-Chine. L. c. sér. 4, VI 1906 p. 576.
- — Sur la structure du test dans les Fusulines. Compt. rend. séance. Ac. Sci. Paris 1906.
- F r. D r e y e r, Die Prinzipien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung organischer Gebilde. Jenaische Zeitsch. f. Naturw. XXVI, 1892.
- — Die Pylombildungen in vergleichend anatomischer und entwicklungsgeschichtlicher Beziehung. Jena, G. Fischer 1889.
- G. H. T h. E i m e r u n d C. F i c k e r t, Die Artbildung und Verwandtschaft bei den Foraminiferen. Entwurf einer natürlichen Einteilung derselben. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie LXV 1899, 4.
- F r. F r e c h, Lethaea palaeozoica II 2, 1899, 3, 1901.
- H. B. G e i n i t z, Zur Geologie von Sumatras Westküste. Palaeontogr. XXII, Seite 399. 1876.
- G. H. G i r t y, Triticites, a new Genus of Carboniferous Foraminifers. Amer. Journ. of Sci. XVII 1904, p. 234.
- — The Guadalupian Fauna. U. S. Geol. Survey Professional Paper 58, 1908.
- M. G o r t a n i, Fossili rinvenuti in un primo saggio del calcare a Fusuline di Forni Avoltri (Alta Carnia occidentale). Riv. Ital. di Pal. 1903, IX.
- — Contribuzione a lo studio del paleozoico carnico I. Palaeontogr. Ital. XII 1906.

- — Sui metodi di determinazione delle Fusuline. Atti della Soc. Toscana di Sci. Naturali, Proc. verb. XVIII, 1909.
- R. Hertwig, Bemerkungen zur Organisation und systematischen Stellung der Foraminiferen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. X, 1876.
- — Über physiologische Degeneration bei Protozoen. Sitzber. Ges. Morph. und Physiol. München 1900, 1.
- Howchin, Presidential anniversary address to the Royal Society of South.Australia. Trans. R. Soc. 1897.
- G. van Iterson, Mathematische und mikroskopisch-anatomische Studien über Blattstellungen nebst Betrachtungen über den Schalenbau der Miliolinen. Jena 1907, 1—331.
- O. Jensen, Über individuelle physiologische Unterschiede zwischen Zellen der gleichen Art. Arch. Ges. Physiol. LXII 1895 Seite 172—200 (vergl. Seite 195).
- E. Koken, Indisches Perm und die permische Eiszeit. Neu. Jahrb. f. Min. etc., Festband 1907, Seite 446—546.
- A. Lang, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. Lief. 2 Protozoa. Jena 1901 (zweite Auflage).
- D. Lienu, Fusulinella, ihr Schalenbau und ihre systematische Stellung. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1898, Seite 409—419.
- J. J. Lister, Contributions to the Life History of the Foraminifera. Proc. Ray Soc. LVI 1894. — Philos. Trans. CLXXXVI 1895 B, p. 401.
- J. v. Loerenthey, Mikroskopische Untersuchungen der paläozoischen Gesteine. In „Wissensch. Ergebn. d. Reise d. Grf. B. Széchenyi in Ostasien“, Band III, 4. Budapest 1898.
- V. v. Möller, Die spiralgewundenen Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. Mém. Ac. Imp. Sci. St. Pétersbourg. VII sér. XXV, 9. 1878.
- — Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. L. c. VII sér. XXVII, 5. 1879.
- Munier-Chalmas et Schlumberger, Note sur les Miliolidées trematophorées. Bull. Soc. géol. France, sér. 3, XIII, 1885.
- J. Murray and R. Irving, On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas. Proc. Roy. Soc. Edinb. 1890, XVII, Seite 79—109.
- M. Neumayr, Die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse der schalentragenden Foraminiferen. Sitzber. K. K. Ak. d. Wiss., math.-nat. Cl. XCV, 1. 1887, Seite 156.
- — Stämme des Tierreiches. Wirbellose Tiere, Bd. I. Wien u. Prag, 1889.
- P. Prever, Le Nummuliti della Forca di Presta nell'Appennine Centrale e dei Dintorni di Potenza nell'Appennino Meridionale. Mém. soc. pal. suisse XXIX, 1902.
- L. Rhumbler, Die Perforation der Embryonalkammer von Peneroplis pertusus Forsk. Zool. Anz. 1894, Seite 457.
- — Entwurf eines natürlichen Systems der Thalamophoren. Nachr. d. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. 1895.
- — Über die phylogenetisch abfallende Schalen-Ontogenie der Foraminiferen und deren Erklärung. Verh. Deutsch. Zool. Ges. 1897.
- — Die Doppelschalen von Orbitolites und anderen Foraminiferen, vom entwicklungsmechanischen Standpunkt betrachtet. Archiv f. Protistenkunde I, 1902.
- — Der Aggregatzustand und die physikalischen Besonderheiten des lebenden Zellinhalts. Zeitschr. f. allgem. Physiol. I, 3. 1902.
- F. Schaudinn, Die Fortpflanzung der Foraminiferen und eine neue Art der Kernvermehrung. Biol. Centrbl. XIV, 1894.
- — Über den Dimorphismus der Foraminiferen. Sitzber. Ges. Naturf. Fr. Berlin 1895. V, Seite 87—97.
- — Über Plastogamie bei Foraminifera. Sitzber. Ges. Naturf. Fr. Berlin. 1895.
- E. Schellwien, Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. II Foraminifera. Palaeontogr. XLIV 1897.
- — Die Fusulinen des russisch-arktischen Meeresgebietes. (Herausgegeben von H. v. Staff.) Palaeontogr. LV 1908.
- R. J. Schubert, Vorläufige Mitteilungen über Foraminiferen und Kalkalgen aus dem damaltinischen Karbon. Verh. K. K. geol. R.-A. 1907, Seite 211.
- — Zur Geologie des österreichischen Velebit. (Nebst paläontologischem Anhang.) Jahrb. d. K. K. geol. R.-A. 1908, LVIII, Seite 345—386.

- M. S c h u l t z e, Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.
- F. E. S c h u l z e, Rhizopodenstudien. Arch. mikr. Anat. XIII.
- C. S c h w a g e r, Carbonische Foraminiferen aus China und Japan. In: v. Richthofen, China IV. 1886.
- — Protozoa. In: W. Waagen, Salt Range fossils. I Productus limestone fossils. — Mem. geol. Survey of India. Palaeontologia Indica XIII Calcutta 1887.
- S. S h i m i z u, Localities of Fusulina in the Province Shimotsuke. Journ. geol. Soc. Tokyo, 1896. III 31.
- C. S e m p e r, Reisebericht. Zeitschr. f. wiss. Zool. XIII 1863. (Seite 562/63, Taf. XXXVIII, Fig. 1 a—d, nicht XXXIX 7!)
- E. S p a n d e l, Die Foraminiferen des Permocarbon von Hooser, Kansas. N. A. Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg 1901.
- H. v. S t a f f, (siehe Einleitung Seite 4).
- E. S t r o m e r, Bemerkungen über Protozoen. Centralbl. f. Min. etc. 1906.
- V e r b e e k et F e n n e m a, Description géologique de Java et Madoura. Amsterdam 1896.
- W. V o l z, Einige neue Foraminiferen und Korallen sowie Hydrokorallen aus dem Obercarbon Sumatras. Geol. und Pal. Abh. Jena 1904, X, Seite 177—194.
- J. W a l t e r, Die Lebensweise der Meerestiere. Beobachtungen über das Leben der geologisch wichtigen Tiere. Jena 1893.
- H. Y a b e, On a Fusulina-Limestone with Helicoprion in Japan. Journ. geol. Soc. Tokyo, 1903/04, X 113.
- — A Contribution to the Genus Fusulina, with notes on a Fusulina Limestone from Korea. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo Japan. 1906, XXI 5.

---

Erst nach der Drucklegung dieser Arbeit erhielt ich von Herrn G. Dyhrenfurth ein Separat seiner soeben erscheinenden Schrift „Die Fusulinen von Darwas“ (Palaeontographica LVI.), die u. a. ein chronologisch geordnetes Literaturverzeichnis sowie einige allgemeinere Angaben über den Schalenbau (l. c. Seite 150—158) enthält. Namentlich die erste der vier Tafeln enthält einige recht instruktive stark vergrößerte Mikrophotographien.

---

# Tafel I.

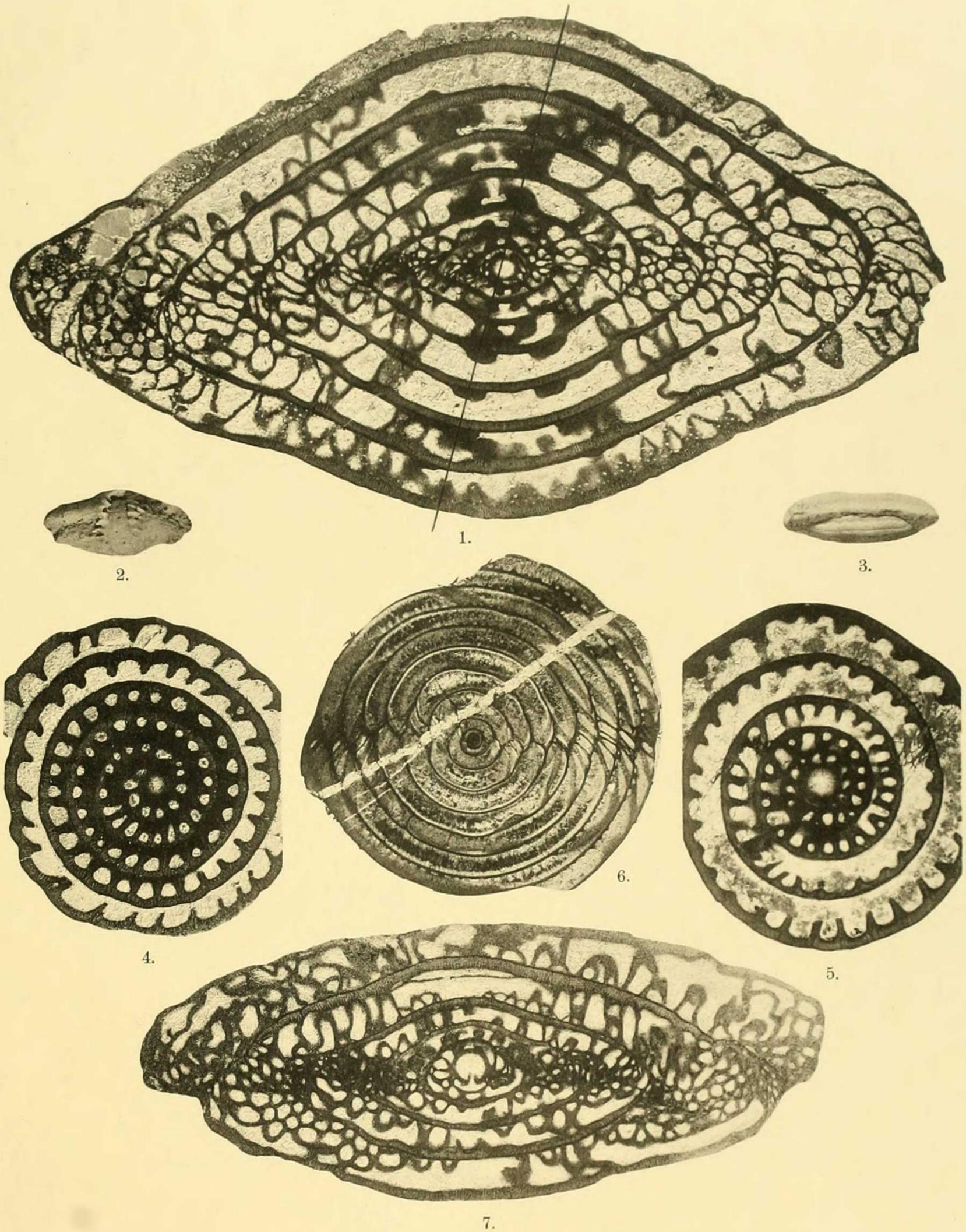
## Erklärung zu Tafel I.<sup>1)</sup>

- Fig. 1. Axialschliff von *Fus. secalis* (Kansas). Die schwarze Linie bezeichnet die Orientierung der Textfigur 23. Vergr. 1:18,7. (Vergl. Textfigur 3 für die Schlifflage!) Septenporen!
- Fig. 2. Außenansicht von *Fus. montipara* (Welikowo). Die Mundspalte ist beiderseits von je einer Reihe kurzer Leisten begrenzt, die einem stellenweisen festen Aufsitzen der Septen auf der vorhergehenden Kammerwand entsprechen und einen Ansatz zur Medialreifenbildung darstellen. Vergr. 1:6,7. (R. XIX, 8.)
- Fig. 3. Außenansicht einer *Fus. Tschernyschewi* (Timangeb.). Vergr. 1:6,7. (R. XIV, 4.)
- Fig. 4. *Fus. secalis*. (Originalschliff zu Schellw. Pal. XLIV, Taf. XXII 1. Die scheinbar durch nachträglichen Kalkansatz veranlaßten (von Schellwien auch so gedeuteten) Verdickungen der Septen in den inneren Umgängen sind lediglich eine Folge der Septenfältelung (vgl. Textfigur 16 a und b).
- Fig. 5. *Fus. Verneuili* var. (vgl. R. XX, 11). Der Schnitt liegt nicht genau zentral, daher zeigt die Zentralkammer keinen scharfen Innensaum (vgl. Textfigur 5), und die ersten Umgänge haben paarweise gegeneinander geneigte Septen. Die starke Zunahme der Mundspaltenbreite in den späteren Windungen bedingt dort das Auftreten von kurzen, radial gerichteten Septen.
- Fig. 6. *Verbeekina Verbeeki*, Axialschnitt (Sumatra). (Vgl. SCHW. VII, 5.)
- Fig. 7. *Fus. vulgaris* var. (Rußland). Die Zentralkammer ist im Porus getroffen. Der vorletzte Umgang oben zeigt sehr deutlich, daß hier die Wandung in der Nähe der Abbiegung eines Septums getroffen ist.

---

<sup>1)</sup> Soweit nicht anderes bemerkt ist, zeigen die Tafel-Abbildungen zwanzigfache Vergrößerung. Die Negative der Mikrophotographien befinden sich im geologischen Institute zu Breslau.

---

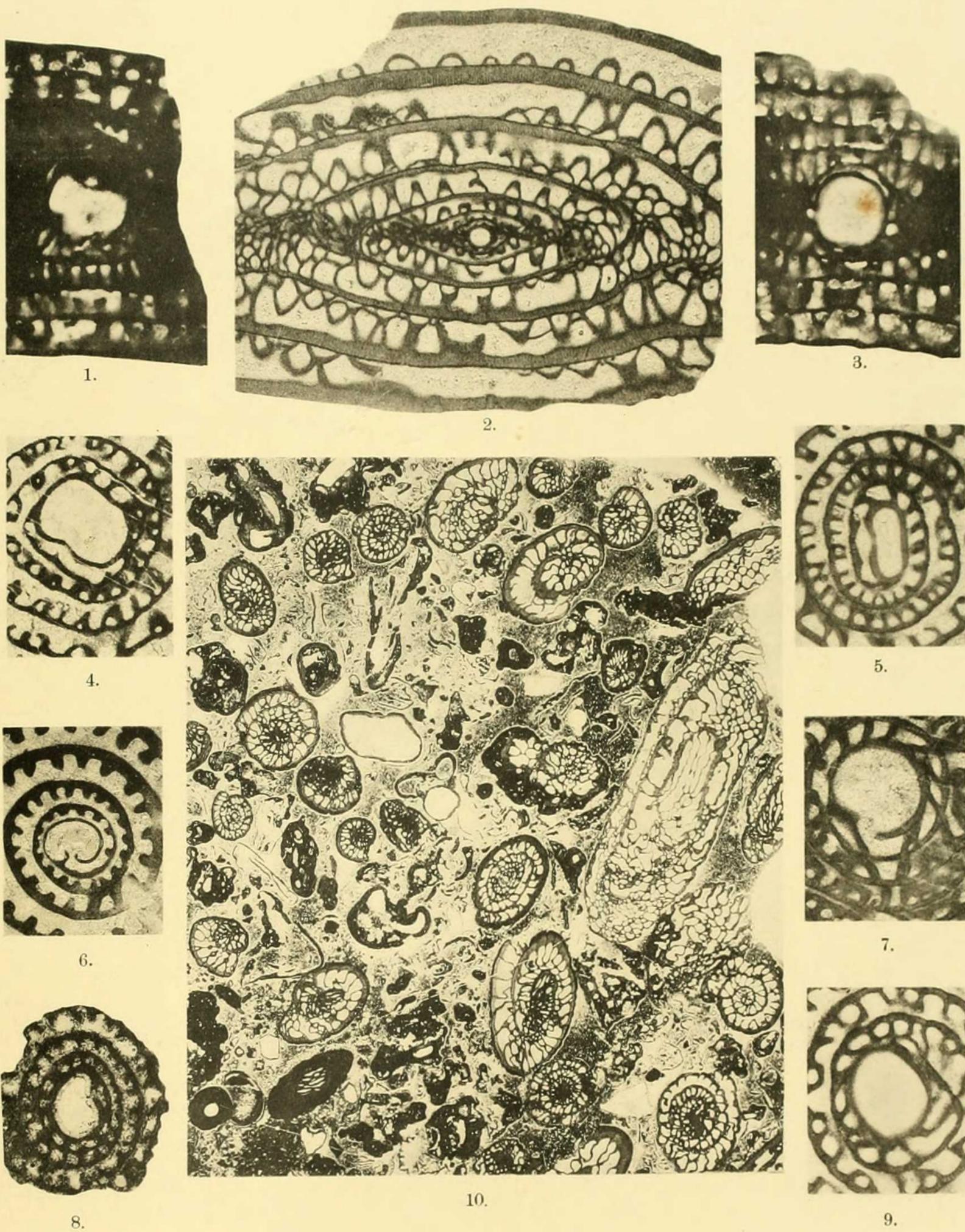


# Tafel II.

---

## Erklärung zu Tafel II.

- Fig. 1. *Fus. tenuissima* (Karn. Alpen). Die Zentralkammer zeigt abnorme Größe und Form. (Vgl. die Erklärung zu Fig. 7.)
- Fig. 2. *Fus. Moelleri* (Basrakowa) Axialschnitt. (Vgl. R. XIX 11.) Die wechselnde Wandstärke ist, wie besonders im vorletzten Umgange oben und unten deutlich zu sehen ist, eine Folge der Schlifflage in der Nähe einer Septenabbiegung.
- Fig. 3. *Fus. tenuissima* (Karn. Alpen). Der Schliff zeigt deutlich neben der abnorm großen Anfangskammer die erste Umgangskammer (unterhalb). (Vgl. die Erklärung zu Fig. 6.)
- Fig. 4. *Fus. tenuissima* (Originalschliff zu Schellw. Pal. XLIV, Taf. XIX, 8. — Vgl. DIM. 5 sowie Textfigur 58.) (Vgl. die Erklärung zu Fig. 6.)
- Fig. 5. *Fus. granum-avenae* (vgl. Textfigur 35 und DIM. 7). Die 8-Form der Zentralkammer deutet auf eine Verschmelzung hin. Ebenso läßt die abnorme Gestalt der ersten Umgangskammer erkennen, daß zu ihrer Bildung eine den Durchschnitt übersteigende Sarkodemenge zur Verfügung stand.
- Fig. 6. *Fus. indica* (vgl. Textfigur 34, sowie DIM. 1). Der genaue mediale Schliff zeigt Form und Größe der Zentralkammer und ihres Porus. Die Wand der Anfangskammer ist wabenlos.
- Fig. 7. *Fus. extensa* (Kl.-Asien) zeigt die für die Gruppe der *Fus. tenuissima* bezeichnende abnorm große, oft unregelmäßige Zentralkammer, wie sie auch Fig. 1, 3, 4, 9 sowie Textfigur 61 aufweisen.
- Fig. 8. *Fus. longissima* (Rußland). Unregelmäßige, sehr große im Porus getroffene Zentralkammer.
- Fig. 9. *Fus. extensa* var. (California). (Vgl. die Erklärung zu Fig. 7.)
- Fig. 10. Typisches Bild eines Gesteinsdünnschliffes von Fusulinenkalk. Vergrößerung ca. 1:6.7.
-



## **I n h a l t.**

### **Heft 56.**

**Revision des Systems der Chitonen.** Von **Joh. Thiele.** Mit 10 Tafeln und 5 Textfiguren. 1909.

### **Heft 57.**

**The Cranial Anatomy of the Mail-Cheeked Fishes.** Von **Edw. Phelps Allis jr.** Mit 8 Doppel-Tafeln. 1909.

### **Heft 58.**

**Die Anatomie und Physiologie der Fusulinen.** Von **Hans v. Staff.** Mit 2 Tafeln und 62 Textfiguren. 1910.

# ZOOLOGICA.

---

Original-Abhandlungen  
aus  
dem Gesamtgebiete der Zoologie.

---

Herausgegeben  
von  
Carl Chun in Leipzig.

---

== Zweiundzwanzigster Band. ==

1909—1910.

---

STUTTGART.  
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Dr. Sproesser.  
1910.