

## DIE FORAMINIFEREN AUS DEM SENON LIMBURGENS

von

J. Hofker.

XII.

*Cymbalopora radiata* Hagenow.

Im Jahre 1851 publizierte A. E. von Hagenow eine Schrift über „die Bryozoen der Maastrichter Kreide-Bildung“ (4<sup>o</sup>, Cassel), worin er auch eine winzige „Bryozoen“-Kolonie beschrieb, welcher er den Namen *Cymbalopora radiata* gab, womit er zugleich ein neues Genus stiftete <sup>1)</sup>. Parker und Rupert Jones haben darauf vermutet, dass dieses neue Bryozoen-Genus wohl ein Foraminiferen-Genus sein könnte, da es mit der Struktur der *Rosalina Poeyi* d'Orbigny's völlig übereinstimmte.

Dieser Ansicht haben sich viele Forscher angeschlossen, obwohl das fossile Material nicht wieder studiert wurde; das Genus *Cymbalopora* wurde von den Foraminiferologen adoptiert: in Carpenter's „Introduction to the Study of the Foraminifera“ (1862, S. 215—216) wird eine ziemlich genaue Beschreibung gegeben der rezent bekannten Arten (*C. poeyi*, *C. bulloides*); Brady (Report Challenger Foraminifera, 1884, S. 635—640) gibt eine sehr genaue Beschreibung der rezenten Formen, während auch eine neue Art, *C. tabellaeformis*, hinzugefügt wird. Etwa zur selben Zeit gibt Möbius (Foraminifera von Mauritius; Beitr. Meeresfauna der Insel Mauritius und der

„*Cymbalopora*, nov. gen. Hag. (Cymbalum, Cymbel, Musikbecken).

Der Polypenstock ist angewachsen, kalkig, fest, Kreiselförmig und in der Mitte der oberen Fläche ausgehöhlt; er besteht aus kurzen glattmündigen Röhrenzellen, welche ausstrahlend von der Peripherie nach der Centralaushöhlung hin gerichtet, und hier an ihrem engeren Ende gemündet sind.

Nur eine Art fossil in der Kreide.

*Cymbalopora radiata* Hag.

Tab. XII, Fig. 18.

Der kleine, etwa eine halbe Linie im Durchmesser haltende Körper, ist niedergedrückt kreiselförmig, und mit kurzem, spitzem Fusse angewachsen; der untere, verkehrt conische Theil ist glatt und hat kaum eine Spur von Runzeln. Der obere, flache Theil ist hingegen ausstrahlend faltig und im Centrum halbkuglig ausgehöhlt. Die Falten entstehen durch gedrängt und horizontal an einander liegende Röhren, welche, der Aggregationsweise aller übrigen Bryozoen entgegen, von der Peripherie nach dem Centrum gerichtet sind, und alle in der centralen Aushöhlung münden; indem man von oben in dieselbe hineinschaut überblickt man sämtliche Mündungen. Die Röhren liegen in abwechselnden Ringreihen über einander geschichtet, und wenn gleich jede jüngere Reihe die vorhandene ältere nach Aussen überragt und den Durchmesser mit der Höhe zugleich vergrößert, so sind doch alle Zellen mit ihren äusseren Anfangsenden innigst unter einander verschmolzen, wogegen im Centrum jede neue Reihe mit ihren Mündungen, ein wenig gegen die vorhandene zurücktritt, und dadurch zur Vergrößerung und Erweiterung der Aushöhlung beiträgt.

Nur in einem Exemplar von Maastricht in meiner Sammlung vorhanden“.

(Ich gebe nebenbei eine Reproduktion der Fig. 18 der Hagenow'schen Arbeit. Fig. 1 d).

<sup>1)</sup> Die genaue Beschreibung Hagenow's war folgende:

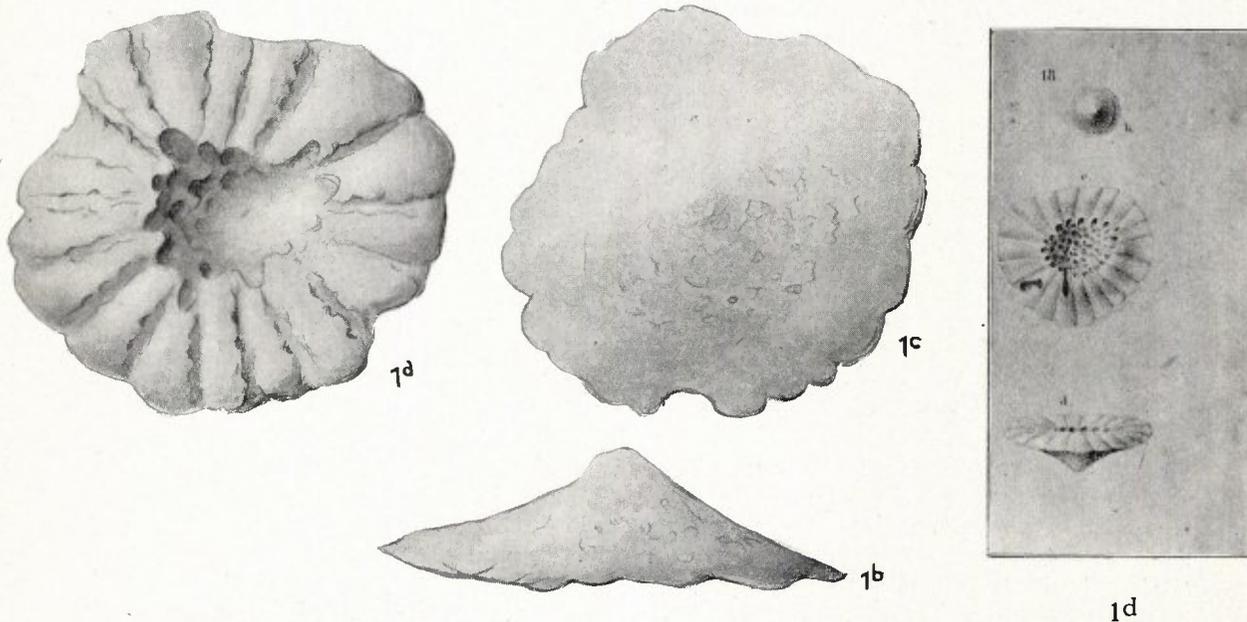


Fig. 1. Groszes Individuum,  $\times 75$ .

a: Unterseite; b: Seitenansicht; c: Rückenseite der Schale; d: photographische Reproduktion der Hagenow'schen Abbildung.

Seychellen, 1880, S. 97—99) eine sehr genaue Beschreibung der rezenten Schalen, wobei er speziell nochmal betont, dasz, im Gegensatz zu vielen anderen rezenten Foraminiferen, die Kammern der ringförmig ausgebildeten Reihen eine aparte Öffnung im Nabel der Schale aufweisen. In neueren Arbeiten werden immer noch neue Arten hinzugefügt, speziell rezente, so z. B. die *Cymbalopora milletti* Heron-Allen (Foraminifera of the Kerimba-Archipelago; Trans. Zool. Soc., London, vol. XX, 1915, S. 689), in welcher Arbeit auch viele wichtige Beobachtungen über die Struktur der rezenten Gehäuse gemacht worden sind, während in einer anderen Arbeit derselbe Autor eine äusserst wichtige Beschreibung der Lebensweise der *Cymbalopora* widmet (On some newly observed Phenomena in the Life-History of the Genus *Cymbalopora*, in: Contr. to the Study of the Bionomics etc; Philos. Trans. Royal Soc. of London, Series B, Vol. 206, 1915, S. 252—261).

Einige neue Bemerkungen verdanken wir schliesslich der ununterbrochenen systematischen Arbeitsamkeit Cushman's, der erstens (An outline of a re-classification of the Foraminifera; Contr. Cushman Laboratory, 39, Vol. 3, Part 1, 1927, S. 81) die Spezies *Cymbalopora tabellaeformis* von den eigentlichen Cymbaloporen absondert, und ein neues Genus errichtet: *Cymbaloporella*: „Test compressed, the early chambers spiral, later ones in annular series, somewhat alternating in each series, apertures on the sides of the chamber on the peripheral face in generally vertical lines (Late Tertiary und Recent),“ zweitens aber das ganze Genus *Cymbalopora* verneint (Idem, Vol. 4, no. 54, S. 7), in dem er behauptet, das von von Hagenow beschriebene Fossil sei gar kein Foraminiferum, sondern ein wirkliches Bryozoon. Er errichtet also das neue Genus *Cymbaloporetta* Cushman: „Test conical, the early chambers trochoid, later ones in annular series separated somewhat from one another along the periphery, with depressions between radiating from the central umbilica area, the next series of chambers placed in these depressions and filling them; wall calcareous, coarsely perforate; aperture in the adult consisting of fine rounded pores along the ventral sides of the chamber“ (Late Tertiary to Recent).

Er sagt weiter über dieses wichtige Ergebnis: „In Carpenter's Introduction, 1862, p. 215, the foraminifera of this genus were placed under Hagenow's genus *Cymbalopora*, which was erected for a bryozoan of the Maestrichtian Upper Cretaceous of Maestricht, Holland. The resemblance of the foraminifera to Hagenow's figure is marked until a closer examination is made. Then the apertures of the bryozoan are seen to be grouped in the central portion differently than in the foraminifera, the spire is not a trochoid spiral and other details are not the same..... It is apparently a worn form figured by Hagenow which makes the resemblance more striking than would be apparent from a complete, uneroded specimen. It seems definitely established therefore that the foraminifera of this

group do not belong to the Cretaceous genus *Cymbalopora* which is a bryozoan“.

Es war also von grossem Interesse, bei meinem Studium der Foraminiferen der Maastrichter Kreide, auch die „vermeintlichen“ Cymbaloporen genauer zu betrachten. Die von Hagenow beschriebene Art scheint eine ziemlich seltene zu sein; jedenfalls konnte ich in der Sammlung des Geologen Staring kein einziges Exemplar auffinden, und auch in meiner eigenen Sammlung fanden sich nur einige Exemplare, teils von Houthem, teils von Bemelen herstammend, vor. Prof. Bonnema hatte aber die Güte, mir aus der sehr reichen Groninger Sammlung ungefähr 20 Exemplare zum Studium zu übergeben, aus der Umgebung von Geulem, sodasz ich zusammen ungefähr 30 Stück studieren konnte. Sie wurden fast alle auf Schilfe verarbeitet, teils durch den Embryonalapparat, teils auch tangential oder horizontal, sodasz ich schliesslich ein vorzügliches Bild der inneren Struktur bekam. Ich kam auf diese Weise zu der Ueberzeugung, dasz *Cymbalopora radiata* Hagenow eine wirkliche Foraminifere darstellt und also der alte Genusname wiederum gebraucht werden soll.

Ich werde zuerst aber etwas mitteilen über Bryozoen, welche Hagenow und Cushman vermutlich dazu führten, auch die Maastrichter Schalen dieser Gruppe von Tieren einzureihen. Es gibt nämlich verschiedene rezente und fossile freilebende kleine Bryozoenkolonien, welche im Falle sie rezent sind, in tropischen Gewässern zu finden sind. Ich habe einige von diesen Gebilden genau studieren können; es stellte sich heraus dasz die einzelnen Zooecien einen Durchmesser von  $\pm 0,5$  mm besazten, wie dies auch bei anderen Bryozoen immer der Fall ist. Auch werden diese kleinen Stöckchen immer auf solche Weise gebildet, dasz zuerst die breite Basis und darauf der Rest des Stöckes gebildet wird. Auch öffnen sich die Zooecien immer nach aussen; nie findet man ihre Öffnung ausschliesslich im Nabel der Schale wieder: die Polyparien würden denn auch, wenn ausgestülpt, kaum im Nabel Platz gefunden haben. In allen untersuchten Fällen fand ich an der Basis der Bryozoenkolonien ein kleines, aber ganz normal gebautes Zooecium.

So können wir gerade die scharfe Differenz betonen zwischen Bryozoenkolonien und der *Cymbalopora* der Maastrichter Kreide: Der Durchmesser der einzelnen Kammern beträgt durchschnittlich nicht mehr als 40—60  $\mu$ , ist also so winzig, dasz kein Polyparium einer Bryozoenkolonie darin Platz finden könnte; deutlich lässt sich erkennen, dasz die Bauordnung eine zentrifugale war; die Kammern sind auszen völlig geschlossen, und öffnen sich mit einem ziemlich weiten Munde



Fig. 2. Vertikaler Schliff durch die Mitte der Schale,  $\times 75$ .

in den Nabelteil; ganz oben aber in der konischen Schale fand ich in allen untersuchten Fällen ein deutlich rotalides System von kleinen Kammern, welches sich von den ersten Kammern einer *Discorbina* kaum unterscheiden liess. Die Natur dieser fossilen Schale lässt sich also nicht anzweifeln: es ist eine Foraminifere.

Ich will also jetzt mit der Beschreibung dieser kretazeischen Foraminiferenart einen Anfang machen. Die grössten Schalen des von mir untersuchten Materiales haben einen Durchmesser von zirca 1 mm (Fig. 1), die meisten aber bleiben weit zurück und messen nur  $\pm \frac{3}{4}$  mm. Die Schale hat den Habitus eines stumpfen Konus, mit einer etwas pronunzierteren Spitze, welche aber ihrerseits wiederum abgerundet erscheint. Die Obenseite des

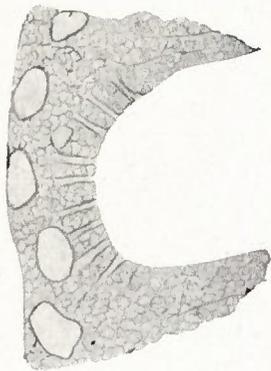


Fig. 3 Schliff durch die Wand einer der späteren Kammern, die agglutinierte Struktur zeigend. Poren sind zu sehen, zugleich in den äussersten Schichten Quarzkörner,  $\times 1000$ .

Konus ist glatt, ohne deutliche Erhebungen; die Untenseite aber zeigt sehr charakteristische Merkmale. Hier finden sich nämlich 8—12 etwas gewölbte, abgerundet dreieckige Kammern, in einer Rosette zusammengelegt, in der Mitte einen tiefen Nabel freilassend (Fig. 5). Die Kammern sind durch tiefe Rinnen von einander getrennt und grosse Poren münden an den Seiten dieser Rinnen aus. In den Nabel kann man fast zum Gipfel hineinsehen und entdeckt dann an den Wänden die schmalen Foramina der Kammern, welche sämtlich in den Nabel ausmünden. Eigentliche Poren lassen sich auf der ventralen Seite der Kammern nicht erblicken; diese Kammern sind flach, sodass der von ihnen gebildete Auszenrand der Schale, welcher deutlich gezackt ist, scharf erscheint.

Ein Vertikalschliff durch die Mitte der Schale (Fig. 2) lässt eine runde Embryonalkammer sehen, während einige andere Kammern, welche auf Querschnitt schon den discorbinen Bau sehen lassen, umher liegen (Fig. 4). Darauf fangen die sehr niedrigen, aber ziemlich langgestreckten Kammern an, welche sämtlich in den Nabel ausmünden mit einem Foramen, das deutlich eine lippenartige Vorwölbung zeigt. Der Nabel läuft bis zum Embryonalapparate hindurch, wird nach der Basis zu allmählich breiter. Diese Struktur stimmt vollkommen mit der, welche man zu Gesicht bekommt, wenn man rezente *Cymbalopora Poeyi* stu-

diert (Vgl. Taf. X, Fig. 5 der Moebius'schen Arbeit, 1880). Wenn man den Schliff nochmal genauer anschaut, so fällt sofort eine Eigentümlichkeit der Wandung der Schale auf (Fig. 3). Die ersten Kammern scheinen grob porös zu sein, soweit man dies bei der schlechten Fossilisation noch sehen kann; aber die späteren Kammerwände sind deutlich sehr fein agglutiniert, und in polarisiertem Lichte lassen sich deutlich zwischen der kalkigen Substanz Quarzkörner erkennen. Auch die ersten Kammern sind sekundär mit diesen Agglutinationen überdeckt worden; dadurch wird die fast polierte Aussenseite der Schale erklärt.<sup>2)</sup> (Fig. 6).

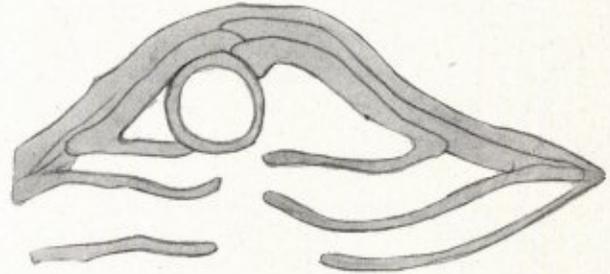


Fig. 4. Vertikaler medianer Schliff durch den Embryonalapparat; speziell die Struktur des Nabels ist zu beachten,  $\times 450$ .

Auf Tangentialschliff (Fig. 6) sind die einzelnen Kammern sechseckig, und schliessen aneinander wie die einzelnen Zellen einer Bienenwabe. Die grossen Poren zweier Kammern münden in einer Kammer, welche dazwischen und darunter gelegen ist. So kommt man zur Einsicht (gerade wie Moebius) dass eine neue Kammer von der sarkode zweier älteren Kammern gebildet wird (wie dies bei allen *Tinoporidae* der Fall ist).

Sehr wichtig erschien mir nun, näheres zu wissen über den wirklichen Bau des Embryonalapparates. Darum habe ich einige Horizontalschliffe durch den Gipfel der Schale angefertigt (Fig. 7), und kam dabei zum folgenden Resultate. Eine kugelförmige Anfangskammer wird von 4 ziemlich kleinen Kammern gefolgt, welche Kammern niedrig sind und von einer gemeinschaftlichen dicken Wand umgeben sind. Diese Kammern bilden also vermutlich den eigentlichen Embryonalapparat. Darauf folgen einige wenige Kammern, welche sehr breit sind, sodass sie ungefähr ein Drittel einer ganzen Windung einnehmen. Diesen Kammern folgen dann die zirkulär gebildeten.

Wenn wir also die Daten überblicken, welche wir jetzt gewonnen haben, so kommen wir zum Schluss, dass die *Cymbalopora radiata* Hagenow eine wirkliche Foraminifere ist, und dass die Einzel-

<sup>2)</sup> Ich habe diese Agglutination, welche typisch sekundärer Natur ist, nicht als wichtiges Merkmal gelten lassen, da erstens noch nicht genau darauf acht gegeben wurde, ob auch bei rezenten Formen keine Andeutungen dieser Agglutination zu finden sind, zweitens aber es deutlich ist, dass die fossile Art *Cymbalopora radiata* allen Anzeichen nach eine etwas höhere Organisation zeigt als die rezenten, degenerierten Typen, also gemäss den von Rhumbler aufgestellten Regeln (Ueber die phylogenetisch abfallende Schalenontogenie der Foraminiferen und deren Erklärung. Verh. d. deutsch. Zool. Ges., 1897, u. Zool. Centr.bl. 5. Jahrg. 1897).

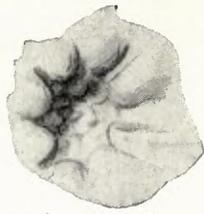


Fig. 5. Nabel einer jungen Schale, × 75.

heiten des Baues der Schale dieser fossilen Art vollkommen übereinstimmen mit dem, was wir aus den Befunden von Möbius (1880) und Heron-Allen (1915) wissen. Dazu kommt, dass die bis jetzt gefundenen rezenten Cymbaloporen meist in der Nähe von Korallenbänken sich vorfanden (falls sie nicht zu den planktonischen „Varietäten“ gehörten); auch die fossile *Cymbalopora radiata* Hagenow findet man in der Maastrichter Kreide in den typischen korallenreichen Schichten dieser Senonfazies.

Da wir also jetzt ziemlich genau unterrichtet sind über die Strukturverhältnisse der bis jetzt bekannten Cymbaloporen — von den Lebensverhält-

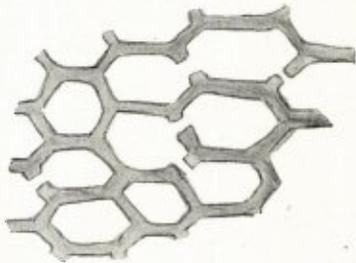


Fig. 6. Tangentialschliff, den Querschnitt durch die Kammern zeigend, und deren Verbindung durch große Foramina, × 350.

nissen, speziell der Fortpflanzung, wissen wir nur Dürftiges — wird es angebracht sein, etwas über ihre systematische Stellung zu erörtern.

Wie man weiss, hat man von den meisten rezenten Cymbaloporen Stadien gefunden, welche durch eine letzte, gewaltige Kammer gekennzeichnet waren, welche Kammer fast immer mit größeren Poren verziert war. Oft finden sich massenhaft solche Individuen im Plankton der tropischen Meere vor. Heron-Allen aber fand ausserdem, dass die Formen ohne Schwimmkammer sich mit der Basis in den Schalen toter Mollusken einbohren, und dort ihr Leben verbringen. Von ihm und auch von anderen Autoren werden die Individuen mit Schwimmkammern als Fortpflanzungsstadien gedeutet, was wohl richtig sein mag. Jedenfalls bekommt man den Eindruck, als sei beim lebendigen Tiere der Nabel von besonderem Protoplasma angefüllt, ganz wie dies der Fall ist bei dem Umbilikalsystem der *Rotalidae*. Dieses Protoplasma würde nun die Aufgabe haben, die Molluskenschale aufzulösen. Möglicherweise würden dann die Plasmodiosporen dieser in den Molluskenschalen versenkten Individuen Nachkommen liefern, von welche des Umbilikalprotoplasma den Anlass zur Bildung der Schwimmkammer geben würde, welche

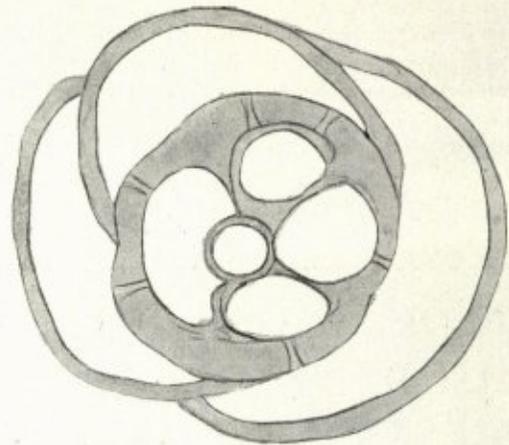


Fig. 7. Horizontalschliff durch den Embryonalapparat, × 450.

dann als Sporulationskammer eine Rolle spielen würde. So würden dann die Oeffnungen der Kammern in die Nabelhöhle denen der Rotaliden zum Umbilikalsystem homolog sein und hätten wir hier eine typische rotalide Andeutung; das für Rotaliden typische Interseptal-Kanalsystem aber fehlt vollkommen. Wir kommen also zum Ergebnis, dass wirklich eine Andeutung zum rotaliden Bau sich hier vorfindet, wobei wir aber zugeben müssen, dass das Sich-öffnen der Kammern in die Höhle des Nabels wohl Anpassungserscheinungen sein mögen an die besondere Aufgabe des hier sich befindenden Protoplasmas. <sup>3)</sup>

Wichtiger scheint mir aber folgendes. *Cymbalopora* zeigt immer erst eine typische discorbine Baufolge der Kammern, während darauf die planorbiline Bauordnung auftritt, sodass oft (speziell im Falle von *C. tabellaeformis*) eine typische *Planorbulina* entsteht. Die typische Entstehungsweise der späteren Kammern aus dem Protoplasma zweier andern Kammern ist nur für die *Tinoporidae* kennzeichnend, zu welcher Familie auch *Planorbulina* gerechnet wird. Wir kommen also zum Schluss, dass *Cymbalopora* eine, obwohl schon ziemlich alte, doch schon spezialisierte Gattung in der Familie der *Tinoporidae* bildet, dass aber zugleich die Möglichkeit besteht, dass sie der Urform der *Tinoporidae* nahe verwandt ist. Schon früher (The foraminifera of the Siboga-Expedition, Part. I, 1927, S. 3) habe ich die Meinung ausgesprochen, es sei *Cymbalopora* eine Form in der Ahnenreihe der *Tinoporidae*.

Dabei lässt sich noch hinzufügen dass, soweit unsere Kenntnis jetzt reicht, die Cymbaloporen immer, in allen Stadien, den discorbinen Bau der ersten Kammern zeigen; *Planorbulina* zeigt diesen Bau jedenfalls in den Stadien A und B, die abgeleiteten Formen aber (*Tinoporus*, *Sporadotrema*, *Polytrema*, *Homotrema*, *Orbitoides*, etc.) nur in der B-Form, während sie in den anderen Formen den „raspberry“-Bau zeigen. Auch hier gibt sich also die von Cushman gegebene Regel des Baues der trimorphen Formen kund (Cushman, The Foraminifera, Sharon 1928, S. 358).

Ob wirklich die Differenz zwischen den Formen „*Cymbaloporella*“ und „*Cymbaloporetta*“

wichtig genoeg ist, um zwei aparte Genera dafür zu errichten, wage ich nicht, hier zu besprechen. Nur wird deutlich sein, dasz jedenfalls die hier gefundene Maastrichter Foraminifere der Gruppe angehört, welke von Cushman *Cymbaloporella* genannt worden ist. So wird dann jedenfalls *Cymbaloporella* wiederum aus der Systematik verschwinden müssen, da die fossile Art wirklich eine

Foraminifere, und keine Bryozoe, darstellt; *Cymbaloporella* ist synonym mit *Cymbalopora*.

<sup>3)</sup> Solche Oeffnungen der Kammern in die Nabelhöhle, welke ich homologisiere mit den Verbindungen, welke die Kammern der *Rotalidae* zeigen mit dem Systeme der Umbilicalkanäle, fand ich auch schon beim Genus *Pulvinulina*, welches auch ein den typischen *Rotalidae* verwandten Genus ist. (Siehe meine Ausführungen über *Pulvinulina Binkhorsti*, diese Zeitschrift, Jg. 16, 1927, S. 126—128).

## ZIJN DE HET HOOG- EN MIDDENTERRAS, EN SOMS OUDERE FORMATIE'S, BEDEKKENDE OPPERVLAKEGESTEENTEN IN ZUID-LIMBURG VAN GLACIALEN OORSPRONG?

door

F. H. VAN RUMMELEN.

(Vervolg).

Naar mijn bescheiden meening, kan een zoo zwak mineralogisch bewijs, als uit de tabellen te lezen is, alleen niet maatgevend zijn voor de herkomst van deze oppervlakte-grondsoort in Zuid-Limburg.

Sediment-petrographische onderzoekingen, als door *Druif* zijn verricht, kunnen zeer zeker aanwijzingen geven in een bepaalde richting. Doch dan moeten de uit deze onderzoekingen getrokken conclusie's ook kloppen met alle overige waargenomen feiten. Dit is voor de conclusie's van *Druif* geenszins het geval. Een deel zijner eigen onderzoekingen, gecompleteerd door bevindingen van *van Baren* (50) en *Wunstorff* (51) bewijzen het tegendeel.

Zooals hiervoren reeds werd vermeld, dankt de afzetting, volgens *Druif*, haar eerste ontstaan aan windtransport. Merkwaardigerwijze lezen wij op de volgende bladzijde, 307, gecursiveerd: „doch „waarschijnlijk zal maar zeer zelden of wellicht „nooit slechts één dier krachten (bedoeld zijn: „water, wind en regen, v. R.) alléén een Löss-afzetting tot stand gebracht hebben”.

Of er in den tijd, die verliep tusschen het neerschrijven der conclusie en de hier aangehaalde passage, al twijfel gerezen is, waag ik niet te beslissen.

Waar de conclusie door cursiveering zoo sterk naar voren gebracht is, meen ik, dat voor de Zuid-Limburgsche grondsoort „windtransport” bedoeld is.

Als algemeen bekend mag wel ondersteld worden, dat bij transport door wind van een of ander materiaal, uitzeving naar korrelgrootte, en voor een deel ook wel naar het soortelijk gewicht der bestanddeelen plaats vindt. De kleinste en lichtste korrels zullen het verst weggeblazen worden, terwijl de grovere en zwaardere het eerst zullen neerslaan. De laatste zal men dus het dichtst bij de

plaats van herkomst vinden, de eerste op meer verwijderde afstanden. De gevonden percentages der korrelgrootte en der zware mineralen zullen dus omgekeerd evenredig moeten zijn met den afgelegden afstand.

Nu heeft *Druif* gelukkig, en hiervoor ben ik hem zeer dankbaar, van de meeste der door hem onderzochte monsters het percentage zware mineralen in zijn werk vermeld.

De volgende getallen geven een inzicht in zijn bevindingen. Voor details zij verwezen naar zijn bijlage 2 en de monsterbeschrijving.

TABEL VI

	Keileem	Löss	Zuidelijke gesteenten
Percentage zware mineralen minimum :	0.53	0.4	0.1
Percentage zware mineralen maximum :	1.—	1.3	4.—
Gemiddeld percentage zware mineralen :	0.665	0.834	0.42
Aantal monsters waarvan het percentage bepaald werd :	11	21	28

Uit de hier gegeven cijfers blijkt ten duidelijkste, dat het percentage zware mineralen in de Löss beduidend grooter is dan in de keileem. Waar alleen de zandfractie, dus het grovere materiaal gebruikt werd, geeft dit reeds te denken.

Laat ik echter, alvorens mijn meening hieromtrent te zeggen, eerst vergelijkende cijfers geven van de korrelgrootte van het materiaal.