

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 59 (1966)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Afrobolivina africana (Graham, de Klasz, Rérat) : quantitative Untersuchung der Variabilität einer paleozänen Foraminifere  
**Autor:** Reyment, R.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-163374>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# *Afrolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT)

## Quantitative Untersuchung der Variabilität einer paleozänen Foraminifere

Von R. A. Reyment (Ibadan)<sup>1)</sup>

Mit 11 Textfiguren und 3 Tafeln (I–III)

---

### INHALT

Einleitendes . . . . .	319
Fassung der Gattung <i>Afrolivina</i> . . . . .	320
Zur Taxonomie der Bolivinen . . . . .	320
Zur Deutung der Gehäusemorphologie von <i>Afrolivina</i> . . . . .	323
Beschreibung von <i>Afrolivina africana</i> (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT) . . . . .	324
Quantitative Untersuchung der Variabilität bei <i>A. africana</i> . . . . .	327
Zur Analyse der Ergebnisse . . . . .	335
Zusammenfassung . . . . .	336
Literatur . . . . .	337

### EINLEITENDES

Die Gattung *Afrolivina* wurde vom Verf. 1958 für gewisse biserialen Kreidebolivinen aus Nigeria aufgestellt. Es hiess in der ursprünglichen Diagnose, dass der Unterschied zwischen *Afrolivina* und *Bolivina* s. str. darin liege, dass die Vertreter der erstgenannten Gattung mit deutlich ausgebildeten sogenannten Vertikalsepten versehen seien. In dieser Diagnose wurde nicht unterstrichen, dass eines der Hauptmerkmale der Gattung die sehr verschiedene morphologische Gestaltung sei, obgleich diese Tatsache aus dem Text und den Abbildungen deutlich hervorgeht. In der gleichen Arbeit wurden mehrere Fragen der Taxonomie der zweireihigen Kalkschalen diskutiert. Da aber diese Probleme jüngst von anderen Autoren zu erneuter Prüfung aufgenommen worden sind, wobei teilweise wesentlich andere Ergebnisse erhalten wurden (LOEBLICH und TAPPAN, 1964), scheint es am Platze zu sein, sich der Sache wieder einmal zu widmen, besonders auch darum, weil die abweichenden Deutungen hauptsächlich auf Missverständnissen beruhen.

---

<sup>1)</sup> Department of Geology, University of Ibadan, Nigeria. Gegenwärtige Anschrift: Geologiska Institutet, Stockholm 45, Schweden.

Die photographischen Aufnahmen sind von Herrn Präparator A. C. FLEMING und dem Verfasser ausgeführt worden. Die Textfiguren sind von Herrn L. BABALOLA gezeichnet worden, die beiden Tafelabbildungen von Herrn M. O. DADA. Diesen Herren möchte ich an dieser Stelle bestens danken.

#### FASSUNG DER GATTUNG *AFROBOLIVINA*

Eine Gattung der *Bolivinidæ* mit biserialem aufgeblähtem Gehäuse. Die grösste Dicke und Breite des Gehäuses befindet sich bei einigen Individuen etwa in der Mitte der Gehäuselänge, bei anderen etwas oberhalb derselben. Die Skulptur besteht aus Überlappungen, geraden, verzweigten Rippenmustern, welche zwischen Überlappungen gelegen sind, sowie Zusammenfügungen beider Elemente. Die letzten beiden Kammern pflegen glatt zu sein. Die Zahnplatte ist für die Boliviniden typisch, besitzt aber eine längere freie Falte samt einer Grube, welche der apikalen Linie der Zahnplattenfalte entlang verläuft. Die Kammern sind etwa kugelig. Der Raum zwischen der Kammerwand und dem oberen Teil der Kammern enthält ungefähr zwölf septenähnliche Wände, welche in Richtung gegen die Mündung zu sich etwas verdicken und sogar dachähnlich erweitern können; jedoch meistens ohne den ganzen Abstand zwischen zwei nebeneinander liegenden Wänden völlig zuzudecken. Hier wird also eine Art von Kämmerchen gebildet. Der Kontakt zwischen diesen Scheidewänden und der Aussenwand bildet häufig ein scharfes, erhöhtes, schmales Rippchen, welches wegen starker Verkalkung der Schale nicht bei allen Individuen erkennbar ist. Die Wände sind mit meistens verhältnismässig feinen Poren versehen. Die am häufigsten auftretende Gehäuseform ist biserial und mit vielen Kammern ausgestattet; eine zweite Form fängt als zweireihiges Gehäuse an, wird aber später einreihig. Der dritte Gehäusotypus besitzt eine geringere Anzahl von Kammern, meistens weniger als sieben, das Gehäuse ist kurz, obwohl Breite und Dicke mit denen der ersten Gehäuseform völlig übereinstimmen.

Die Schalenwand besteht aus drei Schichten. Die innere und äussere Schicht sind dünn und lamellenartig. Die mittlere Schicht ist erheblich dicker als die andern und radial aufgebaut. Die septenähnlichen Scheidewände gehören zur inneren Schicht, weisen aber keine besondere Struktur auf. Die oberen Wände der Kammern sind ebenfalls dreiteilig.

Die Wandporen sind verhältnismässig unregelmässig im Querschnitt. Im Längsschnitt sind die Poren in der Mitte eingeschnürt.

#### ZUR TAXONOMIE DER BOLIVINIDEN

Die Systematik gewisser Boliviniden ist vom Verfasser (REYMENT, 1959) vor einigen Jahren behandelt worden. In dieser Arbeit sind die Einheiten *Bolivinoïdes* CUSHMAN, *Loxostomoides* REISS, *Loxostomum* EHRENBERG, und *Bolivina* D'ORBIGNY diskutiert worden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung waren, dass *Bolivinoïdes* und *Bolivina* als sehr eng verwandt anzusehen und in die gleiche Gattung zu stellen seien, und dass *Loxostomoides* lediglich eine mögliche Variationserscheinung gewisser Vertreter der Gattung *Bolivina* sei; diese Einheit wurde als Untergattung von *Bolivina* beibehalten, die künstliche Natur dieser Lösung jedoch deutlich hervorgehoben. Das Vorhandensein von Überlappungen bei *Bolivina plicata* D'ORBIGNY (Typ-Species

der Gattung *Bolivina*) wurde erwähnt und die Verwirrung in der Auffassung von *Bolivina* und *Bolivinoïdes* veranschaulicht (REYMENT, 1959, S. 11).

Schliesslich wurde darauf aufmerksam gemacht (REYMENT, 1959, S. 14), dass die «*Bolivina* mit Überlappungen» und diejenigen «ohne Überlappungen» bei gewissen Autoren als getrennte Gattungen aufgefasst worden sein könnten, dass aber diese Trennung künstlich und zu vermeiden sei. LOEBLICH und TAPPAN (1964) haben nun diese Handlungsweise gewählt und den Namen *Brizalina* COSTA für die Formen ohne irgendwelche Krümmung der Kammersutur wieder eingeführt.

LOEBLICH und TAPPAN (1964, S. 548) nehmen an, dass die Familie der Boliviniden (bei ihnen wird der Name *Bolivinitidae* verwendet) aus folgenden Einheiten besteht: *Bolivinitina* CUSHMAN, *Brizalina* COSTA, *Gabonella* DE KLASZ, MARIE, MEIJER, *Grimsdaleina* BOLLI, *Laterostomella* DE KLASZ, RÉRAT, *Loxostomoides* REISS, *Rectobolivina* CUSHMAN, *Tappanina* GALLITELLI, und *Unicosiphonia* CUSHMAN. Wir werden uns erlauben, dazu einige Bemerkungen anzufügen.

*Bolivinita* CUSHMAN, 1927 (Miozän bis rezent nach LOEBLICH und TAPPAN) soll aus komprimierten Gehäusen mit annähernd viereckigem Querschnitt bestehen. Die Ecken der viereckigen Kammern sind mit axialen Rippchen oder Kielen versehen. Es ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass *Bolivinita* und *Bolivina* sich in bezug auf Kammerbau und Mündung sehr ähneln, sich aber durch die an den Kammerecken gelegenen Kiele, den viereckigen Querschnitt und die Abwesenheit von Überlappungen bei *Bolivinita*, sowie durch die angebliche beschränkte stratigraphische Reichweite dieser Gattung unterscheiden. *Bolivinoïdes* CUSHMAN, 1927 (LOEBLICH und TAPPAN, 1964, S. 549) wurde wegen ihrer angeblichen stratigraphischen Verwendbarkeit (angegeben als oberes Santon bis Paleozän), sowie wegen der bezeichnenden Morphologie, hauptsächlich der Längsrippen, ebenfalls beibehalten. *Bolivina* D'ORBIGNY, 1839 wurde auf Formen mit Überlappungen oder nur schwachen Krümmungen der Kammerwandsutur beschränkt, während die biserialen Formen ohne irgendwelche Krümmung dieser Sutur in *Brizalina* COSTA, 1856 eingestuft wurden. *Afrobolivina* wurde als synonym zu *Bolivina* betrachtet, weil die «Septen» nur als die Anheftungsstellen von Überlappungen gedeutet worden waren. *Loxostomoides* REISS, 1957 wurde auf Senon bis Paleozän beschränkt und als selbständige Gattung betrachtet; diese sollte Formen umfassen, die zweireihig sind, aber bei fast erwachsenen Individuen einreihig werden können, die einen runden Kammerquerschnitt und Überlappungen besitzen, ferner eine Mündung, welche bei älteren Zuwachsstadien auf der oberen Kammerseite gelegen ist. Auf die eventuellen Unterschiede zwischen *Loxostomoides* und *Bolivina* wurde nicht eingegangen. *Rectobolivina* CUSHMAN, 1927 wurde als gültige Gattung anerkannt, aber ihre Abgrenzung gegen *Loxostomoides* nicht erörtert. *Unicosiphonia* CUSHMAN, 1935 wurde von *Rectobolivina* dadurch getrennt, daß die Kammern der erstgenannten Gattung mit Überlappungen versehen sind. Diese Definition stimmt mit der für *Loxostomoides* angeführten völlig überein.

Die jetzige Untersuchung macht keinen Anspruch darauf, eine vollständige Revision der Boliviniden darzustellen. Dazu wäre ein grosses gut untersuchtes Material nötig. Hier kann bloss auf die Verhältnisse zwischen *Afrobolivina*, *Bolivina* und *Loxostomoides* eingegangen und einige der Behauptungen von LOEBLICH und TAPPAN näher betrachtet werden.

Was die Fassung der Boliviniden im allgemeinen anbetrifft, scheint es dem Verfasser weniger künstlich zu sein, *Brizalina* und *Bolivinita* zu *Bolivina* zu stellen. Die von LOEBLICH und TAPPAN vorgeschlagene Klassifikation ist eine uneinheitliche künstliche Mischung, die bei einigen Einheiten auf zoologischen, bei anderen auf stratigraphisch-paläontologischen Argumenten beruht. Bei einigen Einheiten wird die stratigraphische Verwendbarkeit als Hauptmerkmal hervorgehoben, bei anderen dienen morphologische Merkmale zur Abgrenzung. Die Gültigkeit der Einheiten *Loxostomoides*, *Rectobolivina*, und *Unicosiphonia* muss durch eine genaue anatomische und mathematisch-statistische Behandlung geprüft werden.

Die Darstellung dieser Einheiten im *Treatise*, besonders aber deren Abgrenzung ist in hohem Grade unnatürlich.

Die Kammerscheidewände (Septen) von *Afrobolivina*. – LOEBLICH und TAPPAN (1964, S. 549) haben den unbewiesenen Schluss gezogen, dass die Vertikalscheidewände dieser Gattung keine Sonderstruktur sondern die Anheftungsstellen der übergerollten Teile der kameralen Überlappungen seien. Diese Meinung lässt sich aus folgenden Gründen nicht aufrecht erhalten. Wie aus Tafel II, Fig. 4 und 5, Taf. III, Fig. 1, 3, 5, 6, 7, sowie REYMENT (1959, S. 30, Fig. 11) mit aller Deutlichkeit hervorgeht, sind die Scheidewände eine Bildung der innersten Schalenschicht der Wand und nicht, wie dies der Fall wäre, wenn die Deutung LOEBLICHs und TAPPANs richtig wäre, ein eingerollter Teil der drei Schichten der ganzen Schalenwand. Die Vertikalsepten erweitern sich oft allmählich mündungswärts, wobei sie manchmal ein Halbdach bilden (vgl. Taf. I, Fig. 1, 30; auch REYMENT, 1959, S. 30, Fig. 7, Taf. II, Fig. 5). Den Scheidewänden fehlen Poren.

Der Verfasser hat die mit Überlappungen versehenen *Bolivina*-Arten, *B. cf. plicatella* CUSHMAN, *B. cf. floridana* CUSHMAN und *B. cf. subadvena* CUSHMAN (Privatsammlung von F. BANNER, England) in Dünnschliffen und mittels Ätzung der Schale untersucht, ohne derartige Septalstrukturen zu finden. Zwar bilden die Überlappungen dieser Arten Ansatzstellen, aber diese sind von unregelmässiger Gestalt und Höhe. Sie treten nur dort deutlich hervor, wo die Überlappungen gross, kugelförmig und stark eingerollt sind. Ausserdem ist der Schalenbau genau derselbe wie bei der übrigen Aussenwand. Die Scheidewände weisen keine Neigung dazu auf, sich mündungswärts zu erweitern. Sie sind zudem mit Poren versehen (vgl. REISS, 1958, Fig. h, i).

Gehäusemorphologie bei *Afrobolivina*. – Drei Gehäusetypen lassen sich bei *Afrobolivina* erkennen. Die am häufigsten auftretende Form ist vollständig zweireihig. Sie besteht aus mehreren Kammern. Megalosphärische Individuen sind zahlreicher als ausgeprägt mikrosphärische.

Die zweite Gehäuseform besitzt weniger Kammern (etwa 3 bis 7) als die erste Gruppe, aber erwachsene Individuen sind zweireihig und ebenso breit und dick wie durchschnittliche Vertreter der großen Gehäuse. Ausgeprägt megalosphärische Individuen sind am häufigsten, während bis jetzt keine ausgeprägt mikrosphärischen Exemplare beobachtet worden sind.

Die dritte Gehäuseform besteht am Anfang aus zwei Kammerreihen, wird aber später einreihig. In dieser Arbeit wird diese Form als «loxostomoid» bezeichnet; sie ist bei *Afrobolivina afra* noch nicht gefunden worden, stellt aber ein typisches

Merkmal von *A. africana* dar. Die Anzahl der einreihigen Kammern wechselt von Fall zu Fall. Das in Taf. I, Fig. 27 abgebildete Exemplar hat drei, während das in Taf. I, Fig. 24 abgebildete Exemplar zwei und das in Taf. I, Fig. 26 abgebildete nur eine solche Kammer besitzt. Die Mündung, Gehäusemorphologie usw. stimmen mit denen der Gruppe von *Bolivina applinae* PLUMMER völlig überein, abgesehen vom Vorhandensein von Vertikalsepten, obwohl Überlappungen vorhanden sind. In diesem Zusammenhang soll doch erwähnt werden, daß diejenigen Individuen, welche vom Verfasser, als *Bolivina (Loxostomoides) applinae* bestimmt worden sind (REYMENT, 1959, S. 46), eine morphologische Variante der Art *Bolivina hoeglundi* REYMENT sein könnten, welche in demselben Material vorkommt. Mangels Materials ist es aber nicht möglich, dieses Problem abzuklären. *B. hoeglundi* fehlen die Scheidewände von *Afrobolivina*, obschon die Überlappungen in Querschnitt deutlich auftreten (REYMENT, 1959, S. 30, Fig. 8). Hier haben wir es ganz offenbar nicht mit echten Scheidewänden zu tun, sondern mit Querschnitten unregelmässig angelegter, mit sehr dicker Schalensubstanz versehener Überlappungen, wie sie bei *Bolivina* (im Sinne von LOEBLICH und TAPPAN) auftreten (siehe auch REISS, 1958).

Die Längsrippen von *Afrobolivina*.—Manche Individuen von *Afrobolivina* bilden ein entwickeltes Netzwerk schmaler Rippen. Diese Rippen ähneln denjenigen gewisser Vertreter der *Bolivinoidea*-Gruppe, unterscheiden sich aber dadurch, dass sie in vielen Fällen die Lage der Kammerscheidewände markieren, ohne dass sie mit diesen Strukturen eng verknüpft zu sein scheinen. Sie treten zudem regelmässiger auf. Bei *Afrobolivina afra* ist der Zusammenhang zwischen den Rippchen und den Scheidewänden noch meistens erkennbar, bei *A. africana* ist dieses Verhältnis jedoch nicht mehr beobachtbar.

#### ZUR DEUTUNG DER GEHÄUSEMORPHOLOGIE VON *AFROBOLIVINA*

Dank den Untersuchungen von K. G. NYHOLM (1962) versteht man nunmehr die Bedeutung der Unterlage bei der Gestaltung des Gehäuses benthonischer Foraminiferen besser. Zwar hatte man schon früher einige Daten darüber (Arbeiten von LE CALVEZ, MEYERS, ARNOLD usw.), aber erst in NYHOLMS Untersuchung kommen die wichtigsten Tatbestände zum Vorschein. NYHOLM (1962) hat bestätigen können, daß sich zwischen Individuen der sexuellen und asexuellen Phasen der benthonischen Foraminifere *Cibicides lobatulus* keine Grössenunterschiede des Durchmesser der Anfangskammern erkennen lassen. Bei dieser epizooischen Art konnte er beweisen, dass die Schalenmorphologie von der Beschaffenheit der Unterlage sehr abhängig ist. So z. B. können die verhältnismässig geringen Verschiedenheiten der Oberfläche gewisser Ascidien bei der gleichen Art oder sogar bei einem einzigen Individuum abweichende morphologische Gestaltungen der Schale hervorrufen. Im Zusammenhang mit der asexuellen Phase des Generationswechsels bei *C. lobatulus* tritt ein Ruhestadium auf, dessen Kalkwände später völlig aufgelöst werden. Aus den Schizozooiten des Ruhestadiums dieser Art können mehrere Schalentypen hervorgehen.

Die Formenvariation bei *Afrobolivina* scheint ihre mögliche Deutung in den Ergebnissen für *C. lobatulus* zu haben. So z. B. könnten die normalen zweireihigen Gehäuse zum Teil normale Schizonten darstellen, welche nur mässige Variabilität aufweisen. Die übrigen Schalen wären als andere Formen des Schizontstadiums zu

deuten. Bei gewissen Schizonten von *C. lobatulus* hat NYHOLM zeigen können, dass beim Übergang zum nächsten Stadium eine gewisse Entkalkung der Schale, die bei den zuerst abgesonderten Kammern anfängt, stattfindet; dabei weisen unvollständig geätzte Gehäuse vergrößerte Wandporen auf. Es könnte möglich sein, dass die Vergrößerung der Poren bei verschiedenen Individuen von *A. africana* auf diese Weise entstanden ist.

Natürlich stellt der oben skizzierte Entwicklungsverlauf, sowie der in Fig. 10 angedeutete Lebenszyklus ein sehr vereinfachtes und hypothetisches Bild dar. Von eventuellen agglutinierenden Stadien wie bei *Cibicides* weiss man z. B. überhaupt nichts.

#### BESCHREIBUNG VON *AFROBOLIVINA AFRICANA* (GRAHAM, DE KLASZ & RÉRAT)

##### Synonymie:

1965 – *Bolivina explicata* CUSHMAN & HEDBERG *africana* n. ssp, GRAHAM, DE KLASZ, & RÉRAT, Taf. 1, Fig. 6.

##### Herkunft des Materials:

Kernbohrung bei Akisinde, Westnigerien, aus einer Tiefe von 92,99 m.

Alter. – Paleozän.

Aufbewahrungsort. – Geologisches Institut der Universität Stockholm

Material. – 401 vollständig erhaltene Exemplare, sowie mehrere Bruchstücke.

Diagnose. – Eine Art der Gattung *Afrobolivina* mit folgenden Besonderheiten: Scheidewände verhältnismässig dick, sich mündungswärts deutlich erweiternd; drei Gehäusetypen – a) ein zweireihiger mit mehreren Kammern, b) ein zweireihiger mit wenigen Kammern, c) ein anfangs zweireihiger, später einreihiger; Oberflächensulptur aus vielen dünnen, lamellenartigen Gräten, welche die ganze Oberfläche, abgesehen von den jüngsten Kammern, decken und sich hauptsächlich auf breiteren Überlappungen konzentrieren. Zahnplatte für die Gattung typisch, aber sehr dünnwandig.

#### *Beschreibung*

Die Gehäusemorphologie. Drei Gehäusetypen sind vorhanden:

- a) Zweireihige Gehäuse mit vielen Kammern, die nicht immer bei den jüngsten Kammern sondern etwa im letzten Drittel der Gehäuselänge ihre grösste Breite erreichen; dieses Verhältnis beruht zum Teil auf der starken Entwicklung der Oberflächensulptur bei einigen Individuen. Die Skulptur besteht aus feinen Gräten oder Leisten, die auf den breiteren Überlappungen am dichtesten stehen. Die Kammerzahl beträgt etwa 17–18.
- b) Zweireihige Gehäuse mit wenigen Kammern. Die Oberflächensulptur ist wie bei a. Die Kammerzahl beträgt etwa 5–8.
- c) Loxostomoide Gehäuse, welche zweireihig anfangen, aber später einreihig werden. Die Verzierung ist wie bei a. Die Anzahl der Kammern beträgt etwa 13–15.

Mikrosphärische Individuen mit sehr kleinen Anfangskammern scheinen bei den kleinwüchsigen und loxostomoiden Formen sehr selten zu sein. Die loxostomoiden und mehrkammerigen zweireihigen Gehäuse können manchmal um die Längsachse gedreht erscheinen. Die letzten Kammern sämtlicher Individuen sind mit Überlappungen versehen, aber die letzte und manchmal die vorletzte Kammer sind ohne Rippchen.

Wandstruktur. Die Schalenwand besteht aus drei Schichten. Die mittlere Schicht ist am mächtigsten und radial aufgebaut. Die äussere und die innere Schicht sind bedeutend dünner als die mittlere und lamellenartig gebaut. Die Poren der Aussenwand erscheinen relativ grob (Taf. II, Fig. 2). Die oberen Teile der Kammer sind ebenfalls aus drei Schichten gebildet (Taf. II, Fig. 4, 6, 7). Die Beobachtungen dieser Arbeit deuten darauf hin, dass die Oberfläche der Gehäuse bei weiterem Zuwachs weitere Zuschüsse an Schalensubstanz erhalten kann, aber dass dies nicht in jedem Fall stattgefunden hat, oder nur schwach geschehen ist. Ähnliche Beobachtungen lassen sich auch bei *A. afro* anstellen.

Die Scheidewände. Die Septalbildungen stellen einen Auswuchs der innersten Schalenschicht dar; bei einigen Individuen wird der distale Teil einer Scheidewand mündungswärts verlängert, wobei auf der Unterseite des Kammerdaches ein Grat entsteht. Die Scheidewände stimmen meistens, aber nicht in jedem Fall, mit den Überlappungen, soweit sie ausgebildet sind, überein; einige können an den Mitten derselben gelegen sein. Die Scheidewände zeigen eine bestimmte Neigung dazu, sich mündungswärts zu erweitern. Septalporen sind nicht beobachtet worden.

Anfangskammer. Es gibt Individuen, welche ausgeprägt «mikrosphärisch» aussehen, sowie andere, welche zweifellos megalosphärisch erscheinen. Wie aber aus Fig. 1 deutlich hervorgeht, ist die Verteilung der Proloculusdurchmesser ohne wirkliche Unterbrechungen, obschon ein Gipfelpunkt sich unter den kleinsten Durchmessern erkennen lässt. Hier kommt ein allmählicher Übergang von kleinen zu grossen Durchmessern vor. Die Anzahl der untersuchten, mit den Augen als mikrosphärisch bestimmbaren Individuen beträgt 59, d. h. 14,7 Prozent des untersuchten Materials. Unter den kleinwüchsigen Formen sind keine ausgeprägt mikrosphärischen Individuen beobachtet worden.

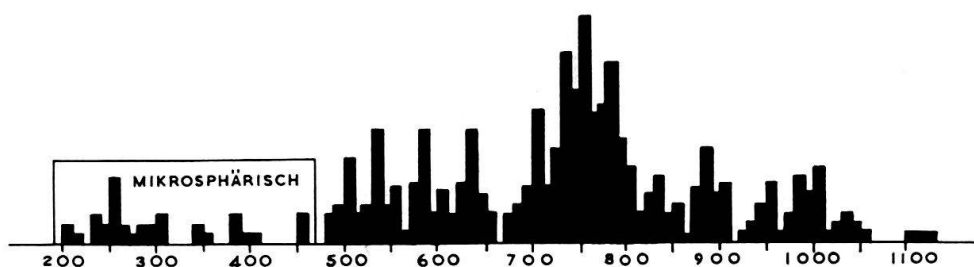


Fig. 1. Durchmesser der Anfangskammern (in  $\mu$ ) bei *Afrobolivina africana*

Die Überlappungen. Diese sind teils leer, teils mit Schalensubstanz gefüllt. Ein Querschnitt eines Gehäuses in Taf. III, Fig. 2 zeigt den Bau von zwei Überlappungen; hier kann man die Fortsetzung der Aussenwand deutlich beobachten.

Zahnplatte. Die Zahnplatte ist zerbrechlich. Sie ist schmal und auf die eine Seite des Hinterteiles der Mündung beschränkt. Die Aperturallippen ragen nur schwach heraus.

Mündung. Die Mündung ist (Taf. I, Abb. 11) bei vollständig zweireihigen Gehäusen *Bolivina*-ähnlich; bei den loxostomoiden Gehäusen ist sie rund und mehr oder weniger zentral gelegen (Taf. I, Fig. 28).

### Bemerkungen

Die Art, welche, was die äussere Morphologie betrifft, *A. africana* am stärksten ähnelt, ist *Bolivina hoeglundi* REYMENT. Diese Art besitzt aber keine Scheidewände, sondern nur die unregelmässigen Bildungen, welche bei eingerollten Überlappungen auftreten, zudem ist die Oberflächenskulptur eine andere. *Afrobolivina afra* ist bezüglich des allgemeinen Aussehens ähnlich, unterscheidet sich aber in allen Einzelheiten. Die Scheidewände der *A. afra* sind häufig mit den hinausragenden Gräten verknüpft. Dies scheint bei *A. africana* nicht der Fall zu sein.

Gewisse Indizien deuten darauf hin, dass die Schalen erwachsener mikrosphärischer Individuen aufgelöst gewesen sind (vgl. S. 5R), u. a. spricht die geringe Anzahl ausgeprägt mikrosphärischer Formen bei dem loxostomoiden Typus dafür. Die Schalenwand von *A. afra* lässt sich nicht ganz einwandfrei studieren, da eine gewisse Umkristallisation bei allen zugänglichen Exemplaren stattgefunden hat. Hier kann man mit Genauigkeit nur feststellen, dass auch in diesem Fall die Scheidewände aus der innersten Schicht entwickelt worden sind (Taf. III, Fig. 5; REYMENT, 1959, S. 30, Fig. 11; Fig. 12 dieser Seite zeigt eine unrichtige Fortsetzung der Scheidewände durch die Schalenwand, was durch eine Änderung der Schalensubstanz der Gräte der Oberflächenskulptur wegen verursacht worden ist) und, dass die Aussenwand und die Kameralwände aus drei Schichten bestehen (Taf. III, Fig. 4, 5, 6). REISS (1958, Abb. h, i) hat Dünnschliffe gewisser Boliviniden publiziert. Trotz der geringen Vergrösserung kann man deutlich die Unregelmässigkeit der Gestaltung und Lage der Überlappungen, sowie die Natur der Wände derselben beobachten.

Es scheint ziemlich klar zu sein, dass die Vertikalsepten der *Afrobolivina* aus den Überlappungen einer bolivinoiden Ahnenform entwickelt worden sind. Die Tatsache, dass die Gattung während des Maastrichts eine begrenzte geographische Ausbreitung hat und im Paleozän mit augenscheinlich einer noch sehr begrenzten Verbreitung ausstirbt, spricht für ein durch Isolation bedingtes Entstehen. Ähnliche Fälle unter den Foraminiferen und unter anderen Gruppen kommen vor; so z. B. unter den Ostrakoden, den Cephalopoden und den Pelecypoden. Bei den Foraminiferen kennt man eine ganze Reihe von Gattungen, welche auf Westafrika begrenzt sind.

Phylogenetische Bemerkungen. Die Möglichkeiten, phylogenetische Beobachtungen bei *Afrobolivina* anzustellen, sind nicht besonders gut. Die Lebensdauer der Gattung ist nicht gross gewesen und wir kennen bloss drei Arten, wovon eine sehr ungenügend. *A. afra* tritt im Maastricht, bisweilen im Campan auf und verschwindet am Ende des Maastrichts (vgl. CASTELAIN et al., 1962, S. 56). Im Dan

ist die Gattung noch nicht bekannt. Erst im Paleozän ist die dritte Art, *A. africana*, gefunden worden. Die Bohrung Akisinde befand sich in einer mergeligen Verzahnungszone zwischen der Ewekoro Formation und dem Imo Shale. In Nigerien ist *A. africana* bisher nur aus dieser Bohrung und zwar in einem einzigen Niveau bekannt; die Art kommt in den vielen anderen Bohrungen durch den Imo Shale und die Ewekoro Formation nicht vor. Das Auftreten bei Akisinde ist massenhaft, genauso wie bei *A. afra* in der Oberkreide.

Wenn man sich eine grobe Schätzung des Entwicklungsverlaufes der Gattung erlaubt, scheint es, als ob die Hauptmerkmale evolutiven Charakters der Scheidewände, der Überlappungen und der Oberflächenskulptur seien. Bei *A. africana* ist der Zusammenhang weniger auffallend als bei der älteren Art.

#### QUANTITATIVE UNTERSUCHUNG DER VARIABILITÄT BEI *A. AFRICANA*

Die Fragen der morphologischen Variation bei *Afrobolivina africana* lassen sich am zweckmässigsten und am genauesten durch mathematisch-statistische Analyse behandeln.

Die erste in Betracht kommende Frage ist, ob die kleinen aus wenigen Kammern aufgebauten Gehäuse erwachsene Exemplare der Art darstellen. Dafür sprächen die Tatsachen, dass nur 0,16 Prozent der mehrkammerigen Gehäuse dicker und breiter als die grössten kleinwüchsigen Formen sind. Zwei Individuen der mehrkammerigen Gruppe sind kleiner als die kleinsten Kleinformen. Die allergrößte Breite der kleinwüchsigen Gruppe kommt bei Individuen vor, deren Länge bloss 0,48 mm

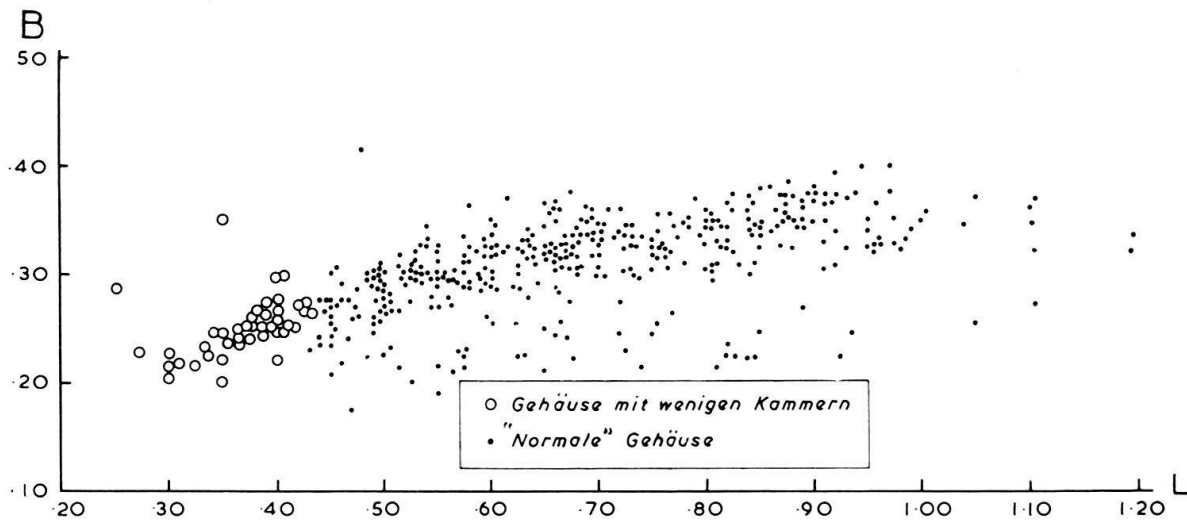


Abb. 2. Länge (*L*)/Breite (*B*) – Verhältnisse bei *Afrobolivina africana*. Alle Messungen in mm.

beträgt. Die diesbezüglichen Verhältnisse sind in Abb. 2 graphisch dargestellt. Die durchschnittliche Breite der kleinwüchsigen Formen beträgt 0,247 mm ( $N = 30$ ) und die Länge 0,360 mm, während die durchschnittliche Breite für die Gesamtsammlung 0,301 mm beträgt.

Der Hauptteil der biometrischen Untersuchung wurde mittels der multivariaten mathematisch-statistischen Methode der «Komponentenanalyse» ausgeführt. Die geologische und paläontologische Verwendung dieses Verfahrens ist vom Verfasser früher in mehreren Schriften behandelt worden (REYMENT, 1963a, 1963b; siehe

auch JOLICOEUR, 1963). Der Hauptzweck der Komponentenanalyse beruht auf der Erwünschtheit, die Information einer grossen Anzahl Variablen so sparsam und effektiv als möglich auszudrücken. Umfasst eine quantitative Untersuchung nur zwei Variablen, so kann man die Verhältnisse zwischen diesen graphisch durch ein Streudiagramm darstellen. Schon bei drei Veränderlichkeiten trifft man auf Schwierigkeiten; zwar lässt sich eine dreidimensionelle Darstellung herstellen, aber die Vorstellung bleibt nur eine Konstruktion. Bei vier und höheren Dimensionen sind geometrische Darstellungen nicht mehr möglich. Die Komponenten-Analyse stellt eine Verminderung der Anzahl der Veränderlichkeiten durch eine mathematische Transformation auf eine Anzahl dar, welche fast die ganze Variation des Materials enthält. Die erwünschte Transformation ergibt zwar dieselbe Anzahl neuer Veränderlichkeiten, die man von Anfang an hatte, aber der Unterschied liegt darin, dass fast die ganze Veränderlichkeit bei den ersten beiden neuen Variablen vorkommt, während die übrigen Variablen in bezug auf die Variationsbreite der zu untersuchenden Probe praktisch genommen ohne Bedeutung sind.

Die Berechnungen der Komponentenanalyse sind ziemlich zeitraubend und setzen gewisse mathematische Kenntnisse voraus. Heutzutage ist es jedoch möglich, die Arbeit elektronisch auszuführen, da die meisten Elektronenrechner ein Stan-

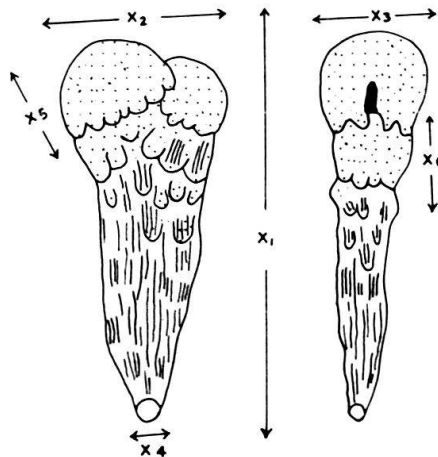


Fig. 3. Die untersuchten Variablen:  $x_1$  = Gehäuselänge,  $x_2$  = Gehäusebreite,  $x_3$  = Gehäusedicke,  $x_4$  = Durchmesser der Anfangskammer,  $x_5$  = Höhe der letzten Kammer,  $x_6$  = Höhe der vorletzten Kammer.

dardprogramm dafür haben. Die Berechnungsweise ist übrigens genau dieselbe, die man in der mathematischen Physik bei der Bestimmung von Eigenwerten und Eigenvektoren verwendet.

Der folgende Abschnitt setzt gewisse Kenntnisse der mathematischen Statistik voraus.

Die benutzten Veränderlichkeiten. Die verwendeten Veränderlichkeiten sind in Abb. 3 schematisch dargestellt: sie sind,  $x_1$  = Gehäuselänge,  $x_2$  = Gehäusebreite,  $x_3$  = Gehäusedicke,  $x_4$  = Durchmesser der Anfangskammer,  $x_5$  = Höhe der letzten Kammer,  $x_6$  = Höhe der vorletzten Kammer.

## 1. Berechnung der Kovarianzmatrize

Die Ergebnisse der Berechnungen auf Grund von 401 Individuen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1. Kovarianzmatrize und Durchschnittswerte

Kovarianzmatrize						Logarithmischer Durchschnittswert	Ursprünglicher Durchschnittswert
.0159793	.0055463	.0062251	.0033619	.0025593	.0046645	1.800	.6302
	.0047247	.0047197	.0030970	.0020354	.0031049	1.478	.3009
		.0066782	.0034997	.0021379	.0033830	1.409	.2566
			.0208610	.0014650	.0026581	0.827	.0672
				.0082611	.0019980	1.191	.1552
					.0058102	1.233	.1710

Auf Grund des Vorhandenseins allometrischen Zuwachses bei der untersuchten Art hat es sich als notwendig erwiesen, die Messungen logarithmisch zu transformieren. Die Kovarianzmatrize ist daher die der logarithmisch umgewandelten Messvektoren. Die letzte links gelegene Reihe der Tabelle stellt die Durchschnittswerte der ursprünglichen Zahlen dar.

In Fig. 2 ist das Verhältnis zwischen Gehäuselänge und Gehäusebreite graphisch dargestellt. Diese Abbildung zeigt die ungefähr elliptische Form der Verteilung und die ziemlich schwache Korrelation zwischen den Variablen.

## 2. Die Eigenwerte und Eigenvektoren

Die Ergebnisse der multivariaten Berechnungen sind in Tabelle 2 angegeben worden.

Tabelle 2. Eigenwerte und Eigenvektoren

Eigenwerte	Prozent der Gesamtvariation	Eigenvektoren
.0298034	47.83	(.562, .315, .363, .579, .198, .282)'
.0166373	26.70	(-.503, -.158, -.184, .806, -.133, -.146)'
.0075595	12.13	(-.379, .047, .036, -.048, .915, .114)'
.0044754	7.18	(-.529, .348, .498, -.113, -.323, .484)'
.0030019	4.82	(.080, -.275, -.520, .018, -.031, .804)'
.0008372	1.34	(-.040, .823, -.056, -.010, -.027, -.078)'

Die Eigenvektoren können als Gleichungen aufgefasst werden. So ist es z. B. für den ersten Vektor möglich, die Elemente als Koeffizienten einer Gleichung auf folgende Weise darzustellen:

$$y_1 = 0,562x_1 + 0,315x_2 + 0,363x_3 + 0,579x_4 + 0,196x_5 + 0,282x_6.$$

In dieser Form nennt man den ersten Eigenvektor «erste Komponente». Man verfährt auf dieselbe Weise mit den übrigen Vektoren. So erhält man die sechs neuen Veränderlichkeiten  $y_1, \dots, y_6$ , die als Gleichungen in den ursprünglichen sechs Variablen aufgefasst werden können. Wie früher hervorgehoben worden ist, interessiert man sich hauptsächlich für  $y_1$  und  $y_2$ . In diesem Fall machen die ersten beiden Komponenten etwa drei Viertel der Gesamtvariation des Materials aus. Ohne allzuviel Information zu verlieren, lässt sich unser Problem so vereinfachen, dass wir nur zwei statt sechs Veränderlichkeiten in Betracht zu nehmen brauchen. Ein bedeutender Fortschritt ist aber dadurch gewonnen, dass die zwei neuen Variablen einen sechsdimensionalen Fall darstellen. Die neuen Variablen besitzen noch eine wichtige Eigenschaft – sie sind unkorreliert.

Die Elemente der Eigenvektoren lassen sich auch als Zuwachsindikatoren verwenden, weil jedes den Beitrag zur Variabilität der entsprechenden Veränderlichkeit darstellt. Man kann weiter gewisse Fragen paläoökologischer Einflüsse auf die Organismen analysieren. Bei der ersten Gleichung sieht man, dass sämtliche Koeffizienten positiv sind. Diese Komponente wäre als reine Zuwachskomponente zu betrachten und könnte als Verallgemeinerung der klassischen allometrischen Gleichung dienen (JOLICŒUR, 1963). Diese Verallgemeinerung scheint jedoch nicht eine genaue zu sein; zweifelsohne ist die erste Komponente ein Kennzeichen relativen Zuwachses, aber das scheinen auch die übrigen Komponenten zu sein. Die unter quantitativen Zoologen allgemein angenommene Deutung der ersten Komponente ist, dass sie «Grössenvariation» darstelle und diejenige der zweiten und übrigen Komponenten, dass sie Gestaltungsvariation vorstellen. Man kann aber leicht einsehen, dass, sobald man mit Differentialzuwachs zu tun hat, auch die erste Komponente Formveränderungen ausdrückt.

Die Gleichung der ersten Komponente einer logarithmischen Kovarianzmatrize lässt sich wie folgt ausdrücken (Hauptachse einer Ellipse) (vgl. JOLICŒUR, 1963, S. 15).

$$\left(\frac{x_1}{g_1}\right)^{1/\beta_1^1} = \dots = \left(\frac{x_i}{g_i}\right)^{1/\beta_i^1} = \dots = \left(\frac{x_p}{g_p}\right)^{1/\beta_p^1}.$$

Hier,  $x_1 = \text{antilog } \bar{y}_1$ ,  $g_1 = \text{antilog } \bar{y}_1$  (geometrischer Durchschnittswert von  $x_1$ ) und die  $\beta_j^1$  sind die Elemente des ersten Eigenvektoren, und  $p =$  die Anzahl der Dimensionen.

Jede beliebige Verbindung von zwei Ausdrücken dieser Gleichung ergibt ein zweidimensionelles Verhältnis, welches der klassischen allometrischen Gleichung ähnelt, aber wie oben erwähnt, die in bezug auf Differentialzuwachs ganze Information nicht mitnimmt. In solchen Fällen, bei welchen die erste Komponente fast die ganze Variation deckt, könnte die obige Generalisierung als ungefähr gültig betrachtet werden. Aber in Fällen wie den der hier behandelten bei welchem die erste Komponente knapp die Hälfte der Gesamtvariation ausmacht, lässt sich die Gleichung kaum mehr als ein Wegweiser verwenden. Trotzdem ergibt diese Gleichung richtige Ausschläge für nicht nur positive und negative Allometrie, sondern auch dort wo selbst der Allometriekoeffizient negativ ist, wie folgendes konstruiertes Beispiel zeigt.

Die dreidimensionelle Matrize,

$$\begin{pmatrix} 1216 & 739 & 466 \\ 739 & 458 & 279 \\ 466 & 466 & 190 \end{pmatrix},$$

entstammt einer Population, bei welcher eine der Veränderlichkeiten einen negativen Zuwachskoeffizienten besitzt. Die Eigenwerte und Eigenvektoren sind:

$\lambda$	$\beta^{(1)}$	$\beta^{(2)}$	$\beta^{(3)}$
1845.6789	.8112	-.0299	-.5839
14.5173	.4947	.5674	.6583
3.8037	-.3117	.8229	-.4751

Der erste Eigenvektor enthält ein negatives Element und beweist infolgedessen das Vorhandensein eines negativen Allometrikoeffizienten.

Die erste Komponente der Kovarianzmatrize der jetzigen Untersuchung deckt kaum die Hälfte der Gesamtvariation, weshalb sie als Indikator multivariater Allometrie nur sehr ungefähr sein kann; die Vektorelemente sind ziemlich ungleich zueinander und es wäre nicht unbefugt zu schliessen, dass allometrischer Zuwachs zwischen mehreren Veränderlichkeiten stattgefunden hat. Man könnte noch etwas herauslesen: Gehäuselänge und Durchmesser der Anfangskammer ( $x_1$  und  $x_4$ ) erscheinen in isometrischem Verhältnis miteinander zu sein, ein unerwartetes Ergebnis; ferner scheinen Gehäusebreite ( $x_2$ ) und Gehäusedicke ( $x_3$ ) isometrisch zueinander zu wachsen. Das Verhältnis zwischen den Variablen  $x_1$  und  $x_4$  konnte so gedeutet werden, dass Gehäuse, welche mit grossen Anfangskammern begonnen

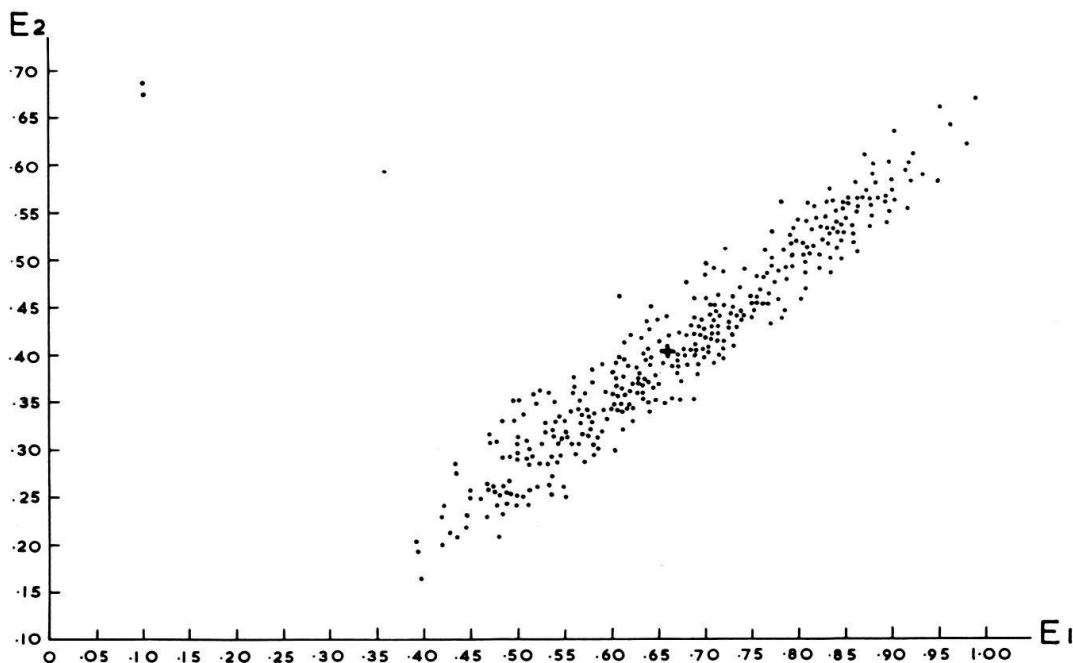


Fig. 4. Graphische Darstellung der ersten zwei transformierten Veränderlichkeiten der Komponentenanalyse von 401 Individuen von *Afrobolivina africana*. Das Kreuz zeigt den Mittelpunkt der Verteilung.

haben, eine bestimmte Neigung dazu besäßen, verhältnismässig länger als die Durchschnittsschalen zu werden. Die Erklärung scheint jedoch verwickelter zu sein, da der Korrelationskoeffizient zwischen  $x_1$  und  $x_4$  nur 0.18 beträgt. Die übrigen Verhältnisse zwischen Veränderlichkeiten scheinen allometrisch zu sein.

In gewissen taxonomischen Untersuchungen kann es sich bisweilen als zweckmässig herausstellen, die Einflüsse des Differentialzuwachses (z. B. ontogenetisch, phylogenetisch) zu entfernen. Vorausgesetzt, dass die Verallgemeinerung JOLICŒURS richtig ist, könnte man den allometrischen Faktor durch die folgende einfache Matrizenoperation entfernen:

$$\Sigma - \lambda_1 \beta^{(1)} \beta^{(1)'} = \Sigma^* .$$

Hier ist  $\Sigma$  die ursprüngliche Kovarianzmatrize,  $\Sigma^*$  die neue Kovarianzmatrize,  $\lambda_1$  der erste Eigenwert und  $\beta^{(1)}$  der entsprechende Eigenvektor.

### 3. Analyse der morphologischen Variation

Die Eigenvektoren lassen sich auch im Zusammenhang mit einer Analyse der morphologischen Variation einsetzen. Durch Substitution der ursprünglich beobachteten Vektoren in den mit den Komponenten der Eigenvektoren als Koeffizienten erhaltenen Gleichungen erhält man eine neue Reihe unkorrelierter Veränderlichkeiten, welche eine zweidimensionale graphische Darstellung erlauben.

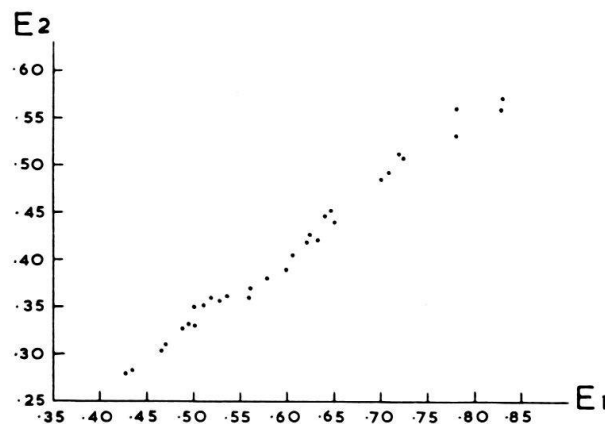


Fig. 5. Verteilung der zwei ersten transformierten Veränderlichkeiten der ausgeprägt mikrosphärischen Gehäuse.

Fig. 4 zeigt das Streudiagramm der ersten beiden transformierten Veränderlichkeiten. Man sieht ganz deutlich, dass die Gestalt der Verteilung ungefähr ellipsenförmig erscheint, aber es gibt einige Ausbauchungen, welche die allgemeine Form der Ellipse stören. Untersucht man das Ausgangsmaterial näher, so lässt sich feststellen, dass diese Unregelmässigkeiten ausschliesslich gewissen Individuen entstammen. Betrachtet man die Verteilung der ausgeprägt mikrosphärischen Individuen (Fig. 5) und die Verteilung der loxostomoiden Gehäuse (Fig. 6), so nimmt man wahr, dass sie auf ziemlich enge Strecken beschränkt sind. Folglich ist das Streudiagramm (Fig. 4) eine Mischung dreier Verteilungen, wie in Fig. 7

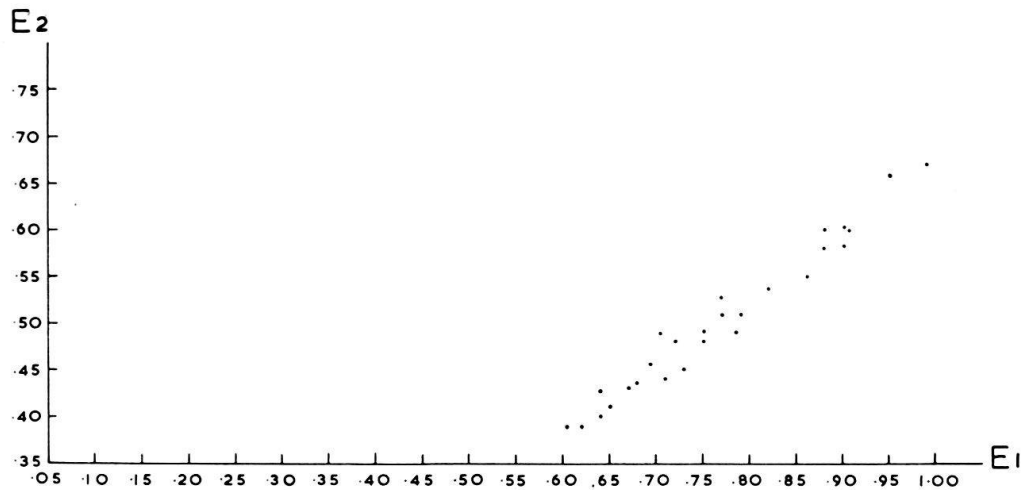


Fig. 6. Verteilung der ersten zwei Veränderlichkeiten der loxostomoiden Gehäuse.

schematisch dargestellt worden ist; hier sind die Punkte deutlichshalber weggelassen worden. Von Gewicht in diesem Zusammenhang ist die bemerkenswerte Tatsache, dass sich die kleinwüchsigen Formen von der Verteilung der normal zweireihigen Gehäuse nicht unterscheiden, obwohl die ausgeprägt mikrosphärischen Formen eine teilweise getrennte Verteilung aufweisen. Die zum Teil verschiedene Verteilung der loxostomoiden Gehäuse ist ja weniger unerwartet.

Die Komponentenanalyse erweist sich also als ein wichtiges Hilfsmittel bei der Analyse der morphologischen Variation des Foraminiferengehäuses. Zum Vergleich zeigen wir in Fig. 8 das Histogramm der Gehäuselänge des Materials. Die Verteilung dieser Veränderlichkeit erscheint abgeflacht normal ohne Besonderheiten und entschleierte infolgedessen nichts von den entwickelten morphologischen Beziehungen

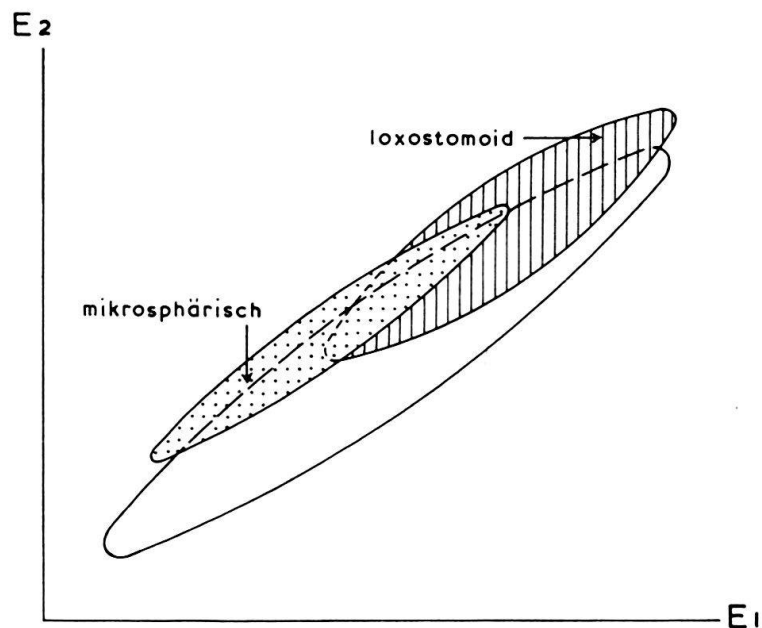


Fig. 7. Schematische Darstellung der Verteilung der morphologischen Varianten bei *Arobolivina africana*.

innerhalb der Art. Eine multivariate Vorstellungsweise ist durch die quadrierten Längen der Beobachtungsvektoren vorstellbar. (Diese Längen sind mit denen der transformierten Vektoren identisch, da

$$|x_i|^2 = |y_i|^2).$$

Das in Fig. 9 abgebildete Histogramm zeigt eine nach rechts stark ausgezogene schräge Distribution, welche aber das Vorhandensein der verschiedenen Morphotypen nicht enthüllt. Beim Zusammenstellen dieses Diagrammes konnte bestätigt werden, dass die ausgeprägt mikrosphärischen Individuen nur eine schwache Neigung dazu aufweisen, sich unter den kleineren Werten zu finden.

Eine Analyse der Variationsquellen auf Grund der Komponentenanalyse ist in Tabelle 3 angegeben worden.

Tabelle 3. Analyse der Hauptvariationsquellen

Komponente	Beschreibung der wichtigsten Variationsquellen
erste	Gesamtvariation positiv, hauptsächlich Gehäuselänge, Durchmesser der Anfangskammer, Kammerbreite und Kammerhöhe.
zweite	Hauptsächlich eine negative Korrelation zwischen Gehäuselänge und Durchmesser der Anfangskammer.
dritte	Hauptsächlich Variation in der Höhe der letzten Kammer mit einem negativ korrelierten Beitrag der Gehäuselänge.
vierte	Ungefähr gleiche Beiträge von Gehäuselänge, -breite, -dicke und der Höhen der letzten und vorletzten Kammern.
fünfte	Eine ausgeprägte Formenkomponente – hauptsächlich Variation in Gehäusedicke und Höhe der vorletzten Kammer.
sechste	Variation in Gehäusebreite.

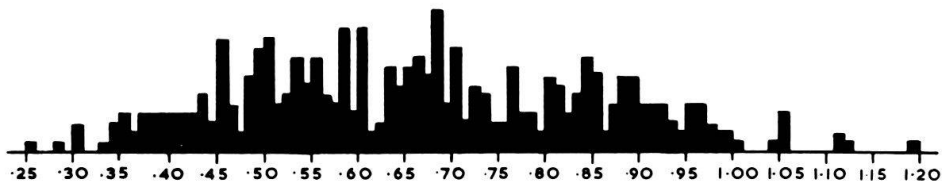


Fig. 8. Histogramm der Gehäuselänge bei *Afrobolivina africana*.

Die erste Komponente ist schon früher erwähnt worden. Die zweite Komponente könnte vielleicht das Verhältnis zwischen Anfangskammer und Gehäuselänge bei den kleinwüchsigen Gehäusen darstellen. Die dritte Komponente könnte auf dieselbe Weise als Variation bei loxostomoiden Gehäusen gedeutet werden.

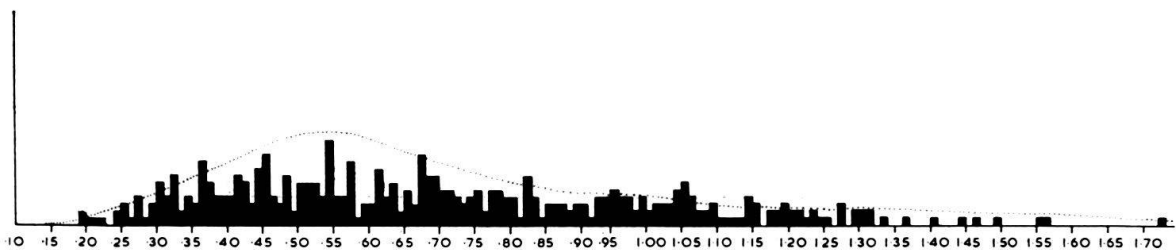


Fig. 9. Verteilung der quadrierten Vektorlängen der sechs Veränderlichkeiten.

Tabelle 4 gibt die univariaten statistischen Werte an.

Tabelle 4. Univariante statistische Werte

Variabel	Durchschnittswert	Standardabweichung	Variationskoeffizient
$x_1$	$0.630 \pm .012$	.1265 (.1180 – .1358)	7.28
$x_2$	$0.301 \pm .007$	.0687 (.9643 – .0738)	4.65
$x_3$	$0.257 \pm .008$	.0817 (.0764 – .0878)	5.80
$x_4$	$0.067 \pm .014$	.1445 (.1350 – .1551)	17.47
$x_5$	$0.155 \pm .009$	.0909 (.0850 – .0975)	7.63
$x_6$	$0.171 \pm .007$	.0726 (.0713 – .0818)	6.18

Die Werte der obigen Tabelle, abgesehen von dem Durchschnittswert, sind diejenigen der logarithmisch transformierten Veränderlichkeiten. Die Fehlerwerte sind Zuverlässigkeitsintervall.

#### ZUR ANALYSE DER ERGEBNISSE

Die hier vorgelegte Untersuchung weist ziemlich eindeutig nach, dass bei der Gattung *Afrobolivina* verschiedene Gehäusetypen auftreten können. In Einklang mit den Ergebnissen der Protozoologen wird hier der Schluss gezogen, dass diese morphologischen Erscheinungen etwa mikroökologisch durch die Art der Bodensubstanz bedingt worden sind. Es scheint auch ziemlich eindeutig hervorzutreten, dass sich die genaue Zerlegung der Verhältnisse nur mittels der multivariaten Statistik erlaubt. Bei der *A. afro* kommen loxostomoide Gehäuse nicht vor und diese morphologische Äusserung wäre vielleicht als arteigen zu bezeichnen. In Übereinstimmung mit dem von NYHOLM (1962) erhaltenen Bild des Formenwechsels bei einer benthonischen Foraminiferenart, lässt sich der Verlauf des Lebenszyklus bei *Afrobolivina africana* ungefähr wie in Fig. 10 schematisch rekonstruieren. Die hypothetische Grundlage dieser Rekonstruktion sei hier stark betont.

Die Untersuchung zeigt auch, dass die gattungstypischen Scheidewände der Kammern Bildungen der innersten Schalenschicht sind und nur zufällig in scheinbarer Verbindung mit den Überlappungen stehen.

Ob die taxonomische Einheit *Loxostomoides* REISS als wirklich gültig anzusehen ist, kann als Resultat dieser Untersuchung nicht einwandfrei entschieden werden, da diese Gattung nur homöomorph mit einer der Erscheinungsformen von *A. africana* ist. Es wäre jedoch zu erwarten, dass *Loxostomoides* eine morphologische Erscheinung einer *Bolivina*-Art sein könnte, wie es z. B. der Fall bei der nigerianischen Art *B. hoeglundi* zu sein scheint.

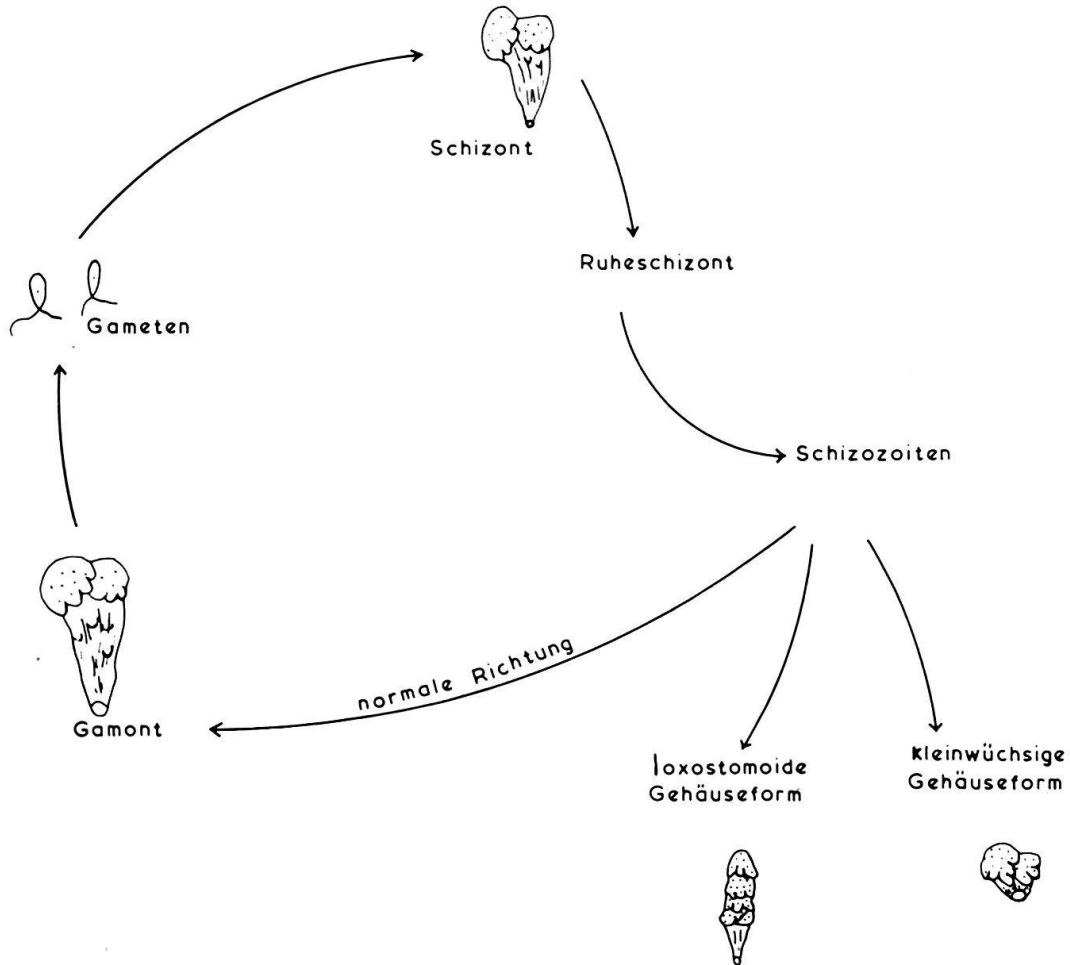


Fig. 10. Theoretische vereinfachte Rekonstruktion des Lebenszyklus bei *Afrobolivina africana*.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der Unterschied zwischen *Bolivina* und *Afrobolivina* wird eingehend untersucht und im Zusammenhang damit wird die Taxonomie der Boliviniden kritisch betrachtet. Es wird bewiesen, dass die Scheidewände der *Afrobolivina*-Arten aus der innersten lamellenartigen Schicht der Aussenwand und der Kammeroberseite hervorgehen und dass die Schalenwände aus einer dicken mittleren radial aufgebauten Schicht und zwei beiderseits derselben gelegenen dünnen lamellenartigen Schichten bestehen.

Eine eingehende mathematisch-statistische Analyse (das multivariatstatistische Verfahren der Komponentenanalyse) der morphologischen Schwankungen auf Grund von sechs Gehäusedimensionen ergibt, dass bei *A. africana* drei Gehäusetyphen auftreten können; die Erklärung hierfür ist in dem Einfluss des Substrates auf die Gehäusemorphologie benthonischer Foraminiferen zu suchen. Die Abweichungen der Gehäusetyphen wären somit durch die Natur der Bodensubstanz in einem bestimmten Abschnitt des Lebenszyklus bedingt.

Fig. 11 zeigt die geographische Verbreitung der Gattung *Afrobolivina* in Westafrika.

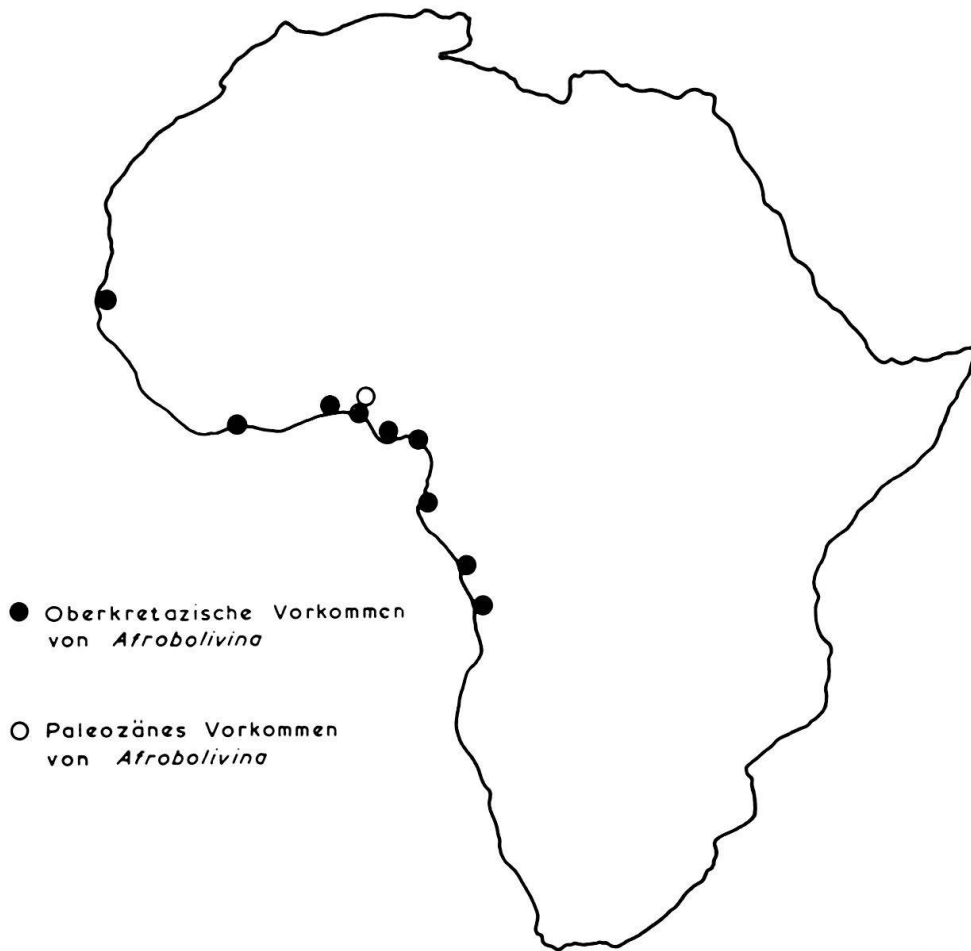


Fig. 11. Vorkommen der Gattung *Afrobolivina* in der Oberkreide und im Paleozän Westafrikas. Während der Drucklegung dieser Arbeit ist eine Beschreibung einer *Afrobolivina* aus Gabon erschienen (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT 1965), die mit der nigerianischen Paleozänform identisch ist. Dieses Vorkommen in Gabon konnte in der schon clichiierten Fig. 11 nicht mehr berücksichtigt werden.

#### LITERATUR

- CASTELAIN, J. et al. (1962): *Répartition stratigraphique d'Afrobolivina afra REYMENT dans quelques bassins côtiers de l'Afrique Occidentale*. Revue Micropaléont. 5, 1, 54–58, 1 Taf.
- GRAHAM, J. J., DE KLASZ I., & RÉRAT, D. (1965): *Quelques importants Foraminifères du Tertiaire du Gabon (Afrique équatoriale)*. Revue Micropaléont. 8, 2, 71–84, 2 Taf.
- JOLICCEUR, P. (1963): *The degree of generality of robustness in Martes americana*. Growth, 27, 1–27.
- LOEBLICH, A. R., und H. TAPPAN. (1964): *Part C, Protista 2, Sarcodina, chiefly «Thecamoebians» and Foraminiferida*. 2 Bde., Treatise on Invertebrate Paleontology, U.S.A., 900 S.
- NYHOLM, G. G. (1961): *Morphogenesis and Biology of the foraminifer Cibicides lobatulus*. Zool. Bidr. Upps. 33, 157–196, Taf. 3–5.
- (1962): *Foraminiferer som fossil och som levande djur*. Svensk Naturv. 15, 202–218.
- REISS, Z. (1958): *Notes on Foraminifera from Israel*. Bull. Min. Dev., Geol. Surv. 17, 5–7, 1 Taf.
- REYMENT, R. A. (1959): *The Foraminiferal genera Afrobolivina gen. nov. and Bolivina in the Upper Cretaceous and Lower Tertiary of West Africa*. Stockh. Contr. Geol. 3, 1–57, Taf. 1–7.
- (1963a): *Studies on Nigerian Upper Cretaceous and Lower Tertiary Ostracoda. Part 2: Danian, Paleocene and Eocene Ostracoda*. Stockh. Contr. Geol. 10, 1–286, 23 Taf.
- (1963b): *Multivariate analytical treatment of quantitative species associations: an example from Palaeoecology*. J. anim. Ecol. 32, 535–547.

Manuskript eingegangen am 31. Dezember 1964.

## Tafel I

1. *Afrobolivina afra* REYMENT. Urstück des in REYMENT (1959, Taf. 1, Abb. 5; G. I. F 20/1) abgebildeten Exemplares ( $\times 60$ ).
2. Dieselbe Art. Urstück des in REYMENT (1959, Taf. 3, Abb. 3a; G. I. F 21/WB – Holotypus) abgebildeten Exemplares. ( $\times 55$ ).
3. Dieselbe Art. Urstück des in REYMENT (1959, Taf. 3, Abb. 1; G. I. F 20/3) abgebildeten Exemplares. ( $\times 60$ ).

(Aufnahmen 1–3 sind im Geologischen Institut der Universität Stockholm gemacht worden, sämtliche übrigen Aufnahmen sind im Geologischen Institut der Universität Ibadan ausgeführt worden.)

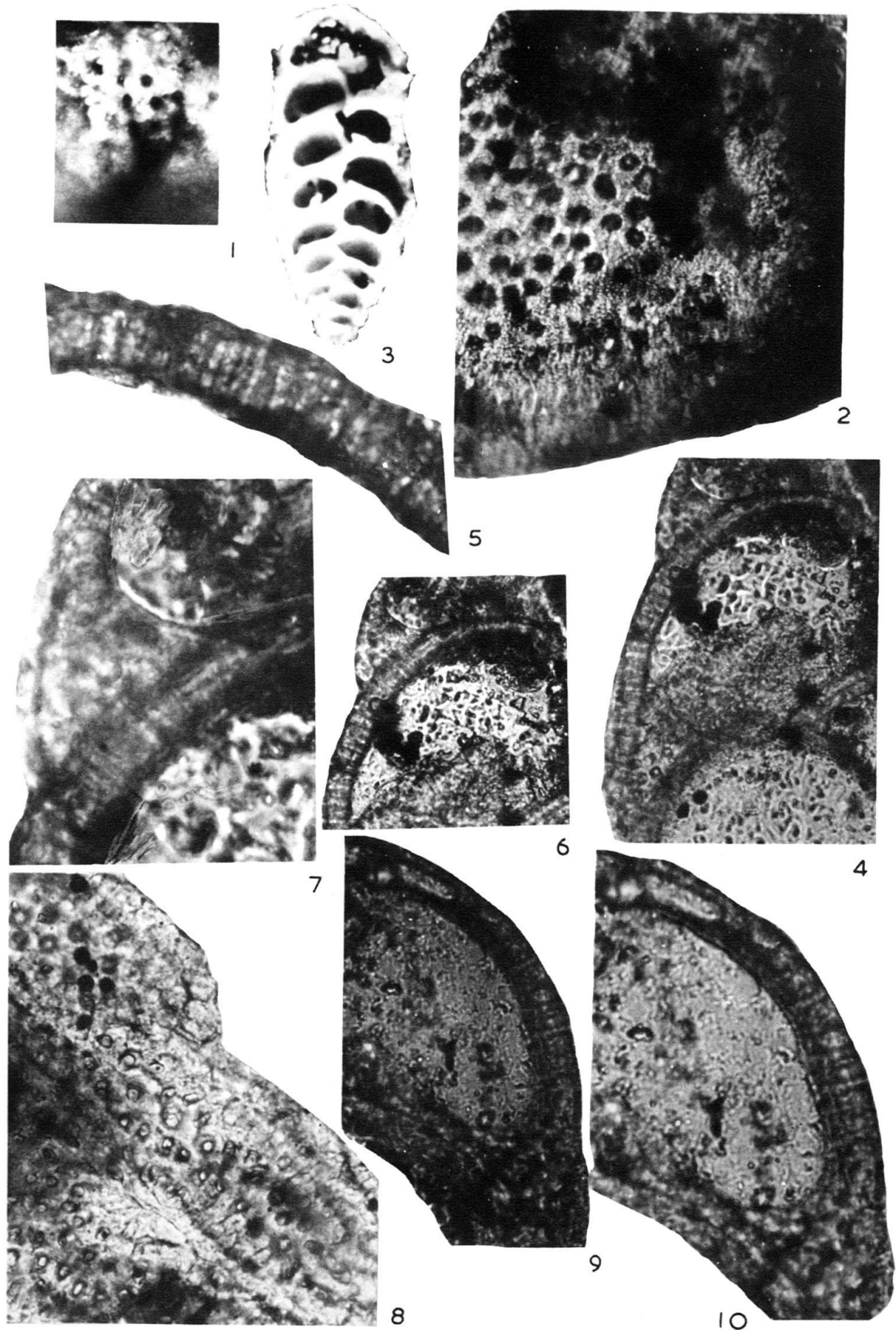
### *Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT)

4. Zweireihiges Individuum mit groben Poren und grosser Anfangskammer. Länge = 0,65 mm. ( $\times 80$ ). G. I. F 200.
5. Zweireihiges Individuum mit groben Poren und grober Verzierung. Länge = 0,55 mm. ( $\times 64$ ). G. I. F. 201.
6. Zweireihiges Individuum mit entblösster Anfangskammer. Länge = 0,75 mm. ( $\times 45$ ). G. I. F 202.
7. Kleineres zweireihiges Individuum. Länge = 0,45 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 203.
8. Zweireihiges Individuum mit groben Poren und ziemlich grober Verzierung. Länge = 0,75 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 204.
9. Ausgeprägt mikrosphärisch zweireihiges Individuum. Länge = 0,60 mm. ( $\times 54$ ). G. I. F 205.
10. Zweireihiges Individuum. Länge = 0,73 mm. ( $\times 41$ ). G. I. F 206.
11. Zweireihiges Individuum mit normaler Mündung. Länge = 0,48 mm. ( $\times 75$ ). G. I. F 207.
12. Ausgeprägt mikrosphärisch zweireihiges Individuum. Länge 0,78 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 208.
13. Ausgeprägt mikrosphärisch zweireihiges Individuum. Länge = 0,39 mm. ( $\times 56$ ). G. I. F 209.
14. Ausgeprägt mikrosphärisch zweireihiges Individuum mit undeutlich ausgebildeten Überlappungen. ( $\times 60$ ). G. I. F 210.
15. Mikrosphärisches Individuum mit offener Kammer, welche die Lage der Mündung zeigt. ( $\times 58$ ). G. I. F 211.
16. Dasselbe Stück von einer anderen Richtung, um die Lage der Zahnplatte zu zeigen. ( $\times 60$ ).
17. Kleinwüchsiges zweireihiges Gehäuse. Länge = 0,29 mm. ( $\times 52$ ). G. I. F 212. Fünf Kammern vorhanden.
18. Kleinwüchsiges zweireihiges Gehäuse mit 6 Kammern. Länge = 0,35 mm. ( $\times 50$ ). G. I. F 213.
19. Kleinwüchsiges zweireihiges Gehäuse mit 8 Kammern. Länge = 0,38 mm. ( $\times 75$ ). G. I. F 214.
20. Loxostomoides Gehäuse. Länge = 0,68 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 215.
21. Loxostomoides Gehäuse. Die Mündung liegt am Gipfel der letzten Kammer – der schwarze Schlitz ist eine Verletzung der Schale. Länge = 0,78 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 216.
22. Loxostomoides gedrehtes Gehäuse mit verletzter letzter Kammer. Länge = 0,80 mm. ( $\times 82$ ). G. I. F 217.
23. Loxostomoides gedrehtes Gehäuse. Länge = 0,80 mm. ( $\times 62$ ). G. I. F 218.
24. Loxostomoides gedrehtes Gehäuse mit zwei einreihig angelegten Kammern. Länge = 1,01 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 219.
25. Loxostomoides Gehäuse. Länge = 0,70 mm. ( $\times 70$ ). G. I. F 220.
26. Loxostomoides Gehäuse mit besonders feinen Gräten. Länge = 0,88 mm. ( $\times 55$ ). G. I. F 221.
27. Loxostomoides Gehäuse. Länge = 0,85 mm. ( $\times 53$ ). G. I. F 222.
28. Mündung des in Abb. 21 abgebildeten Exemplares. ( $\times 70$ ).
29. Schräger Anblick eines zweireihigen Exemplares mit groben Scheidewänden. ( $\times 60$ ). G. I. F 223.
30. Kammerwand von oben betrachtet, um die Scheidewände zu zeigen. ( $\times 40$ ). G. I. F 224.
31. Ansicht der inneren Wand eines zweireihigen Individuums, um die Scheidewände im Seitenanblick zu zeigen. ( $\times 60$ ). G. I. F 225.



## Tafel II

1. *Afrobolivina afra* REYMENT. Poren der Aussenwand. ( $\times 520$ ).  
*Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT)
2. Poren der Aussenwand. ( $\times 520$ ).
3. Schliff durch ein zweireihiges Individuum, um die Form der Kammern und die Scheidewände zu zeigen. ( $\times 65$ ) G. I. F 226.
4. Durchschnitt durch die Kammerwand, um eine Scheidewand (links oben) und den radialen Bau der mittleren Schalenschicht zu zeigen. ( $\times 500$ ). G. I. F 227.
5. Abschnitt der Wand des in Abb. 4 abgebildeten Schliffes in grösserer Vergrösserung, um die drei Schichten der Wand deutlicher zu zeigen ( $\times 2000$  – Ölimmersion mit späterer photographischer Vergrösserung).
6. Dünnschliff durch eine Kammerwand und eine oben stehende Scheidewand. ( $\times 500$ ).
7. Abschnitt des in Abb. 6 abgebildeten Schliffes, um die Struktur der Scheidewand zu zeigen. ( $\times 1250$  – Ölimmersion).
8. Längsschliff durch die Aussenwand: zu beachten sind die Poren. ( $\times 450$ ). G. I. F 228.
9. Dünnschliff, welcher den Bau der Aussenwand zeigt (oben rechts). Hier ist ein Teil der mittleren Schicht durch das Schleifen abgerieben worden. ( $\times 600$ ).
10. Abbildung mit Ölimmersion desselben Teils der Schalenwand wie in Abb. 9. In beiden Abbildungen treten die Wandporen im Längsschnitt deutlich auf, sowie eine Scheidewand (unten rechts). ( $\times 700$  – Ölimmersion mit späterer photographischer Verminderung).



### Tafel III

1. *Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT) Dünnschliff, welcher die drei Schichten des oberen Teils einer Kammer zeigt, sowie eine Scheidewand. ( $\times 500$ ).
2. *Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT). Übersichtliche Abbildung des Exemplares, welches die Vorlage der vorangehenden Dünnschliffe darstellt. Zu beachten sind die durchgeschnittenen Überlappungen (links oben). ( $\times 95$ ).
3. *Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT). Schnitt durch eine Scheidewand. ( $\times 1000$  – Ölimmersion).
4. *Afrobolivina afra* REYMENT. Dünnschliff durch einen Teil eines ausgeprägt megalosphärischen Individuums. ( $\times 90$ ). G. I. F 229.
5. *Afrobolivina afra* REYMENT. Dünnschliff durch eine Scheidewand, welche auch die drei Schichten der Schalenwand zeigt. ( $\times 500$ ).
6. *Afrobolivina afra* REYMENT. Scheidewand einer früheren Kammer als die in Abb. 6 abgebildete. ( $\times 500$ ).
7. *Afrobolivina afra* REYMENT. Verhältnis zwischen Scheidewand und innerer Schalenschicht. ( $\times 500$ ).
8. *Afrobolivina afra* REYMENT. Schnitt durch den vorderen Teil einer Schale, um die bedeutende Dicke der Schalensubstanz zu zeigen (möglicherweise geschieht weitere Absonderung von Kalziumkarbonat nach dem Bilden der Kammern.) ( $\times 500$ ).
9. Zeichnung eines teilweise durch Säure geöffneten Gehäuses von *Afrobolivina afra* REYMENT. Länge = 1,25 mm. ( $\times 60$ ). G. I. F 230.
10. Zeichnung des in Taf. II, Abb. 3 abgebildeten Schliffes von *Afrobolivina africana* (GRAHAM, DE KLASZ, RÉRAT). Die letzte Kammer enthält Konkretionen von Schwefelkies. Länge = 0,80 mm. ( $\times 95$ ). G. I. F 226.



