

# Über die heterogene Zusammensetzung der ehemaligen Gruppe Textulariina (Foraminifera)

Deutsche Übersetzung des Textteils und der Literaturangaben von:

Mikhalevich V.I. On the heterogeneity of the former Textulariina (Foraminifera) // Proc. 6 Intern. Workshop Agglutinated Foraminifera. Grzybowski Foundation Spec. Publ. 2004. V. 8. P. 317 to 349

VALERIA I. MIKHALEVICH

Zoological Institute

Russian Academy of Sciences

Universitetskaja nab. 1, 199034,

St-Petersburg, Russia [ mikha@JS1238.spb.edu ] und [ mikha07@mail.ru ]

Bemerkungen zur deutschen Übersetzung

Die Übersetzung erfolgte „Satz für Satz“, so daß in Zweifelsfällen die Korrektheit der Übersetzung leicht am englischsprachigen Original überprüft werden kann. Die Übersetzung ist jedoch nicht streng wörtlich, zum einen, weil dies die viel kompaktere englische Syntax nicht zuläßt, zum anderen, weil ein flüssig lesbarer deutscher Text angestrebt wurde. Die Namen der Taxa sind, unabhängig von ihrem Rang, unterstrichen, um die Lesbarkeit zu erleichtern; Gattungs- und Artnamen werden, wie üblich, kursiv wiedergegeben. Bei listenartigen Aufzählungen oder Vergleichen, wie sie im Text häufig vorkommen, wurde ein übersichtlicheres Layout verwendet.

Dr.G. Rosenfeldt

Mai 2009

## ZUSAMMENFASSUNG

Ein neues übergreifendes System der agglutinierten Foraminiferen wird vorgestellt, das fünf Unterklassen umfaßt (Astrorhizana, Ammodiscana, Miliamminana (= Schlumbergerinana), Hormosinana, und Textulariana), die zu fünf unterschiedlichen Klassen gehören (27 Ordnungen, 156 Familien, 147 Unterfamilien und 849 Arten). Hierbei werden die Foraminiferen als ein eigener Stamm (Phylum) betrachtet. Die taxonomische Signifikanz der verschiedenen taxonomischen Eigenschaften wird diskutiert. Im Gegensatz zur Mehrheit der angewandten Klassifikations-Schemata werden hier die grundlegenden Baueigentümlichkeiten des Gehäuses als wichtiger angesehen (Zahl der Kammern [eine, zwei oder viele], Art der Aufrollung, Form des Gehäuses und der einzelnen Kammern, Struktur und Lage der Hauptöffnung und der Nebenöffnungen, Vorhandensein oder Fehlen integrativer Systeme) als die Struktur der Gehäusewand – diese hat einen zwar wichtigen, aber untergeordneten Wert.

Die Formen mit unterschiedlich agglutinierten Gehäusewänden werden als Vorläuferstadien innerhalb der verschiedenen taxonomischen Linien angesehen, die dann ganz unterschiedliche Mikrostrukturen in den Kalkwänden ihrer fortschrittlichsten Vertreter aufweisen.

Aus diesem Grunde wird die alte Gruppe der Textulariaceae entsprechend der unterschiedlichen Morphologie in fünf Gruppen aufgeteilt. Die taxonomische Zusammensetzung jeder dieser Gruppen bis hinunter zur Art wird in einem vorläufigen Schema gegeben. Fünf neue Ordnungen (Plagioraphida, Sphaeramminida Mikhalevich & Kaminski, Loftusiida Kaminski & Mikhalevich, Nautiloculinida, Verneuilinida

Mikhalevich & Kaminski), fünf neue Familien (Cystamminidae, Vaniidae, Reophacellidae Mikhalevich & Kaminski, Agglutisolenidae, Duotaxidae, Crenaverneulinidae) und 15 neue Unterfamilien werden beschrieben (Praesphaerammininae Kaminski & Mikhalevich, diese Arbeit, Ovammininae, Caudammininae, Agardhellinae, Reophacellinae Mikhalevich & Kaminski, Pseudoreophaxinae Mikhalevich & Kaminski (mit den Typ-Arten *Pseudoreophax cisovnicensis* Geroch, 1961, non *Pseudoreophax* Suleymanov, 1963 – ungültig nach Loeblich & Tappan, 1987 (mit der Typ-Art *Pseudoreophax marginulinae* Suleymanov, 1963 (= *Adelungia* Suleymanov, 1966)), Vaniinae, Cylindroclavulininae, Trematophragmoidinae, Norvanganinae, Cribrobigenenerinae, Voloshinovellinae, Cribrobulimininae, Goesellinae, Vacuovalvulininae).

## EINFÜHRUNG

Bei den Foraminiferen ist die agglutinierte Gehäusewand primitiver und entstand früher als die vollständig durch Sekretion entstandene Wand. Folglich stellen Formen mit agglutinierter Wand ein niedrigeres Stadium der Entwicklung innerhalb der jeweiligen Gruppe dar. Um die Stellung der agglutinierten Formen innerhalb der Foraminiferen herauszuarbeiten, desgleichen ihre Verwandtschaftsbeziehungen zu den verschiedenen Taxa, müssen wir zunächst die ganze Gruppe untersuchen, um zu verstehen, wie sie organisiert ist. Außerdem müssen wir die taxonomische Bedeutung der verschiedenen Baumerkmale des Gehäuses neu bewerten und die verschiedenen Arten der Gehäusewände, wobei wir die Methoden der vergleichenden Morphologie heranziehen.

## ÄLTERE KLASSIFIKATIONEN

SCHULTZE (1854) war der erste, der die größeren Gruppen der Foraminiferen weitgehend nach der Zusammensetzung und Struktur der Gehäusewände unterteilte, wobei er dieses Baumerkmal höher bewertete als den Bau der Gehäuse selbst. Dieser Herangehensweise folgte später eine ganze Serie von Klassifikationen einschließlich der von REUSS (1862), SCHWAGER (1877), BRADY (1884), ferner folgten ihr die meisten modernen Klassifikationen bis hin zu dem bemerkenswerten Werk von LOEBLICH & TAPPAN (1964, 1987). Die Klassifikationen von LEE (1990), LEE et al. (2000) und einiger anderer Autoren, obwohl einige wertvolle Änderungen enthaltend, folgen immer noch dem Schema von LOEBLICH & TAPPAN. Obwohl die letztgenannten Autoren zugeben, die Verwendung des Zement-Types für die taxonomische Einordnung sei nur vorläufig, desgleichen das Vorhandensein oder Fehlen von Schalenkanälchen (Canaliculi), werden trotzdem alle vielkammerigen Formen mit agglutinierter Gehäusewand in der einen Ordnung Textulariida vereinigt.

Die Klassifikation von HAYNES (1981) scheint mehr geneigt dem morphologischen Ansatz zu folgen, jedenfalls wenn man nach den jüngeren Veröffentlichungen urteilt. Die Klassifikation der russischen Schule, angeführt von FURSENKO & RAUSER-CHERNOUSOVA (1959), obwohl der vorherrschenden Tendenz folgend, betonte doch in größerem Umfange die Bedeutung der Gehäusemorphologie.

In den breit akzeptierten modernen Klassifikationen werden die Foraminiferen entweder als Ordnung oder als Klasse betrachtet, die 12 Taxa enthalten (Unterordnungen bzw. Ordnungen) von gleichem Range. Diese Taxa werden nicht nur nach ihrer

Gehäusemorphologie unterschieden, sondern in großem Umfange nach der Ultrastruktur und Zusammensetzung der Gehäusewand: Allogromiina, Textulariina, Involutinina, Spirillinina, Miliolina, Silicoloculinina, Lagenina, Fusulinina, Carterinina, Robertinina, Rotaliina, Globigerinina). Später fügten LOEBLICH & TAPPAN (1992) vier neue Ordnungen hinzu (Astrorhizida, Lituolida, Trochamminida and Buliminida) und nahmen zwei ihrer vorherigen zurück (Involutinina and Silicoloculinina). Im Ergebnis besteht die Gruppe nun aus 14 Ordnungen, aber der systematische Ansatz der Autoren blieb derselbe.

Weitere taxonomische Arbeit wurde von KAMINSKI unternommen, dessen kolossales und notwendiges Werk (KAMINSKI (2000), KAMINSKI et al., (1995), GEROCH & KAMINSKI (1995), KAMINSKI & FILIPESCU (2000)) ihn in die Lage versetzte alle seit 1988 neu beschriebenen Gattungen und Familien agglutiniertes Arten taxonomisch korrekt einzuordnen. Der Wert dieses Werkes für den Taxonomen ist kaum zu überschätzen!

Parallel zu diesen Studien wurde ein neues Konzept der höheren Taxa der Foraminiferen entwickelt und vorgestellt, und zwar von MIKHALEVICH (1980, 1981, 1985, 1988, 1992, 1995, 2000), SAIDOVA (1981), VDOVENKO et al., (1993) und von RAUSER-CHERNOUSOVA et al., (1996).

Nach diesem neuen Konzept ist die Morphologie des Gehäuses entscheidend, der Plan der Gehäusestruktur, der mit der Funktion des ganzen Organismus verbunden ist, welcher sich bei den Foraminiferen im Skelett widerspiegelt und zugleich konserviert ist. Das Skelett ist die konservativste Struktur eines Organismus, und seine Form verändert sich viel weniger als seine chemische Zusammensetzung und seine Feinstruktur. Nach diesem Konzept bestehen die Foraminiferen aus einer kleineren Anzahl großer Gruppen gleichen Ranges – den Klassen Astrorhizata, Spirillinata, Miliolata, Nodosariata und Rotaliata (einschließlich der Unterklasse Globigerinana, welche ich in diesem Artikel, der sich nur mit den agglutinierten Formen befaßt, nicht behandeln werde). Alle diese Klassen enthalten Unterklassen, deren Vertreter agglutinierte Gehäusewände besitzen (Unterklassen Astrorhizana, Ammodiscana, Miliamminana (= Schlumbergerinana Mikhalevich, 1992), Hormosinana und Textulariana, entsprechend, Abb.1). Hierbei sind die wichtigsten morphologischen Eigentümlichkeiten der Vertreter der verschiedenen Unterklassen innerhalb derselben Klasse ähnlich.

Ferner gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Autoren hinsichtlich des taxonomischen Ranges der Gruppe der Foraminiferen: Der Rang reicht von dem der Ordnung über den der Klasse bis hin zum Stamm (Phylum). Ich betrachte die Foraminiferen als einen eigenen Stamm, weil sie sich von allen Protistenstämmen scharf unterscheiden und auch von den anderen Gruppen des alten Stammes der Sarcodina (MARGUILIS, 1974, MIKHALEVICH, 1980, STAROBOGATOV & MIKHALEVICH, 1985, MARUILIS & SCHWARZ, 1988). Schon früher habe ich in einer Serie von Veröffentlichungen (ab 1980) die Begründung dafür gegeben, die Foraminiferen als eigenen Stamm zu betrachten: Die Foraminiferen stellen eine hochspezialisierte und in ihrer Evolution weit fortgeschrittene Gruppe dar, die ein vielkammeriges, tief differenziertes, gewöhnlich aus Kalk bestehendes Skelett besitzt mit komplexen integrativen Systemen, die unter Protisten einzigartig und für einzellige Lebewesen ganz erstaunlich sind. Die Eigenarten der Reticulopodien, Gameten, Lebenszyklen und des Kernapparates (mit seiner Vervielfältigung der Kerne und des Genoms und dem Vorhandensein eines Kerndimorphismusses bei den höher entwi-

ckelten Formen) unterscheiden diesen Stamm ebenfalls von allen anderen Stämmen der Protisten. Die rRNA-Sequenzen der Foraminiferen unterscheiden sich von allen anderen bekannten rRNA-Sequenzen, und ihre SSU und rDNA-Sequenzen bestätigen ebenfalls, daß die Foraminiferen eine eigenständige monophyletische Linie der Protisten darstellen (PAWLOWSKI et al., 1997, PAWSLOWSKI, 2000).

## DISKUSSION

Bei Klassifikationen, die von den alten Vorstellungen ausgehen und der Wandstruktur und der Wandzusammensetzung ein besonders großes Gewicht beimessen, finden wir eine riesige Anzahl von agglutinierten Gehäusen, die frappierend gleichgestaltige Analogformen zu Formen mit ausgeschiedener Wand darstellen, mit letzteren gewissermaßen Paare bilden. Nur einige der besten Beispiele gibt Abb.2 wieder.

1.

Die Beispiele beginnen mit den einfachsten uniloculären Formen *Lagenammia* und *Pygmaeoseistron*, *Sacammina* (eine sehr interessante Art aus der Antarktis, beschrieben von MIKHALEVICH et al., 2000, die einen nadelförmigen Auswuchs an der Basis besitzt) und *Lagena* mit einem ähnlichen Auswuchs, bis hinauf zu den uniseriellen pseudogekammerten *Hormosinella* und *Grigelis*, *Polychasmina* und *Geinitzina*; Morphotypen der agglutinierten *Pseudopalmula* mit ungewöhnlich V-förmigen Kammern und der kalkschaligen *Kyphopixa*; und schließlich zwischen Formen mit einem ganz speziellen langen Auswuchs: die agglutinierte Form *Nouria* und den Polymorphiniden *Abdulevia* und *Palaeopolymorphina* (Abb.2:1-7).

2.

Diese Beispiele setzen sich fort zwischen planospiralen und trochospiralen pseudozweikammerigen Formen mit langer röhrenförmiger zweiter Kammer (*Ammodiscus* - *Spirillina*, *Arenoturrspirillina* - *Trocholina*) und fortschrittlicheren vielkammerigen Formen vermutlich derselben Linie (*Alpillina* - *Chapmanina* und einige andere; Abb.1, Abb.2:8-11).

3.

Solche Beispiele von Isomorphismus sind sehr eindrucksvoll zwischen Gehäusen mit wenigen (gewöhnlich 2) tubulären Kammern per Umlauf, sowohl bei agglutinierten Formen als auch bei Formen mit Kalkskelett und zugleich unterschiedlichen Windungsformen des Milionidentyps (Abb.2: 13-18) [den irregulär-glomeraten (*Schlumbergerina* - *Miliola*) und regulär-glomeraten Formen (*Dentostomina* - *Quinqueloculina*), den sigmoiden Formen (*Sigmoilopsis* - *Sigmella*), den planospiralen Formen (*Spiroglutina* - *Spiroloculina*) und den Formen mit Kombinationen der Windungsformen des Milionidentyps (*Pseudoflintina*, frühe Stadien quinqueloculin mit zwei Kammern per Umlauf, später planospiral mit drei Kammern per Umlauf – *Flintina*, frühe Stadien triloculin mit zwei Kammern per Umlauf, später planospiral mit drei Kammern pro Umlauf)] genau so wie in milioniden Formen mit weiten und zahlreicheren Kammern per Umlauf (*Trochamminoides* - *Hechtina*; Abb.2:18).

4.

In gleicher Weise sind unter den trochoiden Gattungen einerseits agglutinierte und andererseits kalkschalige multiloculare Analogformen wohlbekannt (Trochamminidae - Rosalinidae; Abb.2:12); planospirale Formen (Haplophragmoididae - Nonionidae;

Abb.1) und die monoaxialen Formen, die sich von ihnen ableiten (Ataxophragmiidae - einige Buliminiden; Abb.1) haben im Prinzip einen anderen Plan ihres Gehäuses als die vorangehenden Formen (Abb.1, Abb.2:12, Abb.3:7-12).

Die Liste solcher Beispiele kann beliebig verlängert werden. Derartige isomorphe Formen wurden als Ergebnis evolutionärer Konvergenz angesehen. Das Phänomen konvergenter Evolution ist bei zahlreichen ganz verschiedenen Organismengruppen bekannt, aber es kommt vielleicht nirgends so oft vor wie in der Gruppe der Foraminiferen. Es scheint, als hätten wir nahezu Spiegelbilder, die sich nur in ihrer Wandstruktur unterscheiden. Warum sind diese Formen einander so verblüffend ähnlich? Die isomorphen kalkschaligen Formen wurden schon vor langer Zeit in zahlreiche Taxa unterteilt. Ist es daher richtig alle agglutinierten Analogformen in einer einzigen Gruppe zu vereinen, einschließlich aller bekannter Morphotypen, wie dies kürzlich mit den Textulariina geschah (z.B. LOEBLICH & TAPPAN, 1987)? Ist es überhaupt möglich distinkte taxonomische Diagnosen zu erstellen, wenn die einzige Gemeinsamkeit im agglutinierten Charakter der Gehäusewand besteht? (bei der Unterteilung in die Ordnungen Astrorhizida, Lituolida und Textulariida ist es zwar möglich für die erste Ordnung eine klare Diagnose aufzustellen, aber die anderen beiden Ordnungen sind viel zu breit definiert).

Bei meinem Versuch, die ganze Gruppe der Foraminiferen zu verstehen, führte ich eine vergleichende morphologische Analyse aller Morphotypen durch, wobei ich das taxonomische Gewicht der Baueigentümlichkeiten des Gehäuses und der Schalenstruktur neu bewertete (MIKHALEVICH, 1980, 1981). Als Ergebnis dieser Analyse wurde allmählich deutlich, daß man gut definierte morphotaxonomische Gruppen aufstellen kann, die hier als Klassen betrachtet werden: Astrorhizata, Spirillinata, Miliolata, Nodosariata und Rotaliata. Jede dieser Klassen wiederum enthält Unterklassen mit agglutinierten Formen (s.o.).

Trotz der großen Formenvielfalt in jeder der Klassen ist es immer noch möglich die jeweiligen Haupteigentümlichkeiten zu skizzieren, wobei man die folgenden Kriterien anwendet:

1. Anzahl der Kammern.
2. Form der Kammern.
3. Wege der Kammerbildung, die zu den jeweiligen Arten der Kammerverbindungen führt.
4. Gehäuseform und vorherrschende Art der Windungsbildung.
5. Form und Lage der Hauptöffnung.
6. Entwicklung der Strukturen innerhalb der Öffnung.
7. Entwicklung integrativer Systeme des Öffnungsapparates.
8. Vorhandensein oder Fehlen zusätzlicher Öffnungen.
9. Vorkommen zusätzlicher Skelettplatten.
10. Vorkommen oder Fehlen integrativer Systeme des Gesamtgehäuses.

Wir wollen nun die Ausbildung aller dieser Baumerkmale in den folgenden Klassen betrachten, wobei jede dieser Klassen auch Unterklassen mit agglutinierten Arten umfaßt.

### **Anzahl der Kammern und charakteristische Kammerform**

Astrorhizata: Gehäuse uniloculär, selten pseudogekammert, Kammern gewöhnlich rund, tubulär oder irregulär geformt. Einige Vertreter dieser Klasse dürften tatsächlich zu anderen Protistengruppen gehören, wie dies für *Syringamina* (TENDAL, 1979), *Pelosina* (MIKHALEVICH & VORONOVA, 1999) und einige andere Gattungen gezeigt wurde.

Spirillinata: Gehäuse pseudo-zweikammerig mit langer tubulärer zweiter Kammer, oder davon abgeleitet vielkammerig, oft mit erhaltenem initialen tubulären Teil (in vielkammerigen Formen sind die Kammern isomorph, sensu HOTTINGER, 2000).

Miliolata: Gehäuse vorwiegend vielkammerig, uniloculäre sind die Ausnahme, pseudo-zweikammerig gibt es ebenfalls. Bei den vielkammerigen Gehäusen sind die Kammern meistens tubulär, die Zahl per Windung ist gering (2-3); oder die Kammern sind weit; bei einigen Gehäusen mit weiten Kammern ist eine initiale tubuläre Flexostyle oft vorhanden.

Nodosariata: Das Gehäuse kann uniloculär sein (bei den Lageniden, welche ich nicht als sekundär uniloculär betrachte, genau so wie bei ihren agglutinierten Analogformen, den Saccamminiden), gewöhnlich ist es jedoch vielkammerig; Kammern subsphärikal, isomorph, oft von einer speziellen V-Form, die man in keiner anderen Gruppe antrifft.

Rotalia: Gehäuse ausschließlich vielkammerig, Kammern isomorph, tubuläre Kammern fehlen.

So sehen wir unter den vielkammerigen Gehäusen der Spirillinata und Milionata das Vorherrschen tubulärer Kammern, bei den Nodosariata das Vorhandensein spezieller V-förmiger Kammern und bei den Rotalia das Vorherrschen isomorpher Kammern. Diese Baumerkmale, charakteristisch für jede Klasse, findet sich auch in jeder der beiden Unterklassen jeder dieser Klassen.

## **Wege der Kammerbildung**

Es gibt zwei Möglichkeiten der Kammerbildung:

- a. Pseudokammern – gebildet durch kontinuierliches Wachstum, wobei das schon gebildete Kammerlumen nachträglich unterteilt wird.
- b. Echte Kammern – neu gebildete Einheiten als Ergebnis neuen Wachstums.

Diese beiden Arten der Kammerbildung führen zu unterschiedlichen Kammerverbindungen (MIKHALEVICH, 1981).

Astrorhizata: Ausschließlich Pseudokammerung.

Spirillinata: Beide Arten der Kammerbildung kommen vor, vorherrschend ist die Pseudokammerbildung.

Milionata: Beide Arten der Kammerbildung kommen vor, vorherrschend ist die echte Kammerbildung.

Nodosariata: Pseudokammerbildung ist sehr selten, die echte Kammerbildung überwiegt bei weitem.

Rotaliata: Ausschließlich echte Kammerbildung. Unechte Kammerbildung kommt nur zusätzlich vor, wobei Kämmerchen innerhalb schon vorhandener Kammern gebildet werden.

### **Vorherrschende Art der Windungsbildung**

Die Art der Windungsbildung pseudo-zweikammeriger und vielkammeriger Arten liefert die Form des Gehäuses:

Spirillinata: Windungstyp irregulär-glomerat, planospiral (oft in Kombination mit dem glomeraten Typ) oder trochospiral.

Milionata: Windungstyp vorherrschend irregulär oder regulär-glomerat oder planospiral, oft kombiniert. Der trochospirale Typ ist die Ausnahme (z.B. *Fisherinella*). Dieser Typ der Windungsbildung ist für die Milionata derartig ungewöhnlich, daß ich die Ultrastruktur der Gehäusewand untersuchte, um festzustellen, ob diese Formen wirklich zu den Milionata gehören (MIKHALEVICH et al., 1988).

Nodosariata: Der vorherrschende Gehäusotyp ist verlängert-uniserial und monoaxial, manchmal biserial und planospiral, zusätzlich polymorphinoide und plectofrondicularioide Gehäusetypen. Trochoide Windungsbildung kommt so gut wie gar nicht vor.

Rotaliata: Ausschließlich planospirale und trochospirale Formen, zudem monoaxiale Formen, die sich von den erstgenannten ableiten (meistens bi- und triserial). Das Vorherrschen der einen oder anderen Art der Windungsbildung ist ähnlich zwischen Unterklassenpaaren innerhalb ihrer jeweiligen Klasse.

### **Form und Lage der Hauptöffnung**

Die Form und Lage der Haupt- und Nebenöffnungen (anfangs terminal oder areal oder basal, Abb.4), die Entwicklung innerer Öffnungsstrukturen und integrativer Öffnungssysteme, ist das wichtigste und schlüssigste Charakteristikum der Beschreibung der Klassen der Foraminiferen (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 1-6). Sie dienen als Schlüsselemente für die Unterscheidung der Klassen.

Astrorhizana: Öffnung kann fehlen, kann von irregulärer Lage und Form sein, oder ist von vornherein multipel. Eine einfache Öffnung bei gestreckten Formen ist terminal (MIKHALEVICH, 1995, MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 1, Abb.2, 5, 6, 8, 13-16; Abb.1 dieser Veröffentlichung).

Der genau gleiche Bau der Öffnungen zusammen mit der Ähnlichkeit der Gehäuse von Exemplaren, welche die Tektinwand der Unterklasse Lagynana (= Allogromiina) besitzen, veranlaßte mich, beide Gruppen in einem einzigen Taxon zu vereinen, der Klasse Astrorhizata (MIKHALEVICH, 1999, MIKHALEVICH et al., 2000). Dies ist in Übereinstimmung mit der Meinung von LOEBLICH & TAPPAN (1987) und meiner älteren Position, beide Taxa seien gleichrangig zu betrachten.

Spirillinata: Öffnung terminal, am Ende der Röhre, wobei trochoide und besonders fortschrittliche vielkammerige Gehäuse die Tendenz zur Verlagerung auf die Umbilikalseite zeigen. Bei den primitiveren agglutinierten Formen (Unterklasse Ammodiscana) ist die Lage stets terminal (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 1; Abb.17-24; und Abb.1 und 2 dieser Arbeit).

Miliolata: Öffnung in beiden Unterklassen (Miliamminana und Miliolana) stets terminal. Selbst bei aufgerollten Formen wie *Fisherinella*, ferner bei den Peneropliden und Alveoliniden ist die Öffnung terminal und nicht mit der Basis der Aperturfläche verbunden (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 2; und Abb.1, 2 und 3:3-11 dieser Arbeit).

Man beachte den Unterschied der Lage der Öffnung zwischen den trochospiralen Formen der Miliolana (*Fisherinella*) und den Textulariana (*Trochammina*) (Abb.3:11a-11b).

Nodosariata: Öffnung in beiden Unterklassen (Hormosinana und Nodosariana) stets terminal (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 3; und Abb.1, 2:1-7, 3:1-2 dieser Arbeit). Selbst bei aufgerollten Formen bleibt die Stellung terminal. Dieses Baumerkmal ermöglicht z.B. die Unterscheidung der Vertreter der Lenticulininae von eingerollten Vertretern der Gruppe der Rotaliina mit basaler Öffnung. Dem entsprechend ist es auch erforderlich, agglutinierte planospirale Formen mit einer Öffnung, die gegenüber dem Gehäuse um einen Winkel versetzt ist, aus den Textulariana auszugliedern und den Hormosinana zuzuordnen.

Rotaliata: Öffnung basal in beiden Unterklassen (Textulariana und Rotaliana) an der Basis des Aperturfeldes (Abb.4:2a-e, 3a), zumindest anfänglich. Bei einigen monaxialen Formen wird die Öffnung sekundär terminal (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 4 und Abb.1, 2:12, 3:7-12 dieser Arbeit). Der Wechsel der Position der Öffnung bei dieser Linie ist unauflösbar mit der tiefen Änderung der Gehäusearchitektur verknüpft (Abb.3:11b).

## **Spezielle Öffnungstypen und Innenstrukturen der Öffnungen**

Astrorhizata: Innere Öffnungsstrukturen sind nicht entwickelt. Die einzige Innenstruktur, die für diese Gruppe erwähnt wird, ist eine entosolenische Röhre der Gattung *Ovamina* (agglutinierte Gehäuse). Basierend auf diesem Befund (derartige Röhren sind charakteristisch für die Nodosariata) und basierend auf den morphologischen Ähnlichkeiten der Saccaminiden und Lageniden, wurden die Saccaminiden von den Astrorhizana zu den Hormosinana gestellt (MIKHALEVICH et al., 2000).

Spirillinata: Es sind in beiden Unterklassen keinerlei Innenstrukturen der Öffnungen ausgebildet, allerdings sind bei hochentwickelten kalkschaligen vielkammerigen Formen gelegentlich externe Platten spezieller S-Form und T-Form vorhanden (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 1, Abb.17-24 und Abb.1 dieser Arbeit).

Milionata: Bei den hochentwickelten Formen sind singuläre Innenzähne oder sich von diesen ableitende komplexe Zahnstrukturen in beiden Unterklassen (Miliamminina und Miliolana) gut ausgebildet (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001,



Tafel 2, Abb.6 und Abb.1, 3:3-4 dieser Arbeit). Ein derartiger Öffnungsapparat kommt in keiner weiteren Klasse oder anderen Taxa der agglutinierten Formen vor.

Nodosariata: Hier kommen spezielle radiale Öffnungstypen vor (manchmal mit inneren radialen Rippen), asymmetrisch geschlitzte Öffnungen, ferner werden Öffnungen mit entosolenischer Röhre und mit zusätzlichen Ampullen angetroffen. Die ersten drei Typen kommen auch bei den Hormosinana vor (radial mit Innenrippen bei *Nodosinum*, asymmetrisch geschlitzte Öffnung bei *Cuneala*, Öffnung mit entosolenischer Röhre bei *Ovammima*) (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001, Tafel 3 und Abb.1, 2:1-2 dieser Arbeit).

Wiederum erkennen wir die profunden Übereinstimmungen zwischen agglutinierten Formen und ihren kalkschaligen Analoga derselben Klasse. Diese Öffnungstypen werden in keiner anderen Gruppe agglutiniertes oder kalkschaliger Foraminiferen angetroffen und setzen somit die Hormosinana scharf von den Lituoliden ab.

Rotaliata: Hochkomplexe Öffnungsinnestrukturen sind oft entwickelt. Diese Strukturen umfassen Zahnplatten, Klappen (valves), Gruben (groves) und Röhren (tubes) bei gestreckten und trochoiden Formen (derartige Röhren sind von einem anderen Typ als die entosolenischen Röhren der Nodosariata, MIKHALEVICH & DEBENEY, 2001, Tafel 5, Abb.1-0 und Abb.3:7-10 dieser Arbeit). Derartige Strukturen findet man bei keiner anderen Gruppe. HOTTINGERS perfekte Fotos von *Clavulinas* inneren Öffnungsplatten (HOTTINGER et al., 1993), die denen einiger Buliminiden ähnlich sind, läßt keinen Zweifel an der engen Beziehung zwischen den agglutinierten und kalkschaligen Vertretern der Rotaliata.

### **Integrative Öffnungssysteme**

(nur in einigen Taxa mit vielkammerigen Vertretern vorhanden)

Miliolata: Integrative Öffnungssysteme praktisch nicht entwickelt.

Nodosariata: Integrative Öffnungssysteme nur bei einigen kalkschaligen Vertretern der Unterklasse Nodosariana ausgebildet (*Pleurostomella*, *Ellipsopolymorhina*, MIKHALEVICH & DEBENEY, 2001, Tafel 3, Abb.9, 21), wobei der stark verlängerte Öffnungshals bei *Ginesina* und die verlängerten inneren radialen Rippen bei *Nodosinum* einen longitudinalen Plasmafluß begünstigen mögen.

Rotaliata: Integrative Öffnungssysteme sind stark entwickelt und in großem Umfang vorhanden (MIKHALEVICH & DEBENEY, 2001, Tafel 5, Abb.1-9 und Abb.3:8-10 dieser Arbeit). Auch wenn diese Öffnungsapparate bei den kalkschaligen Vertretern der Unterklasse Rotaliana stärker ausgeprägt sind, kommen sie doch auch bei agglutinierten Formen der Unterklasse Textulariana vor (z.B. *Clavulina* (HOTTINGER et al., 1993), Tafel 3: 7a, 8a, 9a dieser Arbeit). Weitere Untersuchungen werden wahrscheinlich zahlreiche weitere Beispiele innerhalb der Gruppe der Textulariana ergeben.

### **Das Vorhandensein oder Fehlen zusätzlicher Öffnungen**

Spirillinata: Suturale Zusatzöffnungen entlang der spiraligen Sutura finden sich ausschließlich bei den kalkschaligen Vertretern der Unterklasse Spirillinana.

Miliolata: Suturale Zusatzöffnungen kommen nur in Ausnahmefällen bei der Unterklasse der Kalkschaler vor.

Nodosariata: Wie Milionata.

Rotaliata: Suturale, periphere und umbilikale Zusatzöffnungen sind weit verbreitet in beiden Unterklassen, oft in ganz ähnlicher Ausbildung (z.B. *Toretamina* - *Schwantzia*, *Balticamina* - *Discanomalina*, Abb.3:12a,b).

### Zusätzliche Skelettplatten

Diese sind nur bei den Rotaliata gut entwickelt, und zwar in beiden Unterklassen, wobei oft spiegelbildliche Analogien auftreten (z.B. *Asterotrochamina* – *Discorbis* mit Umbelikalplatten, Abb.1; *Arenagula* – *Neocribrella* mit Öffnungsplatten).

### Die Entwicklung des integrativen Systemes des ganzen Gehäuses

Kanäle sind bei pseudo-zweikammerigen Formen mit langer tubulärer zweiten Kammer ausgebildet (Spirillinata), in vielkammerigen Formen (Rotaliata) nur bei den hochentwickelten Vertretern(♯) der Unterklassen (Abb.1). Stolone werden in beiden Unterklassen der Miliolata angetroffen und in beiden Unterklassen der Rotaliata.

♯ Der englische Text spricht von „hochentwickelten Unterklassen“, aber da nur jeweils zwei Unterklassen vorkommen, dürfte dies ein Fehler des Originaltextes sein. Anm.d.Übers.

Ich möchte betonen, daß alle taxonomischen Eigentümlichkeiten, die hier betrachtet werden, sowohl evolutionär als auch funktionell außerordentlich bedeutsam sind. Durch Kombination der oben dargestellten Gruppen von Eigenschaften und bei zusätzlicher Nutzung einiger weniger bedeutsamer Eigentümlichkeiten ist es möglich, für jede Entwicklungslinie (Klasse) eine distinkte taxonomische Diagnose zu erstellen. Dagegen enthielt die alte Gruppe der Textulariina (sensu LOEBLICH & TAPPAN) alle bekannten Morphotypen der Foraminiferen – die einzige Gemeinsamkeit war die agglutinierte Gehäusewand. Dies verhinderte die Erstellung einer klaren taxonomischen Diagnose für diese Gruppe. Die (morphologische) Ähnlichkeit der Vertreter mit agglutinierten bzw. kalkschaligen Gehäusen innerhalb der jeweiligen Unterklassen wird in dieser Untersuchung hervorgehoben, es gibt aber noch einige weitere Hinweise für die Einheit der agglutinierten und kalkschaligen Analogformen.

### Die Ähnlichkeit der ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklung

Es gibt ähnliche Tendenzen der ontogenetischen und der phylogenetischen Entwicklung bei den Vertretern der jeweils zwei Unterklassen einer Klasse. Zum Beispiel die Entwicklung des komplexen inneren Zahnes, ausgehend von dem zunächst sehr einfach gebauten bei den Miliolana und den Miliamminana (Abb.3:3-5); oder den Positionswechsel der Öffnung von der anfangs basalen zur schließlich terminalen Stellung bei den monoaxialen Formen der Unterklassen Textulariana und Rotaliana (Abb.4:3).

## Ähnlichkeiten der Bildung neuer Kammern während des Wachstumes

Die hier diskutierten Klassen unterscheiden sich zusätzlich in der Art des Wachstums und Bildung neuer Kammern. Obwohl diese Prozesse nur unzureichend und in den verschiedenen Gruppen auch nur ungleichmäßig untersucht wurde, erlaubt mir doch eine vergleichende Analyse älterer Veröffentlichungen und meine eigenen Beobachtungen an *Massilina* (Miliolana) den Schluß, daß diese Mechanismen ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen den hier betrachteten Gruppen sind.

Innerhalb der Rotaliata ist die Situation gerade umgekehrt: Wir sehen die Ähnlichkeit der Bildung neuer Kammern bei den Textulariana (ANGELL, 1990 an *Trochammina inflata*; BENDER, 1992 an *Textularia candeiana* mit gemischt agglutiniert-mikrogranulärer Wand) und bei den Rotaliana (ANGELL, 1979, an *Rosalina floridana*).

Die Hauptschritte des Kammeranbaues, basierend i.W. auf den Arbeiten ANGELLs und BENDERS, sind die folgenden:

1. Austreten tapetenartiger Reticulopodien aus der Öffnung der letzten Kammer, Ausbildung einer Zyste um diese letzte Kammer (nicht um das gesamte Gehäuse);
2. Ausbildung eines Hohlraumes innerhalb der Zyste, vor der Öffnung der letzten Kammer, von in etwa derselben Größe wie die der zukünftigen Kammer; dieser Hohlraum definiert den Platz für ihren späteren Aufbau, wodurch ihre zukünftige Form sogleich festgelegt ist;
3. Ausbildung einer äußeren organischen Hülle (plasmatische Membran) um die cytoplasmatische Ausstülpung;
4. Abscheidung biomineralisierter kalkiger Materie, ausgehend vom distalen Teil der Kammerwand in Richtung auf den proximalen Teil, wobei die gerichtet abgeschiedenen Kristalle die zylindrischen Hohlräume des Porensystemes bilden (es existiert offenbar eine „chemische Markierung“ der Plasmamembran in Zonen, in denen Kalkmaterial abgeschieden wird, und in „Inseln“, in denen keine solche Abscheidung erfolgt – den zukünftigen Poren, LABAS & MIKHALIVICH, 1987);
5. Bildung der organischen Auskleidung der Poren;
6. Bildung einer dünnen organischen Schicht innerhalb der Kammer, nachdem die Zyste zerstört ist, danach das Wachsen dieser Auskleidung zu einer vielschichtigen Auskleidung während des schrittweisen Wachsens des Gehäuses durch Hinzufügen neuer Kammern.

Der Unterschied zwischen der Bildung neuer Kammern bei *Rosalina* und anderer hyaliner Rotaliata (im Gegensatz zu den Miliolata) besteht darin, daß die Kalkkristalleinheiten an beiden Seiten der primären organischen Membran angelagert werden, welche offensichtlich der „Hülle“ bzw. der „plasmatischen Membran“ von *Textularia candeina* entspricht. In beiden Fällen wird Form und Größe der neuen Kammer sofort festgelegt und die organischen und kalkigen Ausscheidungen folgen dann alternierend aufeinander und zeitlich getrennt, im Gegensatz zum Prozess der Bildung neuer Kammern bei Vertretern mit porzellanartiger Wand.

Bei den tubulären Formen der Miliolana wachsen die neuen Kammern Schritt für Schritt (nach ANGELL, 1980, der *Spiroloculina hyalina* untersuchte, und nach unseren eigenen Beobachtungen an *Massilina secans*, MIHALEVICH, 1999,

MIKHALEVICH, DEBENAY, STAUFF, in Vorbereitung). Der Vorgang beginnt mit der Ausbildung einer Zyste um das gesamte Gehäuse, danach erfolgt das Austreten einer kleinen Menge Plasma aus der Gehäuseöffnung. Die Kammerwand wird unter Mithilfe dieses Cytoplasmas und der Reticulopodien nicht sofort, sondern Stück für Stück aufgebaut, ausgehend von der alten Gehäuseöffnung. Das Cytoplasma transportiert hierbei zwei Vacuolenarten zum Ort der Wandneubildung: solche, die organisches Material enthalten, und solche mit Nadelkristallen, die im Golgi-Apparat gebildet wurden (HEMLEBEN et al., 1986). Die Kalknadeln werden dann in die organische Schicht der zukünftigen Wand eingelagert und nicht aufgelagert, wie bei den Rotaliata. Die Abscheidung organischen und kalkigen Materials erfolgt gleichzeitig. Jedes so schrittweise aufgebaute Wandsegment wird dann von einer dicken organischen Schicht unterfüttert, welche sich in Zusammensetzung und Steifheit von dem organischen Material unterscheidet, in das die Kalknadeln eingebettet werden. Nachdem die Bildung der neuen Kammer beendet ist, dreht das Tier sein Gehäuse um und verläßt die Zyste.

Bei den tubulären Milionata wird keine Plasmaausstülpung und keine Plasmahülle ausgebildet; beim Aufbau der weiten Kammern von *Peneroplis* (WETMORE, 1999) wurde zwar eine derartige Anlage beobachtet, aber der Mechanismus der Abscheidung von festem und organischem Material ist vermutlich derselbe wie bei den tubulären Milionata.

Der Prozess der Kammerbildung bei den hyalinen radialen Nodosariata wurde bislang noch nicht untersucht.

Der verbleibende hyaline radiale Typ der Spirillinata unterscheidet sich hinsichtlich der Art der Kammerbildung von anderen hyalinen radialen Typen. Nach Literaturdaten (LOEBLICH & TAPPAN, 1987) erfolgt die Neubildung durch schrittweise laterale Accretion entlang der Kante der Kammerwand, es wird weder eine Zyste noch eine Hülle gebildet.

Dies alles zeigt, daß sich die Mehrheit der hier betrachteten Klassen in der Art der Kammerneubildung deutlich unterscheiden.

### **Der graduelle Übergang von agglutinierten zu sezernierten Kalkwänden**

Der graduelle Wechsel von einer agglutinierten Gehäusewand zu einer charakteristischen Wand vom Milionidentyp zeigt abermals die enge Beziehung zwischen morphologisch ähnlichen Vertretern der Unterklassen Miliamminana und Miliolana. Bei *Dentostomina aglutinans* z.B. bedecken lange Kalknadeln die innere Oberfläche des Gehäuses und formen den Zahn, während die äußere Wand aus einer dicken agglutinierten Schicht besteht (MIKHALEVICH et al., 1986; Tafel 1, Abb.a,b dieser Arbeit). Eine derartige kombinierte Gehäusewand mit Calcitnadeln, welche die innere sehr dünne Schicht bilden, wurde auch bei anderen Arten der Miliamminana beobachtet: bei *Siphonaperta compta* (MIKHALEVICH et al., 1986), bei *Schlumbergerina alveoliniformis* und bei *Sigmoihauerina bradyi* (HOTTINGER et al., 1993).

Das Fehlen einer scharfen Grenze zwischen agglutinierten Formen und mikrogranulär-calcitischen Formen bei anderen Gruppen agglutiniertes Foraminiferen, die Variabilität der Zementzusammensetzung (unterschiedliches organisches Material) und der unterschiedliche Gehalt an mikrogranulärer Substanz wurde auch

schon früher bemerkt (COLEMAN, 1988; PLOTNIKOVA & EGOROVA, 1982; TOKSVAD & HANSEN, 1983; BENDER & HEMLEBEN, 1988; BENDER, 1992, 1995; MIKHALEVICH, 1995). Sogar Beispiele eines Überganges von einer agglutinierten Wand zu einer hyalin-radialen Wand existieren, auch wenn sie selten sind: bei *Sabaudia* und bei einigen Orbitoliniden ist eine hyaline Wand Teil der agglutinierten Wand.

Auch die Ausbildung von Poren im Zuge der Evolution agglutiniierter Vertreter vollzog sich offenbar schrittweise. Die variable Form der Pseudoporen ist kein stabiles Merkmal. Einige Autoren (DESAI & BANNER, 1987; BANNER et al., 1991) haben den allmählichen Wechsel von noncanaliculären Formen zu mikrogranulären calcitischen canaliculären Formen dokumentiert. Es ist auch möglich, daß festes kalkiges Material in einer Wand mit dicht gepackten Partikeln es nötig macht einen Austausch mit dem umgebenden Wasser durch Porensysteme herzustellen, während organische Bindemittel das Eindringen von Molekülen auch ohne spezielle Öffnungen ermöglichen (trotzdem sind eingestreute irreguläre Öffnungen zwischen Sandpartikeln auch in derartigen Gehäusewänden vorhanden – Tafel 1, Abb.c-f).

Unterschiedliche Arten derselben Gattung besitzen oft ein unterschiedliches Verhältnis Sand/Calcit in ihrer Gehäusewand, ebenso wie das Mischungsverhältnis der unterschiedlichen organischen Bindemittel bei Arten von Gattungen mit Gehäusen schwankt, die aus organischen Bindemitteln aufgebaut sind (BENDER, 1995). Daher ist es kaum sinnvoll, neue Gattungspaare für agglutinierte Formen aufzustellen, wie *Eggerelloides* – *Egerella*, *Karrerulina* – *Karrerella* u.s.w.. Die Gehäuseform, trotz aller Variabilität, ist ein sehr konservatives Baumerkmal, das uns eine stabile Basis für die Taxonomie der Foraminiferen liefert, und ich habe es immer wieder unternommen, dies zu betonen (MIKHALEVICH, 1980, 1981, 1992, 2000). Vom taxonomischen Standpunkt aus kann ein variables Merkmal kaum von großem Nutzen sein. Zudem erlaubt uns die nur unvollständige Kenntnis der Taxa nicht, derartige Merkmale zur Grundlage von taxonomischen Studien zu machen – nach BENDER (1995) wurden nur 13% der bekannten agglutinierten Gattungen entsprechend untersucht, darunter auch *Pelosina*, die nicht einmal zu den Foraminiferen gehört (MIKHALEVICH & VORONOVA, 1999).

Bei *Dentostomina agglutinans* beispielsweise, von der man annahm, es sei eine noncanaliculäre Art, wurden unerwartet einige irreguläre porenähnliche Öffnungen entdeckt, welche die Wand durchsetzen (Tafel 1, Abb.a,g). Bei den Lituolida, obwohl als noncanaliculäre Gruppe betrachtet, wurde der Charakter der Wand bei der Mehrzahl der Typ-Arten noch gar nicht untersucht – das Vorhandensein dieses Merkmals wurde lediglich auf der Grundlage morphologischer Ähnlichkeiten extrapoliert. Bei den Placopsilina wurden Canaliculi beschrieben (BENDER, 1995), für die Coscinophragmatoidea wurden sie ebenfalls angegeben (LOEBLICH & TAPPAN, 1987, HOTTINGER et al., 1993 – in *Haddonina*). Bei den Prolixoplectidae wurde nur für drei der neun Gattungen, welche die Familie bilden, nachgewiesen, daß sie noncanaliculär sind. Die Daten von LOEBLICH & TAPPAN (1985) zeigen, daß sogar in rezenten Arten der Gattung *Dorothia* der canaliculäre Charakter nicht immer klar gesehen werden kann, er mag durch Kalzifizierung maskiert werden. Bei den noncanaliculären Ataxophragmiden besitzen die Gattungen *Coskinolina* und *Coleiconus* „radiale Poren“; und die noncanaliculären Gattungen *Indomarssonella* und *Cylindroclavulina* wurden zu den canaliculären Formen gesetzt. Die Pseudoporen der Gattung Glaucoammina, „verstreut und irregulär“, können kaum als echte Canaliculi betrachtet werden und die Gattung sollte zu den uniserialen Hormosinana gestellt

werden entsprechend ihrer Gehäusemorphologie (MIKHALEVICH, 1992, 2000). Ich fand ähnliche Pseudoporen bei *Ginesina* (Hormosinidae) (Tafel 1, Abb.c) Bei den *Tholosina*, *Saccamina* und *Rhabdammina* (Astrorhizana) ist die Gehäusewand ebenfalls durchlässig (Tafel 1, Abb.d,e,f). Diese Baueigentümlichkeiten der agglutinierten Gehäusewand und ihr diagnostischer Wert erfordert weitere Untersuchungen.

Fragen zur taxonomischen Signifikanz von Wandstrukturen einerseits und der Morphologie größerer agglutiniertes Foraminiferen warfen ebenfalls GOODAY & SMART (2000) auf. Die morphologische Struktur des Gehäuses, wenn auch variabel, dient als eine stabilere und konservativere Basis für taxonomische Zwecke.

## Molekulare Studien

Die engen Beziehungen zwischen den jeweiligen Unterklassenpaaren der Klassen Astrorhizata, Miliolata und Rotaliata wird auch gestützt durch molekulare Analysen, durchgeführt von Dr.PAWLOWSKI und Koautoren (FAHRNI et al., 1997; PAWLOWSKI et al., 1995, 2000; PAWLOWSKI, 2000). Die Ergebnisse morphologischer und molekularer Untersuchungen decken sich.

## Der biostratigraphische Befund

Die hier vorgeschlagene Klassifikation wird durch den biostratigraphischen Befund ebenfalls gestützt: Gewöhnlich sind bei allen hier betrachteten phylogenetischen Linien die agglutinierten Formen älter als deren Analoga mit ausgeschiedenen Wänden (Abb.5). Die Vertreter der Unterklassen Astrorhizana (Klasse Astrorhizata) und Ammodiscana (Klasse Spirillinata) kennt man seit dem Kambrium. Im Falle der Miliolata haben wir keinen solchen Beweis, vermutlich aus mehreren Gründen. Vielleicht waren die agglutinierten Miliolata (Miliamminana) zu fragil. Ein anderer Grund könnte in der Schwierigkeit liegen, die anfangs planospiralen und glomerulär-tubularen Formen von den fossilen Spirillinata zu trennen, da die verschiedenen Gruppen arm an unterscheidbaren Baumerkmalen sind. Hier sind vielleicht molekulare Methoden von besonders großem Nutzen. FAHRNI et al. (1997) postuliert, ausgehend von molekularen Daten, ein größeres Alter dieser Gruppe als bislang angenommen. Ich habe dies schon viel früher angenommen (MIKHALEVICH, 1992, 2000). Ich glaube, man muß nach ihren Wurzeln bei den fossilen Fusulinoida (Fusulinacea) suchen, welche ich für eine heterogene Gruppe halte.

Ich hoffe, es ist mir in dieser kurzen Darstellung gelungen, die profunde Ähnlichkeit der grundsätzlichen Gehäusestrukturen gezeigt zu haben, die Einheitlichkeit jeder der [neu erstellten] Klassen und die Kontinuität der morphologischen Baueigentümlichkeiten in jeder phylogenetischen Linie (Klasse) – aufsteigend von den agglutinierten zu den kalkschaligen Gruppen, auch wenn bei den agglutinierten Gruppen viele der diskutierten Baumerkmale, insbesondere die sehr komplexen, gewöhnlich weniger gut entwickelt und ausgeprägt sind, einfach wegen des geringeren konstruktiven Potentials der agglutinierten Gehäusewand verglichen mit der kalkschaligen Wand.

Es gibt nun einige weitere Konsequenzen, die sich aus der hier durchgeführten Analyse ergeben:

## FOLGERUNGEN

1.

Da die morphologischen Baueigentümlichkeiten innerhalb einer Klasse bei agglutinierten und kalkschaligen Formen dieselben sind und die agglutinierten Vertretern unterschiedlicher Klassen stärker voneinander abweichen als dies zwischen agglutinierten Formen und ihren kalkschaligen Analogformen innerhalb derselben Klasse der Fall ist, betrachte ich die agglutinierten Formen als frühe Stadien einer Evolution, die zu den entsprechend gebauten kalkschaligen Formen führt; die letztgenannten sind somit die direkten Nachfahren der jeweiligen agglutinierten Formen. Die Beziehungen zwischen korrespondierenden Formenpaaren innerhalb einer Klasse kommen folglich nicht durch Konvergenz zustande, sondern durch direkte Verwandtschaft.

2.

Die verschiedenen Gruppen mit kalkschaligem Gehäuse sind daher unabhängig voneinander parallel innerhalb der verschiedenen phyletischen Linien und zu verschiedenen geologischen Zeiten entstanden (das Kalkgehäuse vom Spirillinata-Typ entstand im späten Devon, das Gehäuse vom Nodosariata-Typ im frühen Devon, das Gehäuse vom Rotaliata-Typ während der Trias).

3.

Die taxonomische Signifikanz der Zusammensetzung und der Ultrastruktur der Gehäusewand der Foraminiferen, obwohl von Wichtigkeit, ist trotzdem von untergeordneter Bedeutung im Vergleich mit der Morphologie des Gehäuses. Bei der hier vorgestellten Klassifikation sind diese Schalenbaumerkmale wichtig für Taxa, die den Unterklassen angehören, nicht jedoch für die Unterscheidung der Klassen.

4.

Die ehemalige Gruppe der Textulariina stellt eine eher heterogene als eine monophyletische Gruppe dar.

5.

Die agglutinierten Foraminiferen, zusammen mit den tektinschaligen, bilden die gesamte Klasse Astrorhizata Saidova (1981) und die Unterklassen Ammodiscana Mikhalevich (1980), Miliamminina Mikhalevich (1980), Hormosinana Mikhalevich (1992) und Textulariana Mikhalevich (1980), die zu den folgenden Klassen gehören: Spirillinata Maslakova (1990), Miliolata Saidova (1981), Nodosariata Mikhalevich (1992) und Rotaliala Mikhalevich (1980).

6.

Diese Klassifikation vermeidet eine sinifikante Anzahl von Fällen von Parallelbildungen und Konvergenzen, die bei den älteren Klassifikationen vorkommen. Sie kommt daher der Phylogenie der Gruppe näher. Außerdem liefert diese Klassifikation klarere taxonomische Diagnosen, die vornehmlich auf der Gehäusemorphologie beruhen.

7.

Diese neue Herangehensweise an die Systematik der Foraminiferen zusammen mit einem neuen Verständnis der Evolution erfordert eine grundlegende Revision der Taxa der agglutinierten Formen und zeigt zugleich auch in gewissem Umfang die Wege, die zu beschreiten sind. In einer Reihe von Veröffentlichungen und zwei neu erschienenen Büchern (MIKHALEVICH, 1999, 2000) begann ich in diese Richtung zu

gehen – z.B. unterschiedlich die genuinen Lageniden (wie die Collanielliden, Paleotextulariiden) und einige uniloculäre Formen von der Gruppe der Fusulinen. Die Taxonomie der Unterklassen Astrorhizana und Miliolana wurde bis zur Stufe der Gattungen ausgearbeitet (MIKHALEVICH, 1988, 1995), die verbleibenden Unterklassen bis zur Stufe der Familien (MIKHALEVICH, 1992, 1998, 1999, 2000). Eines ist sicher: Um diese neue Systematik auf alle Gattungen der agglutinierten Formen anzuwenden, müssen wir unsere einzelnen Anstrengungen zu einer gemeinsamen wissenschaftlichen Anstrengung bündeln.

## BEMERKUNGEN ZUR SYSTEMATIK

Die Klassifikation der agglutinierten Formen, die hier vorgestellt wird, ist nur ungleichgewichtig durchgeführt, wie schon weiter oben erwähnt. Die Klassifikation ist noch nicht abgeschlossen, denn große Gruppen erfordern noch eine sorgfältige Revision. Mit Ausnahme der Unterklasse Astrorhizana, hier im Detail wiedergegeben, wird die Klassifikation der verbleibenden vier Unterklassen nur skizziert im Hinblick auf zukünftige Untersuchungen. Trotzdem zeige ich ein vorläufiges mögliches Ergebnis ihrer Neubewertung, allerdings werden einige Einordnungen nur vorgeschlagen und mit einem Fragezeichen versehen. Die ehemaligen Textulariaceae und Fusulinacea sind meiner Meinung nach die beiden größten heterogenen Gruppen, die vor allem revidiert werden müssen. Die Unterscheidung der fünf phylogenetischen Hauptlinien der Foraminiferen (die Klassen Astrorhizata, Spirillinata, Miliolata, Nodosariata, Rotaliata) und die Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung ihrer Hauptstrukturen (MIKHALEVICH, 1981, 1992, 1998, 2000; MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001) wird uns vielleicht helfen, ihre Wurzeln in den vorher genannten Gruppen aufzuklären.

Es ist leicht, die komplexen vielkammerigen Formen mit komplexen Öffnungsstrukturen systematisch zu differenzieren, aber im Falle der uniloculären Formen oder der einfachen pseudo-zweikammerigen Formen mit einer zweiten tubulären Kammer, der alle diagnostischen Eigentümlichkeiten fehlen, ist eine Neueinteilung kaum möglich. Gerade in diesen Fällen brauchen wir die Einsichten, die uns molekulare Untersuchungsmethoden liefern.

Es wurde schon früher vorgeschlagen, daß sich die Formen der Nodosariiden, der Spirilliniden und der Milioliden von einigen ausgestorbenen Fusuliniden ableiten (LOEBLICH & TAPPAN, 1987). Ich glaube sogar, daß einige Gruppen der ehemaligen Fusuliniden in Wahrheit die Vertreter der Ausgangspunkte dieser drei phylogenetischen Linien sind. Im Falle der älteren Nodosariiden (= Lageniden) und der höher entwickelten Spirilliniden ist dies klarer, besonders bei den Vertretern mit einer radialen Wandschicht (MIKHALEVICH, 1992, 2000).

Die tubulären pseudo-zweikammerigen Formen, wie die primitiveren Tourneylliden mit einer ungeteilten oder nur teilweise und irregulär unterteilten tubulären Kammer, können mit den Spirilliniden oder den Milioniden verglichen und diesen Gruppen vielleicht sogar zugeordnet werden. Andererseits stellen die Tournayelliden, Endothyriden und Fusuliniden eine gut ausgeprägte und dokumentierte einheitliche Evolutionsreihe dar, die mehr den Milioniden ähnelt, daher zögere ich mit dem Vorschlag sie als speziellen alten Zweig der Miliolata zu betrachten, zumindest ausgehend von einer gemeinsamen Wurzel als separater Zweig, der mit den Miliolata vie-



les gemein hat. Einige Argumente für diese unerwartete Hypothese sind die folgenden:

1.

Die ähnliche Form der Gehäuse und Kammern bei den primitiveren (1) und den komplexeren höherentwickelten Formen (2). Die fusulinoiden Formen findet man ausschließlich bei den phylogenetischen Linien der Fusuliniden und den Alveoliniden.

- 1.) Vergleiche *Endochernella* – *Baisalina* (mit kurzen Auswüchsen des Kammerdaches, die Pseudokammern bilden. Abb.6:1); *Endothyranella* – *Zoella*; *Tournayella* – *Fisherina* (spiralige Seite).
- 2.) Einige *Pseudoendothyra* - einige *Reticulogyra* (nicht das Endoskelett), einige Fusuliniden – einige Alveoliden – einige Rhapydioniden (*Pseudedomia*) (nicht das Innenskelett).

2.

Das Überwiegen glomerater oder planospiraler (oder kombinierter) Windungsbildung mit oft sich änderndem Plan der Windungsbildung bei beiden Linien (hierbei betrachte ich die Tetrataxacea als nicht zur Fusulinacea-Linie gehörig).

3.

Viele der vielkammerigen Formen beider Linien besitzen Kammern mit mehr oder weniger distinctem tubulären Charakter, sogar bei den planospiralen evoluten Formen mit kreisförmiger Begrenzungslinie (z.B. *Tournayella* - *Fisherina*, *Dolosella*), oder es sind zumindest Reste tubulären Charakters bei den komplexeren Formen vorhanden.

4.

Die terminale Stellung der Öffnung (Abb.4, 1d, Abb.6). Bei Formen wie *Tournayella*, *Endothyranella* und einigen anderen Tournayelliden wird die Öffnung zwar als „basal“ angegeben, tatsächlich stellt sie eine mehr oder weniger große runde oder halbrunde Öffnung der tubulären Kammer dar und kann somit durchaus als terminal betrachtet werden. Dies unterscheidet sie prinzipiell von der echt basalen Öffnung der Rotaliata (MIKHALEVICH & DEBENAY, 2001). Die multiplen runden Öffnungen der breiten Septalfläche der Fusuliniden sind leicht gegenüber der Septenbasis erhöht, genau wie bei den Alveoliniden.

5.

In vielen Fällen ist der spezielle Charakter der Septierung und der inneren Baues des Kammerbodens, der die Apertur und das Foramen abschirmt, in Form und Anordnung in beiden Linien ähnlich (Abb.6): Anlagerungen am Kammerboden bei *Nodochernyshenella* und *Bosniella* (Fig.6:2), *Avesnella* und *Melathrokerion*, *Danubiella*, und *Hechtina* (Fig.6:10). In Schnitten durch rezente Milioniden haben die flachen Zähne (Klappen), welche die Gehäuseöffnung durchsetzen, dieselbe Dreiecksform an der Basis der Kammer (Abb.6:9). In einigen Fällen sieht dies wie ein Stachel aus (Abb.6:8d), der stark dem inneren stachelförmigen Auswuchs der *Globoendothyra* und verwandter Formen ähnelt (Abb.6:8c). Derartige Bodenbildungen kommen nur in diesen zwei Gruppen vor.

6.

Die Tatsache, daß die spezielle porzellanartige Wand der Miliolata in die mikrogranuläre alter Formen übergehen kann (z.B. erscheinen bei *Ophthalmidium triski* Janger aus der Trias die mikrogranulären Körnchen als dunkle Schicht im Lichtmikroskop, GUBENKO, 1988). Derselbe Autor beobachtete diese mikrogranuläre Wandstruktur bei der permischen Art *Agathammina pusilla* Geinitz. Rekrystallisation bei der rezenten porzellanschalenigen Art *Archais angulatus* wurde von MACINTYRE & REID (1989) beschrieben, bei der carbonischen und permischen Gattung *Trepeilopsis* von LOEBLICH & TAPPAN (1987). Bei noch älteren Formen ist eine Rekrystallisation noch wahrscheinlicher.

Die Wand einiger rezenter großer antarktischer Milioniden wird im adulten Stadium sehr dick und bildet dann drei oder vier Schichten aus (Tafel1, h,i,k). Zwischen der dünnen und dicht gepackten externen und internen Schicht (vergleichbar mit dem äußeren und inneren Tectorium) befindet sich eine bröckelige dicke Schicht aus nadel förmigen Kristallen, unterbrochen von radialen Einheiten von Kristallen mit longitudinalen Hohlräumen zwischen diesen, wodurch der äußere Bereich dieser Schicht aufgeweitet wird, auch wenn er sich nicht sonderlich von dem inneren Bereich unterscheidet (vergleiche mit der Wand der Fusuliniden). Im Ergebnis zeigt der Schnitt durch die Wand eine radiale Struktur, ähnlich dem faserigen radialen Charakter der Wand vieler Fusuliniden. Der radiale Charakter der Milionidenwand kann sogar im Lichtmikroskop erkannt werden, und ich beobachtete solche Radialstrukturen bei zahlreichen dickwandigen antarktischen Arten (*Pyrgo sarsii*, *P. peruviana*, *Pyrgoella sphaera*, *Planispirinoides bucculentus* und einigen anderen). Diese radialen Höhlungen sind manchmal zur Schaleninnenseite hin offen wie Porenöffnungen (Tafel 1, k,l). In etwa ähnliche, aber kürzere und lockerer verteilte radiale „Tubules“ und Pseudoporenöffnungen wurden bei *Archaias angulatus* beobachtet (FICHTEL & MOLL, GUDMUNDSON, 1994). Die alveolare Wandstruktur einiger Miliolata kann ebenfalls bis zu einem gewissen Grade mit der Wand einiger Fusulinaceen verglichen werden (vgl. *Austrotrillina* Loeblich & Tappan, 1987, Tafel 362, Abb.10-14, *Pseudobroeckinella* ibid, Tafel. 403, Abb.7). Formen mit einer typischen hyalinen glasartigen radialen Schicht rechne ich nicht zu den Fusulinacea (MIKHALEVICH, 1992, 2000). Die instabile und variable Natur der Porosität ist in beiden Linien ebenfalls vergleichbar und scheint mit der Dicke und Sprödigkeit der Wand korreliert zu sein. Obwohl die Mehrheit der Miliolata imperforat ist, findet man bei einigen von ihnen offenbar gerade oder verzweigte Canaliculi (Milioliporinae, Kamuraninae, bei *Peneroplis* and *Nubeculina*). In diesem wie in vielen anderen Fällen kann das Vorhandensein oder Fehlen von Wandöffnungen nicht als taxonomisch sinifikantes Merkmal für die ganze Gruppe dienen. Dies ist nur für untergeordnete Taxa statthaft. Wer weiß denn schon, ob nicht die dreischichtige rekrystallisierte Wand der Milioliden der dreischichtigen Wand der Fusulinaceen mehr oder weniger ähnlich sehen kann?

Die Wanddicke der Milioliden variiert stark zwischen eng verwandten Arten, sogar innerhalb derselben Art während des Wachstums. Sie ist dünner und zeigt keine radiale Struktur bei den frühen Kammern und wird dann dicker und radial strukturiert bei den zuletzt angelegten Kammern der adulten Form. Diese Tendenz kann auch bei den Fusuliniden beobachtet werden. Die dicke innere Schicht der Miliolidenwand kann durchgehend radial strukturiert sein, oder sie besitzt einen weniger strukturierten unteren Teil. Die festeren sehr dünnen Innen- und Außenschichten werden oft zerstört, daher variiert die Wand von 4 zu 3 und zu 2 Schichten, genau so wie bei den Fusuliniden. Abgesehen von der variablen Dicke der Wände der Milioliden and Fusuliniden variiert auch der Anteil an agglutiniertem Material stark, das in die mikrogranuläre Wand eingebaut wird.

7.

Die Vermutung von FAHRNI et al. (1997, s.o.) eines viel früheren Entstehens der Miliolata gibt ebenfalls Anlaß nach ihren Wurzeln in der Gruppe der Fusulinoiden zu suchen.

Das wichtigste Gegenargument ist der Unterschied im Charakter der inneren Gehäusestruktur: das Fehlen von Homata und „fluted septa“ bei den Milionata. Es sollte aber beachtet werden, daß auch bei den Milionata die Möglichkeit der Anlage von Bodenlagerungen in den letzten Umläufen ausgebildet ist und daß diese Abscheidungen manchmal denselben dentaten Charakter besitzen (vl. *Periloculina* und *Maklaya* und *Cancellina*, Abb.6:4-5). Die Ähnlichkeit abschirmender Ausscheidungen am Boden der Kammer, weit hinter dem letzten Septum bei einigen Tournayellida, Endothyrida und einigen Milioliden, wurde bereits weiter oben erwähnt (Abb.6). Die Form der Chomata der Fusuliniden zu beiden Seiten der Öffnung kann von derselben Form sein, wie man an Schnittbildern sieht (Abb.6:6), mit schwachen Abscheidungen am Proloculus von *Pyrgo*. Die Chomata sind bei den verschiedenen Gruppen der Fusuliniden verschieden stark ausgebildet oder sie fehlen ganz.

Auf der Basis der Baueigentümlichkeiten, die eben betrachtet wurden, kann man annehmen, daß die Fusuliniden eine spezielle Entwicklungslinie der Miliolata darstellen mit einer starken und ganz speziellen Entwicklungsrichtung ihrer Innenstruktur bei höher entwickelten Formen. In diesem Falle sollten die Tournayelliden mit agglutinierter Wand in die Unterklasse der Miliamminina aufgenommen werden. Natürlich ist diese Hypothese nur vorläufig und bedarf weiterer Untersuchung.

Große Schwierigkeiten können ebenfalls auftreten, wenn wir eine Unterscheidung zwischen vielkammerigen agglutinierten planospiralen involuten Gehäusen mit terminaler Öffnung machen wollen, die zu den Miliolata (Miliamminana) oder den Nodosariata (Hormosinana) gehören (*Peneroplis*- und *Lenticulina*-Typ mit einfacher nonradialer Öffnung), oder zwischen planospiralen Formen mit nicht-gewundenem Teil. Bei derartigen Studien können zusätzliche morphologische Baueigentümlichkeiten helfen, ferner molekulare Daten und in einigen Fällen der Charakter der Wand.

Viele Gattungen müssen neu untersucht werden, da die Struktur ihrer Öffnungen und die Position derselben bei den Frühstadien der Entwicklung bislang unbekannt sind.

Die ehemaligen Textulariaceae-Formen, hier in die Unterklassen Miliamminana und Hormosinana aufgenommen, werden als noncanaliculat beschrieben. Die zu höher entwickelten Formen der Rotaliata isomorphen Formen, hier in die Unterklasse Textulariana aufgenommen, umfassen beide Wandtypen – canaliculate und noncanaliculate.

Für die Namen der Überfamilien wird die Endung „-oidea“ statt „-acea“ verwendet. Die letztgenannte Endung wird gewöhnlich in der botanischen Nomenklatur verwendet.

Eine Skizze der neuen Klassifikation der agglutinierten Formen, unterschiedlich weit ausgearbeitet, wird nun im Folgenden gegeben, wobei man die eben dargelegten Prämissen und Einschränkungen beachten sollte.

## SYSTEMATISCHER TEIL

fortgelassen

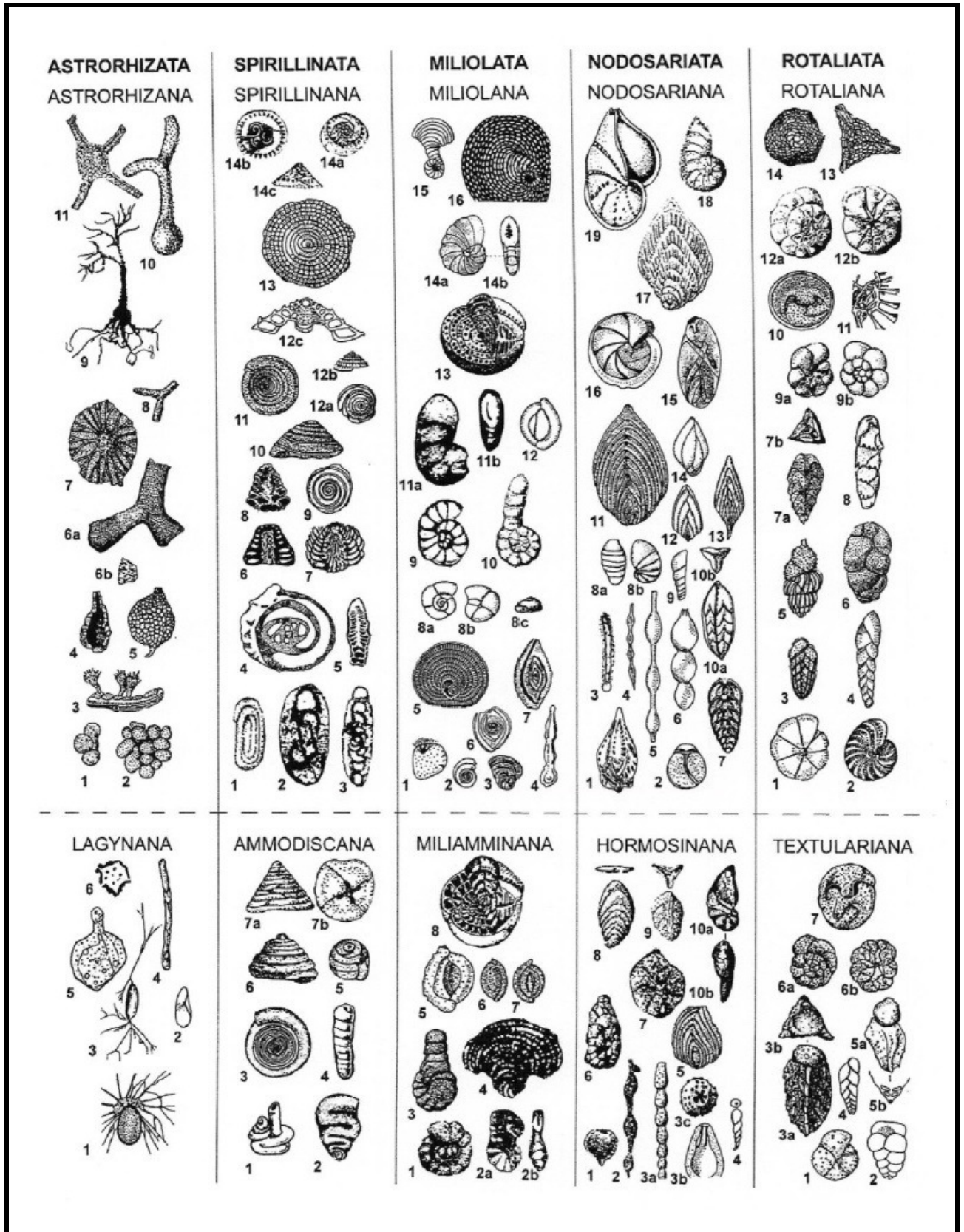


Abbildung 1

## Abbildung 1

### Die phylogenetischen Hauptlinien der Foraminiferen

Durchgezogene Linie – Grenze zwischen den Klassen  
 Gestrichelte Linie – Grenze zwischen den Unterklassen  
 Modifiziert nach MIKHALEVICH (2000)

#### 1. Klasse Astrorhizata

##### Unterklasse Lagynana

1. Diplogromia, 2. Lagynis, 3. Phainogulmia, 4. Xenothekella, 5. Heterogromia, 6. Microcometes.

##### Unterklasse Astrorhizana

1. Sorostomasphaera, 2. Thuramminopsis, 3. Halyphysema, 4. Lagenammina, 5. Astrammina, 6. a, b. Schizammina (a. Gehäuse, b. Innenstruktur der labyrinthischen Wand), 7. Masonella (mit Canaliculi in der verdickten Wand), 8. Rhabdammina, 9. Notodendrodes, 10. Astrorhiza, 11. Saccorhiza.

#### 2. Klasse Spirillinata

##### Unterklasse Ammodiscana

1. Ammovertellina, 2. Ammoverrella, 3. Ammodiscus, 4. Turritebella, 5. Repmanina, 6. Arenoturrispirillina, 7. a, b. Tetrataxis.

##### Unterklasse Spirillinana

1. Miliospirella, 2. Glomodiscus, 3. Archediscus dubitabilis, 4. A. karreri, 5. Cylindrotrocholina, 6. Howchinia, 7. Lasiotrochus, 8. Babellspirillina, 9. Coronipora, 10. Trocholina, 11. Spirillina, 12. Spirotrocholina (a, b. Gehäuse, c. Schema des Kanals, Axialschnitt), 13. Annulopatellina, 14. Paleopatellina.

#### 3. Klasse Miliolata

##### Unterklasse Miliamminana

1. Recurvoides, 2. a, b. Charentia, 3. Lituola, 4. Alzonella, 5. Dentostomina, 6. Sigmoidopsis, 7. Ammomassilina, 8. Reticulinella

##### Unterklasse Miliolana

1. Squamulina, 2. Cornuspira, 3. Cornuspiroides, 4. Gheorgianina, 5. Discospirina, 6. Cornuloculina, 7. Spiropthalmidium, 8. Fisherinella, 9. Zoella, 10. Spirolina, 11. a, b. Danubiella, 12. Quinqueloculina, 13. Neoalveolina, 14. a, b. Dendritina, 15. Laevipeneroplis, 16. Parasorites.

#### 4. Klasse Nodosariata

##### Unterklasse Hormosinana

1. Saccamina, 2. Hormosinella, 3. a, b, c. Nodosinum (a. Gehäuse, b. radiale Öffnung im Schnitt mit inneren longitudinalen Rippen c. Blick auf die Öffnung), 4. Adelungia, 5. Pseudopalmula, 6. Nouria, 7. Agardhella, 8. Flabellamina, 9. Triplasia, 10. a, b. Ammomarginulina (a. Seitenansicht, b. Öffnungsansicht).

Unterklasse Nodosariana

1.Lagena, 2.Parafissurina, 3.Syzrania, 4,5.Grigelis, 6.Nodosaria, 7.Multiseptida (Längsschnitt, schematisch), 8.a,b.Lingulina (a. mikrosphärische Form, b. megalosphärische Formen), 9.Marginulina, 10.a,b.Tristix, 11.Kyphopixa, 12.Dyofrondicularia, 13.Flabellina, 14.Polymorphina, 15.Laryngosigma, 16.Lenticulina, 17.Planularia, 18.Hemicristellaria, 19.Saracenaria

**5. Klasse Rotaliata** (die 3.Unterklasse dieser Klasse, Globigerinana, nicht dargestellt)

Unterklasse Textulariana

1.Haplophragmoides, 2.Minouxia, 3.a,b.Gaudryina, 4.Pseudobolivina, 5.a,b.Clavulina (a. Außenansicht des Gehäuses, b. Schnitt durch den Initialbereich), 6.a,b.Asterotrochammina, 7.Tiphrocha (Umbilikalansicht)

Unterklasse Rotaliana

1.Bermudezinella, 2.Elphidium, 3.Brizalina, 4.Bolivinellina, 5.Euvigerina, 6.Sporobulimina, 7.a,b.Reussella, 8.Pseudobuliminella, 9a,b.Discorbis, 10.Neoconorbina (Umbilikalansicht), 11.Rotalia (Fragment des Kanalsystemes), 12.a,b.Ammonia, 13.Baculogypsinooides (Horizontalschnitt durch ein megalosphärisches Exemplar mit Kanälen), 14.Eulinderina (Medianschnitt eines megalosphärischen Exemplares).



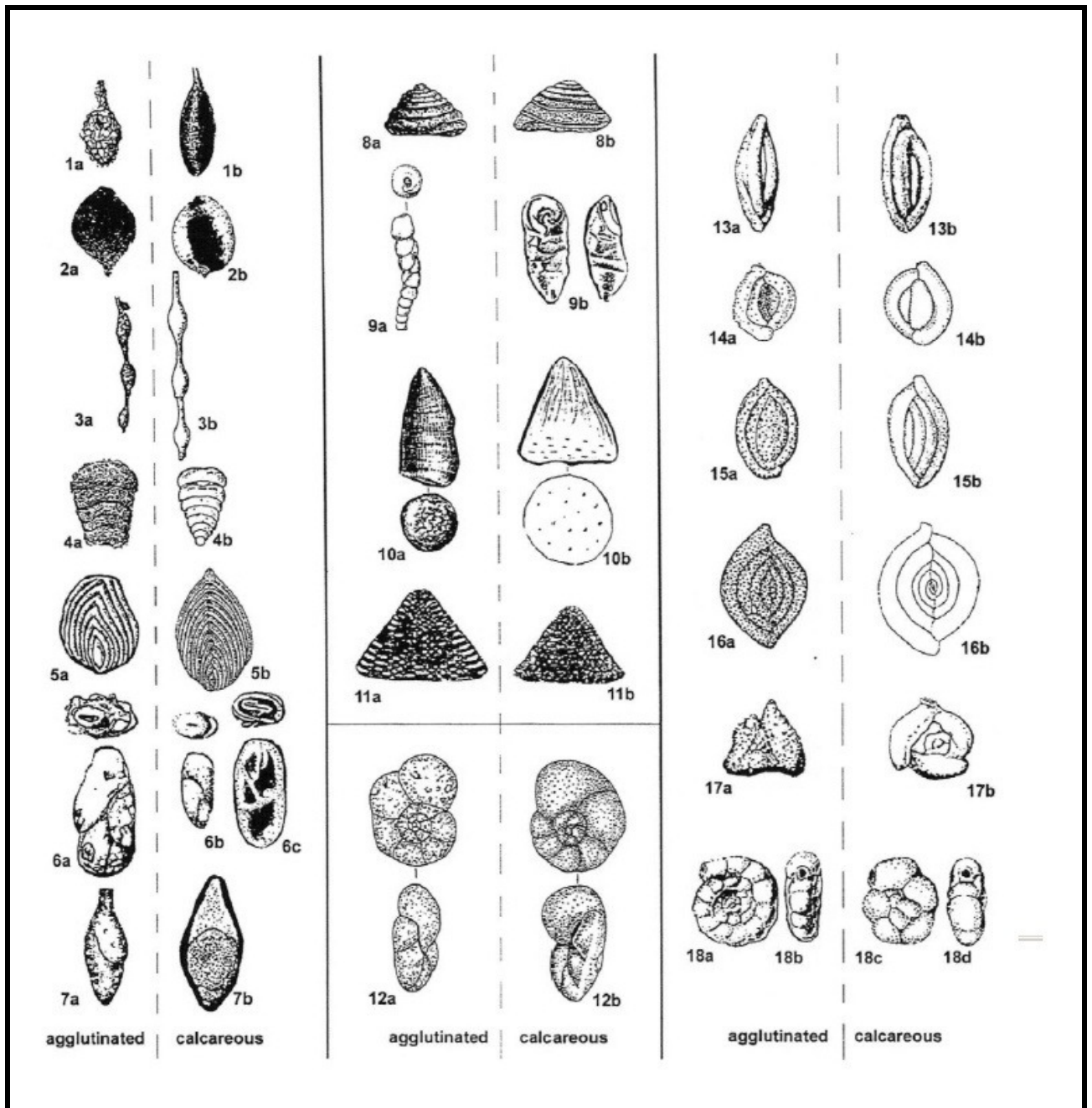


Abbildung 2



## Abbildung 2

### Beispiele von Homöomorphismus agglutiniertes und kalkschaliger Formen

#### 1-7. Klasse Nodosariata,

1a.Lagenammia, 1b. Pygmaeosestron, 2a.Saccammia, 2b.Lagena,  
3a.Hormosinella, 3b.Grigelis, 4a.Polychasmina, 4b.Geinitzina, 5a.Pseudopalmula,  
5b.Kiphopixa, 6a.Nouria, 6b.Obliquilingulina, 6c.Entomorphinoides 7a.Abdulevia,  
7b.Paleopolymorphina

#### 8-11. Klasse Spirillinata

8a.Arenoturrspirillina, 8b.Trocholina, 9.Jeder Umlauf wird von nur einer Kammer gebildet (9a.Plagioraphe, 9b.Ungulatella), 10a.Haurania, 10b.Ferayina, 11a.Alpillina, 11b.Chapmanina

#### 12. Klasse Rotaliata

12a.Trochammia, 12b.Discorbis

#### 13-18. Klasse Miliolata

13a.Schlumbergerina, 13b.Miliola, 14a.Dentostomina, 14b.Quinqueloculina,  
15a.Sigmoilopsis, 15b.Sigmella, 16a.Spiroglutina, 16b.Spiroloculina,  
17a.Pseudoflintina, 17b.Flintina, 18a.Trochamminoides, 18b.Hechtina

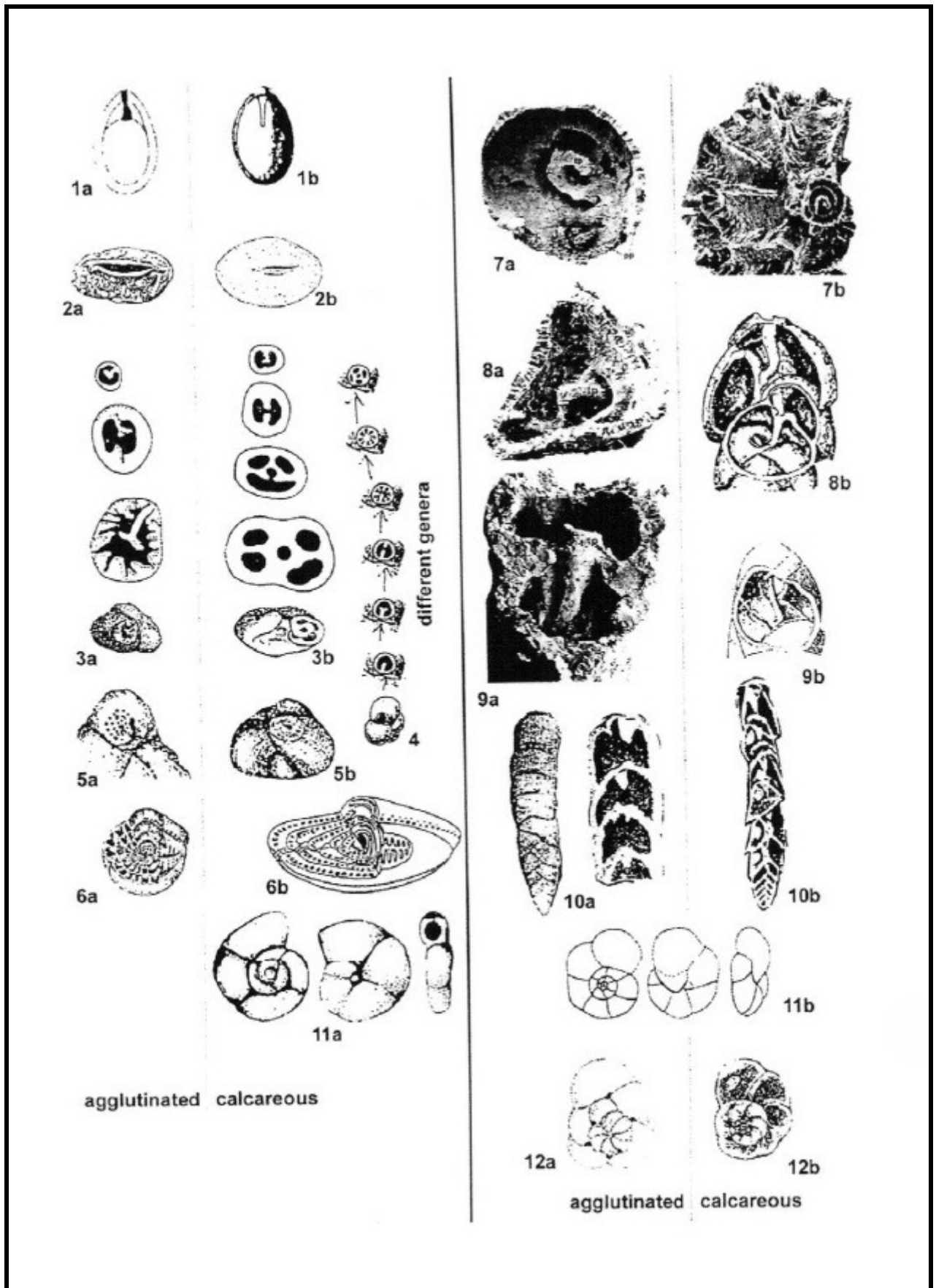


Abbildung 3

## Abbildung 3

### Beispiele der Ähnlichkeit von Position und Struktur der Hauptöffnung und der Nebenöffnungen bei homöomorphen agglutinierten und kalkschaligen Formen

(A – agglutinierte Gehäuse, B – kalkschalige Gehäuse)

1-11. Hauptöffnung

1a. Ovamina, 1b. Oolina, 2a. Cuneata, 2b. Fissurina,

3. Schema der Bildung des inneren Zahnapparates während des Wachstums von

3a. Dentostomia, 3b. Tortonella,

4. Schema der Änderung der Entwicklung des inneren Zahnapparates innerhalb der phylogenetischen Entwicklung der Miliolidenlinie

5a. Schlumbergerina, 5b. Miliola,  
6a. Reticulinella, 6b. Alveolina,

7-10. Innere Öffnungsstrukturen der Textulariana und Rotaliana

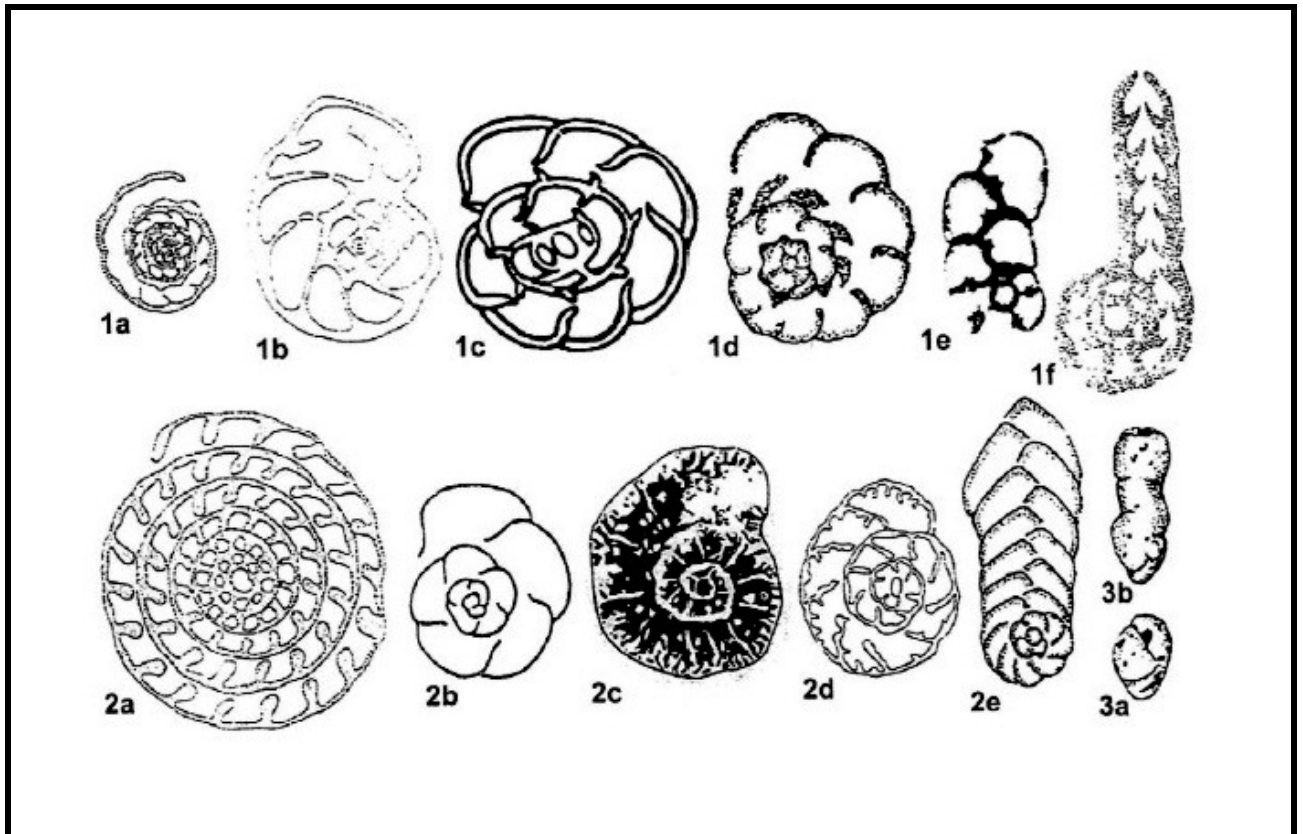
7a,8a,9a. Clavulina, nach Hottinger et al., (1993),  
7b. Neouvigerina, nach Hottinger et al., (1993),  
8b. Bulimina, nach Hofker (1947),  
9b. Neobulimina, nach Höglund (1947),  
10a,a'. Siphobigenerina, 10b. Euloxostomum,

11. Unterschiedliche Position der Hauptöffnung bei trochospiralen Formen unterschiedlicher Herkunft

11a. Fisherinella-Typ der Öffnung (terminal) (Miliolata-Linie).  
11b. Trochammina-Discorbis-Typ der Öffnung (basal oder interiomarginal) (Rotaliata-Linie)

12. Zusatzöffnungen

12a. Toretamina, 12b. Schwantzia.



## Abbildung 4

**Position der Hauptöffnung bei einigen aglutinierten und mikrogranulären Gattungen (1 und 2 im Schnitt, 1e in Durchlicht)**

### 1. Areale und interio-areale Öffnung

1a. *Melathrokerion praesigali*. areal (nach Arnaud-Vanneu, 1980), 1b. *Lituola strogguloides*, areal, nach Arnaud-Vanneu (1980), 1c. *Recurvoides laevigatum*, interio-areal, nach Höglund (1947), 1d. *Paraendothyra nalivkini*, areal, nach Fursenko & Rauser-Chernousova (1959), 1e. *Orectostomina camposi*. areal, nach Brönnimann & Beurlen, (1977), 1f. *Ammobaculites agglutinans*, areal, nach Höglund (1947).

### 2. Basale (interiomarginale) Öffnung

2a. *Nautiloculina cretacea*, nach Arnaud-Vanneu (1980), 2b. *Haplophragmoides membranaceum*, nach Höglund (1947), 2c. *Hemicyclammina sigali*, nach Mayne (1953), 2d. *Remaneica helgolandica*, nach Höglund (1947), 2e. *Spiroplectamina variabilis*, nach Subbotina et al. (1981)

### 3. Veränderung der Position der Öffnung während der Ontogenie

*Goesella fintii*, 3a. Jugendstadium, 3b. Adultes Stadium, nach Mikhalevich (1983).

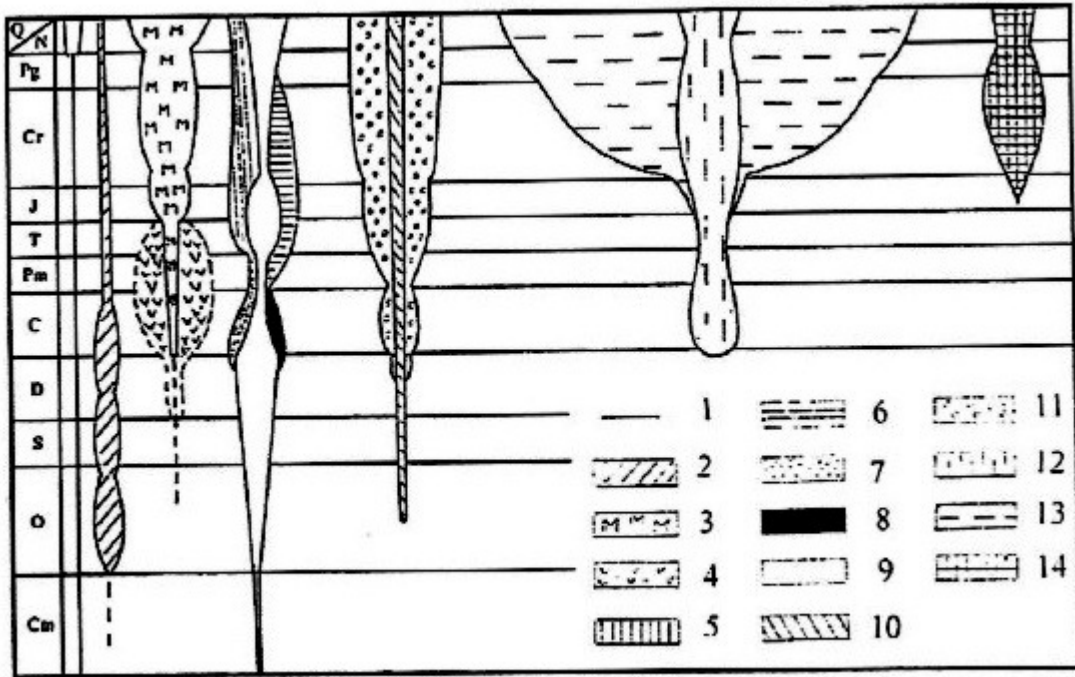


Abbildung 5

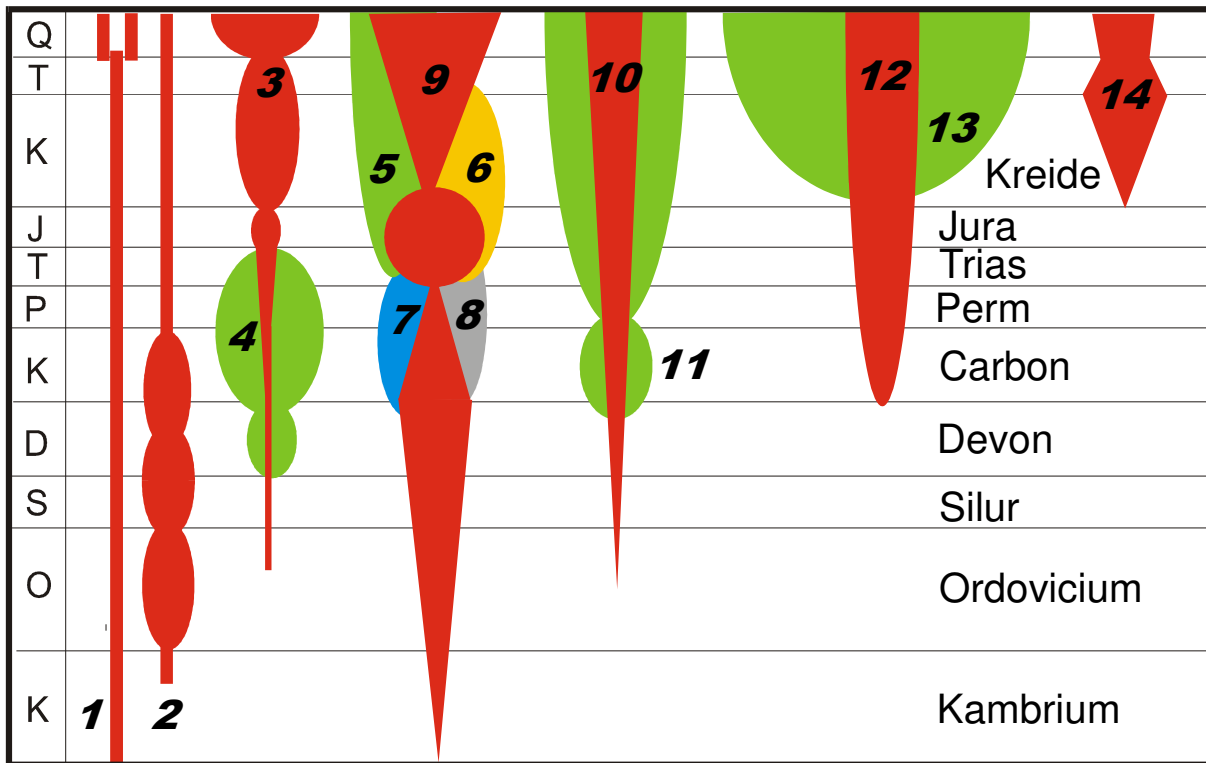
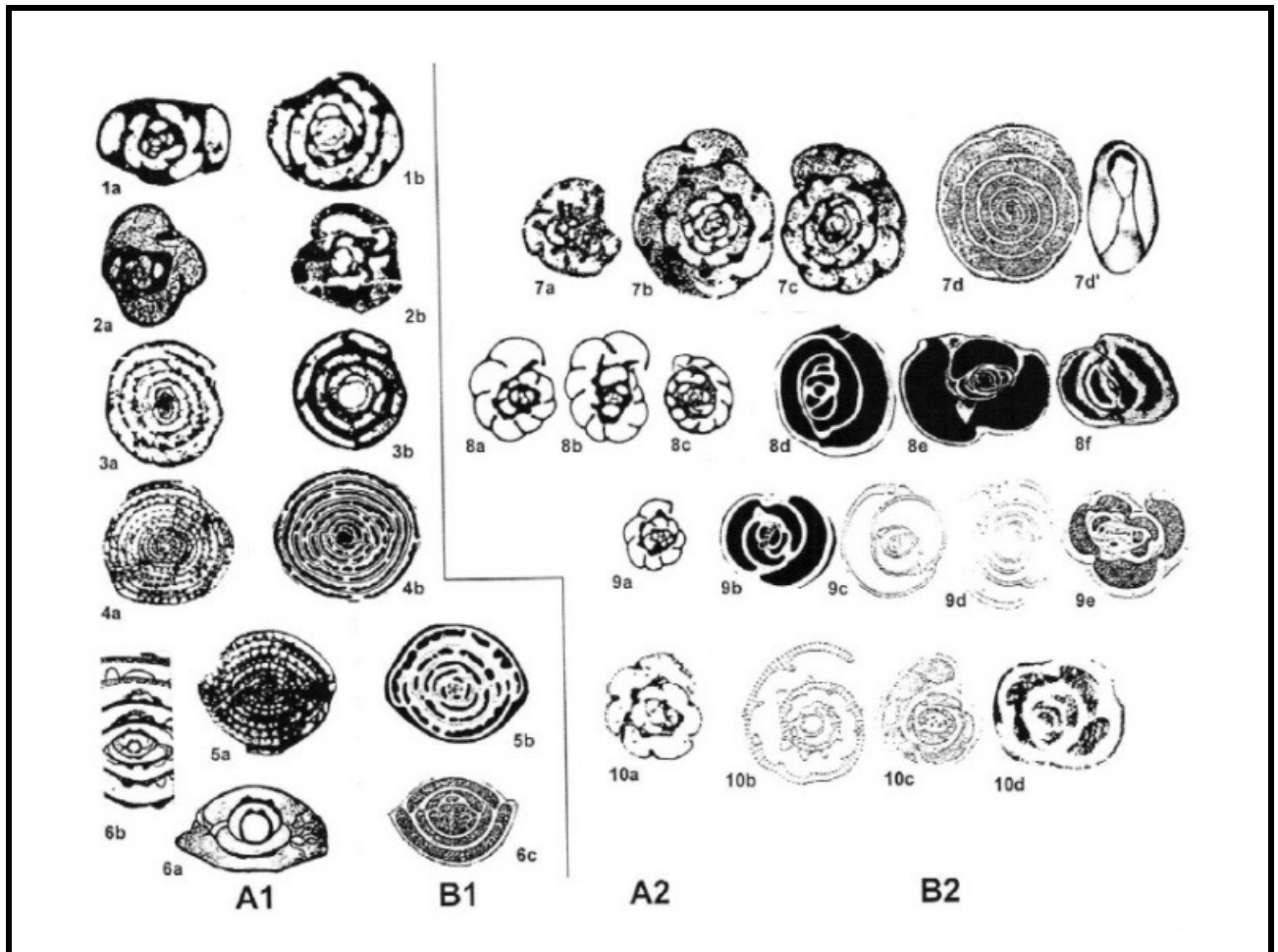


Abbildung 5, neu erstellt

## Abbildung 5

### Schema der Entwicklung der Foraminiferenklassen (mit Unterklassen agglutinerter Formen) in geologischen Zeiträumen

- 1-2.Klasse Astrorhizata
  - 1.Unterklasse Lagynana
  - 2.Unterklasse Astrorhizana
- 3,4.Klasse Miliolata
  - 3.Miliolata
  - 4.Fusulinoida
- 5-9.Klasse Spirillinata
  - 5-8.Unterklasse Spirillinana
    - 5.Superorder *Spirillinoida*
    - 6.Superorder *Involutinoida*
    - 7,8.Superorder *Archaediscoida*
      - 7.Order *Lasiodiscida*
      - 8.Order *Archaediscida*)
  - 9.Unterklasse Ammodiscana
- 10,11.Klasse Nodosariata
  - 10.Unterklasse Hormosinana
  - 11.Unterklasse Nodosariana)
- 12-14.Klasse Rotaliata
  - 12.Unterklasse Textulariana
  - 13.Unterklasse Rotaliana
  - 14.Unterklasse Globigerinana



**Abbildung 6**

**Bildung der inneren Gehäusewand und Septierung bei einigen Fusuliniden und Milioliden**

**Links:** A1.Überordnung Fusulinoida, B1.Überordnung Milioloida, nach Loeblich & Tappan (1988)

- 1.(Beachte den Charakter der Septierung):  
1a.Endochernella, 1b.Baisalina,
- 2.(Beachte den Charakter der sekundären Anlagerungen):  
2a.Nodochernyshenella, 2b.Bosniella,
- 3.(Beachte die Form der Kammerschnitte):  
3a.Pseudoendothyra, 3b.Reticulogyra,
- 4,5. (Beachte den Charakter der sekundär serraten Anlagerungen):  
4a.Maklaya, 4b.Periloculna, 5a.Cancellina, 5b.Periloculina,
- 6.(Beachte die Ähnlichkeit der Form der sekundären Anlagerungen im Proloculus von Pyrgo und bei den Chomata der Fusuliniden):  
6a.Schubertella, 6b.Tricites, 6c.Pyrgo.

## Abbildung 6

**Rechts:** A2.Überordnung Fusulinoida, B2.Überordnung Milioloida und Ordnung Lituolida

(Beachte die Ähnlichkeit der inneren sekundären Anlagerungen bei Fusuliniden und Milioliden), alle nach Loeblich & Tappan (1988) mit Ausnahme von 2a,b,c, 3a,c,e, und 4b,d.

7a.Tuberendothyra, Längsschnitt, 7b.Spinotournayella, Äquatorialschnitt, 7c.Evlania, Äquatorialschnitt, 7d,d'.Nummoloculina (d. Äquatorialschnitt, d'. Öffnungsansicht),

8a,b.Verschiedene Arten von Spinoendothyra (Plectogyra), Längsschnitte, nach Zeller (1953), 8c.Globoendothyra (Plectogyra), Längsschnitt, nach Zeller (1953), 8d,e,f.Miliolinella (d. Longitudinalschnitt, e. Horizontalschnitt, f. Lateralansicht des Gehäuses - beachte die Ähnlichkeit der inneren sekundären Anlagerungen mit dem Zahn von Milionella,

9a.Globoendothyra (Plectogyra), Längsschnitt, nach Zeller (1953), 9b.Planispirinoidis, Querschnitt, 9c.Pyrgoella sphaera, Longitudinalschnitt, nach Schlumberger (1905), 9d.Nummulopyrgo, Querschnitt, 9e.Planispirinoides, Querschnitt, nach Parr (1950),

10a.Avesnella, Längsschnitt, 10b.Melathrokerion valterenensis, Äquatorialschnitt, (Ordnung Lituolida), nach Arnaud-Vanneu (1980), 10d.Danubiella, Longitudinalschnitt, nach Neagu (1985), 10e.Hechtina, Äquatorialschnitt, nach Neagu (1970).



## LITERATUR

- Angell, R.W. 1979  
Calcification during chamber development in *Rosalina floridana*  
Journal of Foraminiferal Research, 9, (4), 341-353
- Angell, R.W. 1980  
Test morphogenesis (chamber Formation) in the foraminifer *Spiroloculina hyalina*  
Schultze  
Journal of Foraminiferal Research, 10, (2), 89-101
- Angell, R.W. 1990  
Observations on reproduction and juvenile test building in the foraminifer *Trochammina inflata*  
Journal of Foraminiferal Research, 20, (3), 246-247
- Banner, F.T. & Desai D. 1985  
The genus *Clavulinoides* Cushman emended and the new Cretaceous genus *Clavulinopsis*  
Journal of Foraminiferal Research, 15, (2), 79-90
- Banner, F.T., Whittaker, J.E. 1991  
Redmond's „new lituolid foraminifera“ from the Mesozoic of Saudi Arabia  
Micropaleontology, 37, 41 - 59
- Banner, F.T., Simmons M.D., & Whittaker J.E. 1991  
The Mesozoic Chrysalidinidae (Foraminifera, Textulariaceae) of the Middle East: the Redmond (Aramco) taxa and their relatives  
Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology Ser., 47, (2), 101-152
- Bellefleur, S. 1976  
Wall ultrastructure in the foraminifer *Cibicides floridanus* (Cushman)  
Micropaleontology, 22, 352-362
- Bender, H. 1992  
Chamber formation and biomineralization in *Textularia candeiana* d'Orbigny (Sarcodina: Textulariina)  
Journal of Foraminiferal Research, 22, (3), 229-242
- Bender, H. 1995  
Test structure and classification in agglutinated foraminifera  
In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds),  
Proceedings of the Fourth International Workshop of Agglutinated Foraminifera.  
Kraków Poland, Sept. 12 - 19, 1993  
Grzybowski Foundation Special Publication, 3, 27-70
- Bender, H. & Hemleben, C. 1988  
Calcitic cement secreted by agglutinated foraminifera grown in laboratory culture  
Journal of Foraminiferal Research, 18, (1), 42-46.

Brady, H.B. 1884

Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. Challenger, during the years 1873-1876

In: Report of the Scientific Results of the Voyage of the H.M.S. Challenger during the years 1873 - 1876. Zoology, 9.

Bubík, M. 1995

Cretaceous to Paleogene agglutinated foraminifera of the Bile Karpaty unit (West Carpathians, Czech Republic)

In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds),

Proceedings of the Fourth International Workshop of Agglutinated Foraminifera, Kraków Poland, Sept. 12-19, 1993

Grzybowski Foundation Special Publication, 3, 71-116.

Bubík, M. 1997

What is *Rothina silesica*? A taxonomic revision of the genus *Rothina* (Foraminiferida) *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 67, 175-182

Bubík, M. 2000

New observations on the type specimens of Recurvoidinae (Foraminiferida) described by Hanzlikova (1966, 1972 and 1973)

In: Hart, M.B., Kaminski, M.A., & Smart, C.W. (eds),

Proceedings of the Fifth International Workshop of Agglutinated Foraminifera

Grzybowski Foundation Special Publication, 7, 59-70

Coleman, A.R. 1980

Test structure and function of the agglutinated foraminifera *Clavulina*

*Journal of Foraminiferal Research*, 10, (2), 143-152

Desai, D. & Banner F.T. 1987

The evolution of early Cretaceous Dorothisinae (Foraminiferida)

*Journal of Micropalaeontology*, 6, (2), 13-27

Fahrni, J.F., Pawlowski J., Richardson S., Debenay J.-P., & Zaninetti L. 1997

Actin Suggests *Miliammina fusca* (Brady) is related to porcellaneous rather than to agglutinated foraminifera

*Micropaleontology*, 43, (2), 211-214

Fursenko, A.V. & Rauzer-Chernousova, D.M. (eds). 1959

[*Osnovy paleontologii. Obshchaya chast', Prosteyshie.*]

Principles of Paleontology. General part and Protozoa. Moscow, 1-482 (In Russian).

Geroch, S. & Kaminski, M. 1995

An emendation of some Cretaceous species of „*Reophax*“ (Foraminiferida) from northwest Europe and Poland

In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds),

Proceedings of the Fourth International Workshop of Agglutinated Foraminifera, Kraków Poland, Sept. 12 - 19, 1993

Grzybowski Foundation Special Publication, 3, 117-122

- Gooday, A.J. & Smart, C.W. 2000  
Wall structure and test morphology in three deep-sea agglutinated foraminifera, *Rhabdammina parabyssorum* Stschedrina 1952, *R. abyssorum* Sars 1869 and *As-torhiza granulosa* (Brady 1879) (Foraminiferida, Textulariina)  
In: Hart, M.B., Kaminski, M.A., & Smart, C.W. (eds),  
Proceedings of the Fifth International Workshop an Agglutinated Foraminifera.  
Grzybowski Foundation Special Publication, 7,105-115
- Gubenko, T.A. 1988  
Microstructura stenki rakoviny nekotorych permskich i triasovych miliolat [Wall ultra-structure of the Shell of some Permian and Triassic Miliolata]  
In: Mikhalevich, V.I. (ed.), In: Sistematika, ekologiya i stratigrafiya miliolyat (Foramini-fery), Trudy Zoologfcheskogo Instituta AN SSSR,184, 44-49 + 1 tabl. (In Russian)
- Gubenko, T.A. 1989  
Tipy stroenia stenki rakovin rannekamennougolnykh foraminifer [Types of structure of the Lower Carboniferous Foraminiferal Shell wall]  
PhD. Thesis summary, Vladivostok, 1-20 (In Russian)
- Gudmundsson, G. 1994  
Phylogeny, ontogeny and systematics of Recent Soritacea Ehrenberg, 1839 (Fora-miniferida)  
Micropaleontology, 40,101-156
- Hart, M. 1995  
*Labyrinthidoma* Adams, Knight & Hodgkinson, an unusually large foraminiferal genus from the chalk facies (Upper Cretaceous) of southern England and northern France  
In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds),  
Proceedings of the Fourth International Workshop an Agglutinated Foraminifera.  
Kraków Poland, Sept. 12 - 19, 1993  
Grzybowski Foundation Special Publication, 3,27-70
- Haynes, J.R. 1981  
Foraminifera  
John Wiley and Sons, New York. 433 pp
- Hemleben, C., Anderson, O.R., Berthold, W.U. & Spindler, M. 1986  
Calcification and chamber formation in Foraminifera - a brief overview  
In: Leadbeater B.S.C. & Riding R., (eds)  
Biomineralization in plants and animals  
The Systematics Association Special Volume, 30, 237-249
- Holbourn, A.E.L., Kaminski, M.A. 1997  
Lower Cretaceous deep-water benthic foraminifera of the Indian Ocean  
Grzybowski Foundation Special Publication, 4,172
- Hottinger, L. 2000  
Functional morphology of benthic foraminiferal shells, envelopes of cells beyond measure  
Micropaleontology. vol. 46, suppl. 1., 57-87

- Hottinger, L., Halicz, E., & Reiss, Z. 1993  
Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea  
Slovenske Akademije Znanosti in Umelnosti - S.A.Z.U., Ljubljana, Dela Opera, 33,  
179 pp.
- Jones, R.W., Bender, H., Charnock, M.A., Kaminski, M.A., Whittaker, J.E. 1993  
Emendation of the foraminiferal genus *Cribrostomoides* Cushman, 1910, and its tax-  
onomic implications  
Journal of Micropaleontology, 12,181-193
- Kaminski, M.A. 2000  
The New and Reinstated Genera of Agglutinated Foraminifera published between  
1986 and 1996  
In: Hart, M.B., Kaminski, M.A., & Smart, C.W. (eds),  
Proceedings of the Fifth International Workshop on Agglutinated Foraminifera  
Crzybowski Foundation Special Publication, 7,185-219
- Kaminski, M.A., this volume  
The new and reinstated genera of agglutinated Foraminifera published between 1996  
and 2000  
In: Bubík, M. & Kaminski, M.A. (eds)  
Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera  
Grzybowski Foundation Special Publication, 8, 247-261
- Kaminski, M.A., Neagu, T. & Platon, E., 1995  
A revision of *Falsogaudryinella* from the Lower Cretaceous of the North Sea and  
Romania, and its relationship to *Uvigerriammina*  
In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski MA. (eds),  
Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera  
Grzybowski Foundation Special Publication, 3,145-157.
- Kaminski, M.A., Kuhnt, W., Radlev J. D. 1996  
Paleocene-Eocene deep water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch  
(Rif, Northern Morocco): their significance for the palaeoceanography of the Gibraltar  
gateway  
Journal of Micropaleontology, 15, 1-19
- Kaminski, M.A., Holbourn, A.E.L., & Geroch, S. 1997  
*Neaguammia* n.gen., a new agglutinated foraminiferal genus from the Lower Creta-  
ceous of DSDP Site 263 (Indian Ocean)  
Annales Societatis Geologorum Poloninr, 67, 231-235
- Kaminski, M.A. & Filipescu, S. 2000  
*Praesphaerammina*, a new genus of Cenozoic deep-water agglutinated foraminifera  
from the Carpathian flysch deposits  
Micropaleontology, 46, (4), 353-359
- Labas, Ju.A., & Mikhalevich, V.I. 1987  
Rakovinoobrazovanie u Textulariata i Rotaliata (Foraminifera) [Shell formation in Te-  
xtulariata and Rotaliata (Foraminifera)]  
Thesisy dokladov i soobstschenij IV s'ezda VOPR. L.: Nauka, 11. (In Russian)

- Lee, J.J. 1990  
Phylum Granuloreticulosa (Foraminifera)  
In: Margulis, Lee et al., (eds),  
Handbook on Protoctista. Jones and Barlett Publishers, Boston, 524-548
- Lee, J.J., Pawlotivski, J., Debenay, J.P., Whittaker, J.E., Banner, F.T., Gooday, A.J., Tendal, O., Haynes, J., & Faber, W.W. 2000  
Class Foraminifera  
In: Lee, J.J., Leedale, G.F. & Bradbury, P. (eds),  
An illustrated Guide to the Protozoa, second edition. Society of Protozoologists (Allen Press, Lawrence Kansas), pp. 877-951.
- Loeblich, A.R. & Tappan. H. 1964  
Part C. Protista 2. Chiefly „Thecamoebians“ and Foraminiferida  
In: Moore, RC. (ed.),  
Treatise on Invertebrate Paleontology  
The Geological Society of America and the University of Kansas  
Lawrence Kansas, 900 pp.
- Loeblich, A.R., Jr., & Tappan, H. 1985  
Some new and redefined genera and families of agglutinated foraminifera  
Journal Foraminiferal Research, 15, 91-104
- Loeblich, A.R., Jr., & Tappan, H. 1987  
Foraminiferal Genera and their Classification  
Van Nostrand Reinhold. 970 pp + 847 pl.
- Loeblich, A.R., Tappan, H., 1992  
Present status of Foraminiferal Classification  
In: Takavanagi, Y. & Saito, T (eds),  
Studies in benthic Foraminifera. Tokai University Press, 93-102.
- Loeblich, A.R., Jr., & Tappan, H. 1994  
Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea  
Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication, 31, 661 pp.
- Macintyre, I.G., & Reid R.P, 1998  
Recrystallization in living porcelaneous Foraminifera (*Archais angulatis*): Textural changes without mineralogic alteration  
Journal of Sedimentary Research, 65, (1), 11-19
- Margulis, L. 1974  
Five-kingdom classification and the origin of evolution in cells  
Evolutionary Biology, 7, 45-78
- Margulis, L. & Schwartz, K. 1988  
Five Kingdoms: An illustrated Guide to the Phyla of life on Earth (second edition)  
W.H. Freeman & Co, New York, 376 pp.
- Maslakova, N.I. & Gorbachik, T.N. 1995  
Class Foraminifera. Foraminifers  
In: Micropaleontology. Publ. Moscow Univ., 13-111. (In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1980

Sistematika i evolyuciya foraminifer v svete novykh dannykh po ih citologii i ul'trastrukture [Systematics and evolution of the Foraminifera In view of the new data on their cytology and ultrastructure]

In: Principy postroeniya makrosistemy odnokletochnykh zivotnykh  
Trudy Zoologicheskogo Instituta, AN SSSR, 94, 42-61 (In Russian).

Mikhalevich, V.I. 1981

Parallelizm i konvergencia v evolucii skeletov Foraminifer [The parallelism and convergence in the evolution of the Foraminiferal skeleton]

Trudy Zoologicheskogo Instituta, AN USSR, 107, 19-41 + 2 pls. (In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1983

Donnye Foraminifery shel'fov tropicheskoy Atlantiki [The bottom foraminifera of the shelves of the Tropical Atlantic]

Skarlato, O.A. (ed),

Zoological Institute of USSR Academy of Sciences, Leningrad, 247 pp. + 26 tables.  
(In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1988

Sistema podklassa Miliolata (Foraminifera) [The systematics of the subclass Miliolata (Foraminifera)].

In: V.I. Mikhalevich (ed.),

Sistematika, ekologiya i stratigrafiya miliolyat (Foraminifery)

Trudy Zoologicheskogo Instituta, AN SSSR, 184, 77-110 + 8 pls. (In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1992

Makrosistema foraminifer [The macrosystem of the Foraminifera]

Doct. Thes. St.-Pb., 1-43 (In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1995

A new classification of the class Astrorhizata (Foraminifera)

Zoosystematica Rossica, 3 (2), 161-174

Mikhalevich, V.I. 1998

On taxonomic position of the family Dusenburyinidae (Foraminifera)

Zoologicheskij Journ., 77 (8), 976-978

Mikhalevich, V.I. 1998

Makrosistema foraminifer [The Macrosystem of the Foraminifera]

Izvestija Russian Academy Sciences. Ser. Biol., 2, 266-271. (In Russian)

Mikhalevich, V.I. 1999

Sistema i filogeniya Foraminifer [The Foraminiferal System and Phylogeny]

Lichachev. S.F. (ed), Suchanova, K.M., Starobogatov, Ja.I. (rev-s).

Zoological Institute RAS, Omskij Gosudarstvennyi Pedagogicheskij Universitet St.

Petersburg - Omsk. Biologicheskaja Ser. Vyp. 3. 1-185 + 28 pls. (In Russian, English summary p. 11-30).

Tip Foraminifera d'Orbigny, 1826 - Foraminifery [The phylum Foraminifera d'Orbigny, 1826 – Foraminifers]

In: Alimov, A.E (ed.),

Protisty: Rukovodsko po Zoologii, pt.1. Nauka Publishers, St. Petersburg, pp. 533-623. (In Russian, with English summary pp. 611-616)

Mikhalevich, V.I., & Debenay J.-P. 2001

The main morphological trends in the development of the foraminiferal aperture and their taxonomic significance

Journal of Micropaleontology, 20.13-28

Mikhalevich, V.I., Rodionova M.K., & Sinjakova G.N. 1986

Ultrastructura stenki dvuh agglutinirovannyh rodov foraminifer quinqueloculinovogo tipa stroenija [The wall ultrastructure of the two agglutinated foraminiferal genera with the quinqueloculine type of the shell]

Trudy Zoologicheskogo Instituta, AN USSR. 144, 66-71. ([n Russian)

Mikhalevich, V.I., Pronina, G.P., & Nestell, M. 2000

Novyj antarcticheskij vid *Saccamina basispiculata* sp. nov. i ego polozhenie v sisteme foraminifer [The new antarctic species *Saccamina basispiculata* sp. nov. and its taxonomic position (foraminifera)]

Intern. Congr. - 2000 „Fundamental problems of the natural sciences and technic“, 1, (1), S-Petersburg. Russia, 184-187 + 1 pl. (In Russian)

Mikhalevich, V.I., & Voronova, M.N. 1999

O sistematičeskom polozhenii roda *Pelosina* Brady, 1879 (Xenophiophoria, Protista, Inc. Sedis) [On taxonomic position of the genus *Pelosina* Brady, 1879 (Xenophiophoria, Protista, Inc. Sedis.)]

Zool. Journal, 78, (2), 133-141. (In Russian).

Nagy, J., Basov, V.A. 1998

Revised foraminiferal taxa and biostratigraphy of Bathonian to Ryazanian deposits in Spitsbergen

Micropaleontology, 44, (3), 217-255.

Neagu, T. 1975

Monographie de la Faune des Foraminiferes des Eocretaces du couloir de Dimbivicioara, de Codlea et des Monts Persani (Couches de Carhaga)

Memorii, Institut de Geologie si Geofizica, Bucuresti, 25, 1-141

Neagu, T. 1979

Données nouvelles concernant les representants de la familiee des Pfenderinidae de l'éocretacé de la Dobrogea Meridionale (Roumanie)

Revista Espanola de Micropaleontologia, 11, (3), 479-504

Neagu, T. 1997

Lower Cretaceous agglutinated foraminifera from the superfamilies Verneuillinea and Ataxophragmiacea; southern Dobrogea, Romania

Annales Societatis Geologorum Poloniae, 67, 307-323

- Neagu, T. 2000  
Lower Cretaceous calcareous agglutinated Foraminifera from Southern Dobrogea, Romania  
In: Hart, M.B., Kaminski, M.A., & Smart, C.W. (eds)  
Proceedings of the Fifth International Workshop on Agglutinated Foraminifera  
Grzybowski Foundation Special Publication, 7, 363-386
- Neagu, T., & Platon, E. 1994  
Genera *Haplophragmoides* Cushman, 1910; *Recurvoides* Earland, 1934; *Thalmanammina* Pokorny, 1951; *Plectorecurvoides* Noth, 1952 and *Pokornyammina* n.gen.  
From Upper Cretaceous flysch facies, Eastern Carpathians, Romania  
Revista Espaniola de Micropaleontologia, 26, (1), 5-30
- Neagu, T., & Neagu, M. 1995  
Smaller agglutinated foraminifera from the Achanticum Limestone (Upper Jurassic), Eastern Carpathians – Romania  
In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds)  
Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Kraków Poland, Sept. 12 - 19, 1993  
Grzybowski Foundation Special Publication, 3, 211-225
- Pawlowski, J., Bolivar, I., Fahrni, J., Zaninetti, L., & Kitazato, H. 1995  
Partial LSUrDNA sequences of *Trochammina* sp. (Foraminiferida)  
In: Kaminski M.A., Geroch S., & Gasinski M.A. (eds)  
Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Sept. 12-19, 1993. Kraków, Poland  
Grzybowski Foundation Special Publication, 3, 227-232
- Pawlowski, J., Bolivar, I., Fahrni, J., Vargas, C., Gouy, M., & Zaninetti, L. 1997  
Extreme differences in rates of molecular evolution of Foraminifera revealed by comparison of ribosomal DNA sequences and the fossil record  
Molecular Biology and Evolution, 14, (5), 498-505
- Pawlowski, J., Holzmann, M., Berney, C., Fahrni, J., Cedhagen, T., & Bowser, SS, 2002  
Phylogeny of allogroiid Foraminifera inferred from SSU rRNA gene sequences  
Journal of Foraminiferal Research, 32 (4), 334-343
- Pawlowski, J. 2000  
Introduction to the molecular systematics of Foraminifera  
Micropaleontology, 46, Suppl. 1, 1-13
- Plotnikova, L.F. & Egorova, S.Y. 1982  
Osobennosti stroenija stenki rakovin ataxophragmiid [The peculiarities of the wall structure of ataxophragmiid shells]  
In: Paleontologija i stratigraphija mesozoja Ukrainy. Institute Geologicheskich Nauk, Kiev, 24-25 (In Russian)



- Popescu, G., Cicha, I., & Rögl, F. 1998  
 Systematic Notes  
 In: Cicha, L, Rögl, F., Rupp, C., & Cytroka, J. (eds)  
 Oligocene - Miocene foraminifera of the Central Paratethys  
 Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft, 549, 69-325
- Popescu, G. 2000  
 Lower and Middle Miocene agglutinated foraminifera from the Carpathian area  
 Acta Palaeontologica Romaniaae, 2, 407-425
- Rauscher-Chernousova, D.M., Bensch, F.R., Vdovenko, M.V., Gibshman, N.B., Leven, E. Ja., Lipina, O.A., Reytlinger, E.A., Solovjeva, M.N., & Chedija, I.O. 1996  
 Spravochnik po systematike foraminifer paleozoja (Endotyroidy, Fusulinoidy) [Reference-book on the systematics of Paleozoic foraminifera (Endothyrida, Fusulinida)]  
 Geologicheskij institute Rossijskoj Akademii Nauk. Nauka, Moscow, 1-207
- Reuss, A.E. 1862  
 Entwurf einer systematischen Zusammenstellung der Foraminiferen  
 Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe (1861), 44, (1), 355-396
- Saidova, Kh.M. 1981  
 O sovremennom sostojanii nadvidovykh taksonov kajnozojskych bentosnykh Foraminifer [On the present state of the supraspecific taxa of the Cenozoic benthonic Foraminifera] Rauscher-Chernousova, D.M., Isakova, T.N., Reytlinger, E.A. (eds)  
 Moscow: Inst. Okeanologii P.P. Shirshova, Akademiya Nauk SSSR, 1-73. (In Russian)
- Schultze, M.S. 1854  
 Ueber den Organismus der Polythalamien (Foraminiferen) nebst Bemerkungen ueber die Rhizopoden im Allgemeinen  
 Leipzig: Wilhelm Engelmann
- Schwager, C. 1877  
 Quadro del proposto sistema de classificazione dei foraminiferi con guscio  
 Bolletino R. Comitato Geologico Italia 8, (1 -2),18-27.
- Septfontaine, M. 1988  
 Towards an evolutionary classification of Jurassic Lituolids (Foraminifera) in carbonate platform environment  
 Revue de Paléobiologie Special Volume, 2, 229-256
- Starobogatov, Ja., & Mikhalevich, A 1985  
 On the heterogeneity of the Sarcodina  
 Abstr. 7th Intern. Congress Protozool. Nairobi. Kenya, 189, 100.
- Tendal, O.S. 1979  
 Aspects of the biology of Komokiacea and Xenophyophoria  
 Sarsia, 64,13-17.

- Toksvad, T., & Hansen, H.J. 1983  
A study of calcareous cement in agglutinated Foraminifera  
In: Verdenius, J.G., Van Hinte, J.E., Fortuin, A.R. (eds)  
Proceedings of the First Workshop on Arenaceous Foraminifera 7-9 September  
1981. Continental Shelf Institute, Trondheim, Publication, 108,159-169
- Towe, K.M., & Cifelli, R.1967  
Wall ultrastructure in the calcareous Foraminifera: Crystallographic aspects and a  
model for calcification  
Journal of paleontology, 41, 742-762
- Tyszka, J. 1997  
*Miliammina gerochi* n.sp. - a Middle Jurassic rzehakinid (Foraminiferida) from quasi-  
anaerobic biofacies  
Annales Societatis Geologorum Poloniae, 67,355-364
- Vdovenko, M.V., Rauzer-Chernousova, D.M., Reitlinger, E.A., & Sabirov, A.A. 1993  
Spravochnik po sisternatike melkich foraminifer Paleozoya (za isklucheniem endoti-  
roidey i permskikh mnogokamernykh lagenoidy [A reference-book on the systemat-  
ics of Paleozoic Foraminifera (excluding endothyrids and Permian multichambered  
lagenids] Rauser-Chemousova, D.M., Reitlinger E.A. (eds)  
„Nauka“ Publishers, Moscow, 1-125.
- Wetmore, K.L. 1999  
Chamber formation in *Archaias angulatus*  
Journal of Foraminiferal Research, 29, (1), 69-74