

Paläontologische Betrachtungen.

VI. Über Foraminiferen.

Von

W. Deecke.

Die Foraminiferen bieten einer systematischen Behandlung immer große Schwierigkeiten, da man ja eigentlich gar nicht weiß, welche Bedeutung für den amöboiden Protoplasmaklumpen die abgesonderte Schale im einzelnen besitzt und wie deren Gestalt mit dessen Vergrößerung genetisch zusammenhängt. Wenn MAX SCHULTZE seinerzeit nur Mono- und Polythalamia unterscheiden wollte, so ist das zweifellos ein zu weiter Rahmen; aber eine größere Berechtigung hat schon die Ansicht, welche in den sogen. Gattungen der Foraminiferen nur etwa Äquivalente der Arten unter den höher organisierten Tieren sieht. Diesen beiden Auffassungen steht gegenüber die dritte, welche auch in dieser Tierklasse nach den kleinen Formdifferenzen, Verzierungen, Anordnung der Kammern neue Spezies unterscheidet und benennt. In früheren Jahren habe ich selbst dieser von REUSS und C. SCHWAGER, GÜMBEL u. a. vertretenen Richtung angehört und aus der Juraformation nach solchem Prinzip einige Foraminiferenfaunen beschrieben. Neuerdings hat ARN. HEIM die Spirale der Nummuliten gemessen und als Merkmal benutzen wollen, um nur ein Beispiel dieser Richtung zu nennen.

Wir wissen aber wirklich nicht, was die einzelnen sogen. Artmerkmale bedeuten, ob die Spirale wirklich etwas organisch mit dem Tier Verflochtenes ist. Ja, selbst die Hauptunterschiede im Schalenbau, ob agglutinierend, ob perforiert, ob glasig oder

porzellanartig sind keineswegs so absolut, daß danach eine brauchbare Systematik aufstellbar wäre. Irgendwo sind stets erhebliche Ausnahmen zu konstatieren und lassen die Vermutung aufkommen, daß Konvergenzen in weitestem Sinne einzutreten vermögen.

Ich möchte versuchen, aus Lebensweise und mechanischen Vorgängen die Formen der Foraminiferengehäuse verständlich zu machen und dann auf die eben angedeuteten Fragen und anderes einzugehen.

Die Grundlage des Organismus ist der Protoplasmaklumpen, der nach allen Seiten Pseudopodien auszustrecken in der Lage ist und mit deren Hilfe sich bewegt und ernährt. Unter normalen Verhältnissen wird er daher Kugelform annehmen; wie denn in der Tat alle Anfangskammern aller Foraminiferen eine solche besitzen, einerlei, ob es sich um Makro- oder Mikrosphären handelt. Bleiben kann eine solche Gestalt aber nur bei frei schwimmender Lebensweise. Diese kommt wahrscheinlich allen Keimen zu, die sich auf diese Weise mittels der Strömungen im Wasser verbreiten. Wenn bei mehreren Arten (*Triloculina*, *Orbulina*, *Polystomella*) bereits kleine, weiterentwickelte Individuen im Innern erzeugt werden, so ist das ein fortgeschrittenes Stadium, das nicht gegen eine primäre Art der Fortpflanzung spricht. Ein solcher freischwimmender Sarkodeklumpen vermag nach allen Seiten seine Pseudopodien zu entfalten und wird sich mit diesen schwebend erhalten können. Alle planktonisch lebenden Formen werden dieses Stadium besitzen und werden, wenn sie eine Schale abscheiden, diese so bauen müssen, daß Nahrungsaufnahme und Gleichgewicht nicht Schaden leiden. So entsteht als einfachstes Gebilde die perforierte kugelige Kammer aus dünner, glasiger Kalkwand aufgebaut. In ganz ähnlicher Form haben die Radiolarien dies Stadium entwickelt, deren Gitterkugel auch nichts anderes ist.

Das Tier wächst weiter, die Sarkode vermehrt sich, die Masse wird auch bei ausgestreckten Wurzelfüßchen zu groß, um in der Primärkammer ganz enthalten zu sein. Bei den Radiolarien wird dabei oft um die erste Kugel peripherisch eine zweite abgeschieden, die mit der ersten in irgend einer Art verankert ist. Bei den Foraminiferen kommt das sehr selten vor, vielmehr tritt an einer Stelle die Leibesmasse heraus und klebt an der Primärschale seitlich an, diese mehr oder weniger umfassend. Dabei bildet sie die zweite Kammer usw. Dies Haften an der vorhergehenden Kammer ist

etwas dieser Rhizopodenordnung Charakteristisches und daraus erklären sich alle wechselreichen Gestaltungen der Gehäuse.

Bleiben wir, um dies Wachstum spezieller zu betrachten, bei *Globigerina*. Die zweite Kammer ist wieder annähernd kugelig. Aber der Schwerpunkt des Ganzen wird ein anderer. Freilich ist die Belastung durch die Schale bei der intensiven Pseudopodien-corona und deren Reibung im Wasser nur gering. Aber die Folge ist doch, daß, wie bei *Gl. conglomerata*, an 3. und 4. Stelle Kammern gebaut werden, die das Gleichgewicht wieder im ganzen herstellen. Außerdem kann durch Verlegung von Kern und vacuoleartigen Verdünnungen balanciert werden. Bei *Gl. cretacea* ergibt sich schließlich ein im Raum annähernd spiraler Aufbau. Ist schließlich der Sarkodeleib so groß, daß er alle Kammern umklebt und umfaßt, so wird die große Endkugel (*Orbulina*) abgesondert, in deren Innern neue Globigerinen entstehen oder Keime entwickelt werden.

Globigerina ist in diesem Entwicklungsgang der Schalen morphologisch nahe verwandt mit *Pullenia* und *Sphaeroidina*, beide fast stets kugelähnlich, stark involut, glasig, perforiert. Sie kommen auch stets mit jener zusammen vor von der Kreide an bis zur Gegenwart und gehören mit in die Gruppe der planktonischen Formen.

Etwas anders ist die Frage der Vergrößerung und des Gleichgewichtes bei einer zweiten, freischwimmenden Gruppe, bei den *Textularien*, gelöst. An die runde Anfangskammer setzen sich, wie bekannt, zwei- oder dreizeilig, seitlich alternierend, subsphäroidische Kammern, deren Verbindungsöffnungen annähernd median, aber unterhalb der Wölbung liegen. Dies bewirkt, daß das Protoplasma wieder ankleben kann an der vorletzten Kammer, und daß unter Umständen eine gewisse Beweglichkeit resultiert. Unter normalen Verhältnissen wird der ältere Schalentheil nach oben gerichtet sein, der jüngere dickere, sarkodereiche nach unten. Wir bilden wohl durchweg diese Formen in verkehrter Stellung ab. Ist nun oben in einer solchen Textularienschale auch nur eine Spur Luft vorhanden, so ist sie das beste Schwebeorgan, das man sich denken kann. Aus den feinen Poren geht keine Luft heraus. Wer einmal mit Luft erfüllte Textularien hat abschlämmen oder hat präparieren wollen, der kennt das. Gerade die etwas rückgebogenen, unter der Wölbung liegenden Öffnungen lassen Gas nur ganz

schwer austreten. Zieht sich andererseits das Tier in das Gehäuse zurück und beschwert den älteren Teil, so sinkt eine solche Schale ziemlich rasch, und zwar mit dem spitzen Ende nach unten. Bemerkenswert ist gerade für solche Bewegungen die etwas komprimierte, pfeilartige Form, die den echten Textularien nebst Bolivinen und in gewissem Sinne auch *Bulimina* zukommt. Die Tiere leben von einzelligen Algen; diese sind wieder vom Sonnenlicht und von der Wärme abhängig, sie sinken und steigen mit dem Wechsel der Tageszeiten und vielleicht folgen ihnen diese Foraminiferen.

Globigerinen, Pullenien und die Textularien im weiteren Sinne bilden die Hauptmasse der Foraminiferen in der weißen Kreide, gegen welche Cristellarien und Rotalien zurücktreten. Es sind eben die planktonischen Formen. Bei allen ist es eigentlich kaum möglich, bestimmte Spezies zu unterscheiden. *Globigerina cretacea* läßt sich vom Jura bis zur Gegenwart verfolgen, und die Textularien und Buliminien sicher zu bestimmen und abzugrenzen, ist meistens ein Ding der Unmöglichkeit. In diesen Fällen bedingt die allgemeine gleiche Lebensweise auch gleiche Formen, die sich mit jener erhalten.

Wenn nun das Sarkodeklümpchen nicht frei schweben bleibt, sondern langsam in tiefere Schichten über dem Boden oder auf den Untergrund selbst hinabsinkt, so haben wir dort für die Weiterentwicklung verschiedene Möglichkeiten. Die einfachste ist die gerade oder gebogene Röhre, die naturgemäß zur Spirale führt. Das sind die Gattungen *Cornuspira*, *Involutina*, *Rhabdamina* etc., oder solche Formen, die dauernd aus einer einzigen unregelmäßigen Kammer bestehen (*Squamulina*). Bei diesen Formen ist von einer speziellen Differenzierung kaum die Rede. Auch hier sind fossile und rezente Exemplare nur sehr schwer zu unterscheiden; in vielen Fällen, wo keine ausgesprochene Gestalt, sondern nur eine einfache Röhre oder eine unregelmäßige Kammer vorhanden ist, muß man eben unbedingt nur einen Namen haben, trotz verschiedenen Alters und vielleicht kleiner Differenzen. Zugleich ist diese Gruppe ein Beweis dafür, daß auch auf die Schalenstruktur wenig zu geben ist. *Cornuspira* und *Ammodiscus* sind nicht zu trennen. Ich habe früher im Dogger Cornuspiren gesehen, die wenig Sandkörner eingebacken hatten, also kein *Ammodiscus* waren, und die umgekehrten Übergänge. Auch von *Nubecularia* wird

sieht man es nicht. Ich kann daher nur aus der Form einiges ableiten, das aber gut paßt. Die Tiere sitzen im losen obersten Schlamm. Die Schale ist eingesenkt oder nicht eingesenkt, aber mit dem Öffnungspol nach oben, worauf schon die Gesamtform hindeutet; denn bei den rezenten und tertiären Formen ist oft deutlich ein dickeres unteres Ende erkennbar (Tropfenform). Oben tritt aus der Öffnung die Masse der Pseudopodien aus und verbreitet sich kegel- oder flächenartig nach den Seiten. Schlamm und Gehäuse haben annähernd dasselbe spezifische Gewicht. Feine Mergel, Kalkschlamm, seltener Tone sind die Wohnstätten und Ablagerungsorte der Milioliden, die ja in dem Pariser Grobkalk das ausschlaggebende Element waren. Ihre Unzahl bedingt den sandigen Charakter, nachdem Wasser und der feinste Mulm teils verschwunden, teils katalytisch niedergeschlagen sind und die organische Substanz vergangen ist. — Auf die vielen Nebenformen gehe ich später ein.

Die eigentlichen Lageniden stellen uns das, was ich eben betonte, die Tropfenform in vollendetem Maße dar. *Lagena* ist der eingekapselte Tropfen, der vielleicht durch Pseudopodien frei schwebt. Die Rippen, welche manche Arten haben, erhalten wahrscheinlich bei wechselnder Pseudopodienlage die richtige Stellung. Ein gewisses freies Schweben ist anzunehmen, da sonst die vielen radialen Öffnungen keinen Sinn hätten; auch ist *Lagena* ja sehr leicht und im Plankton beobachtet. Aber deshalb kommt es auch nicht über e i n e Kammer hinaus. Die von dieser Gattung abzuleitenden Formen sind im wesentlichen Bodentiere.

Die Ableitung anderer Typen erfolgt durch Wiederholung der Flaschenform entweder in gerader Linie oder in Krümmung. *Nodosaria* und *Fronicularia* deuten die eine Linie, *Dentalina-Cristellaria* die andere an. Wieder sind es die obertriadischen bis mitteljurassischen Vorkommen, die diese Übergänge und Verbindungen am besten zeigen. Dadurch, daß die folgenden Kammern nicht ganz einfach kreisförmig aufsitzen, sondern anfangen, an der nächst älteren ein wenig seitlich herabzuhängen, geht *Nodosaria* in eine *Fronicularia*-artige Gestalt über. Man hat Individuen, bei denen nur eine oder die zwei letzten Kammern diese Eigentümlichkeit besitzen, die also sonst als *Nodosaria* zu bezeichnen wären. TERQUEM gibt von diesem Formenkreise in seinen Aufsätzen über die Liasforaminiferen recht gute Beispiele. Die typischen, von vorne-

herein abgeplatteten langen Frondicularien mit den reitenden Kammern sind erst von der Kreide und genauer von der mittleren Kreide an reichlich vorhanden und müssen vorläufig als jüngere Weiterbildung des liassischen Typus aufgefaßt werden.

Genau so schwierig ist die Abgrenzung von *Nodosaria* und *Dentalina*. Nur in der Biegung der ganzen Kammerreihe und in der Verschiebung des Ausgusses nach der konvexen Seite bis schließlich zur Randständigkeit liegen die Unterschiede, welche bei vielen mittelmesozoischen Stücken kaum ausgeprägt sind. Aber es gibt bereits in Trias und Jura wirkliche Dentalinen mit schief flaschenförmigen Kammern. Wenn nun, wie eben gesagt, der Ausguß ganz an die eine Seite rückt, so entstehen Typen, die ganz willkürlich bald *Marginulina*, bald *Vaginulina* genannt werden, auch schon unter dem Namen *Cristellaria* gehen, wenn die Anfänge des Gehäuses zufällig etwas mehr eingebogen sind. Hier herrscht in der Bezeichnung der allergrößte Wirrwarr, aber ich muß sagen, irgend eine Handhabe, diese Mannigfaltigkeit richtig zu sondern, kenne ich nicht. C. SCHWAGER hat bei diesen Typen die Arten sehr eng gezogen, TERQUEM weit, REUSS hält für die Oberkreide etwa die Mitte ein, die Engländer werfen alles von Jura bis zur Gegenwart zusammen. Ich bin zur Überzeugung gelangt, daß gerade bei dieser Gruppe Lokalvarietäten eine hohe Bedeutung haben, daß man aber niemals diese sogenannten Arten als bezeichnend für das Alter einer Schicht benutzen darf.

Eine etwas stärkere Einkrümmung der *Marginulina* führt zu *Cristellaria* und zu *Robulina*, dem völlig involuten bilateral symmetrischen Gehäuse. Bei diesen beiden spielt eine gewisse Rolle der externe Kamm, in der Abgrenzung der Arten sogar sehr. Auch er wechselt und kommt vielfach erst bei erwachseneren Individuen zur Ausbildung. Was kann er für einen Zweck haben? Er ist vielleicht z. T. als eine Art Versteifung des Gehäuses aufzufassen, indessen ebensogut mag er als eine Art Kiel beim Schwimmen oder Kriechen, also als Gleichgewichtsorgan dienen, der ein rasches Kippen nach den Seiten verhindert. Je größer die Robulinen und je jünger in den Schichten, um so breiter und auffallender ist dieser blattförmige Kamm. Wir haben ihn wieder bei einer ähnlich gestalteten Gattung bei *Operculina*, wohl zu gleichem Zweck. Mitunter treten bei einigen miocänen *Cristellarien*

an Stelle des Kammes spornartige mediane Stacheln, ferner bilden sich dünne Lamellen median auch auf den letzten Kammern von Dentalinen aus.

Außerdem haben diese Lageniden alle miteinander die Neigung zu einer mehr oder minder regelmäßigen Rippenbildung auf den Seiten der Gehäuse. Auch bei diesen Absonderungen ist z. T. an eine Verfestigung der Kammern miteinander zu denken, wenn wie bei *Nodosaria* die Rippen ununterbrochen in der Längsrichtung regelmäßig verlaufen. Dasselbe mag von den bei *Frondicularia* auftretenden Leisten und Kämmen der flachen Seiten gelten. Wir finden diese Rippen aber oft auf einzelne Kammern beschränkt oder auf eine Reihe aufeinanderfolgender und dann oft schräg und ohne Regelmäßigkeit verlaufend. Bei den Dogger-Cristellarien ist nicht selten ein ganz sonderbares Netzwerk auf die Außenseite des ganzen Gehäuses gelegt, z. B. bei *Cristellaria polymorpha* TERQ., *Cr. reticulata* SCHWAG. Ich möchte dafür die Erklärung suchen, daß die heraustretende Sarkode an diesen Rauigkeiten einen besseren Halt hatte. Schutzorgane können diese dünnen, schwachen Erhebungen nicht sein, höchstens könnten sie ein Einsinken in den Schlamm verhindern, aber bei lebenden Foraminiferen ist ein solches wegen des geringen Gewichtes kaum anzunehmen. Allzuviel systematische Bedeutung darf man diesen Äußerlichkeiten nicht beilegen. TERQUEM hat anfangs bei Beschreibung der Liasforaminiferen danach noch viele Arten abgegrenzt, indessen ein Dezennium später bei den Doggerfaunen kaum noch Wert darauf gelegt. Mir ist es ebenso gegangen, nachdem ich die Variabilität dieser Gebilde erkannt hatte.

Eine weitere Eigentümlichkeit dieser Gruppe ist die oft abweichende Gestaltung der Endkammern oder der letzten Kammer allein. Dieselbe ist besonders groß oder abnorm klein, sie löst sich oft vom übrigen Gehäuse schärfer ab, ja es ändert sich der Bauplan oft ganz. Bei Marginulinen schlägt dieser in das *Dentalina*-Stadium zurück, bei eingerollten Cristellarien in dasjenige der Marginulinen, Frondicularien erhalten Nodosariencharakter und umgekehrt. Bei manchen dieser Individuen, besonders wenn die Kammern wieder kleiner werden oder einfacher, skulpturlos, hat man den Eindruck, als ob die Reife überschritten, die Keimbildung erledigt sei. Ein Rest von Sarkode, aber nicht mehr voll lebensfähig, ist zurückgeblieben und schafft noch eine Kammer

einfacherer Art, bevor das Ganze abstirbt. Plötzliches Anschwellen zeigt lebhaftes Wachstum, vielleicht Aufspeicherung von Material für die Keimbildungszeit.

In diese Kategorie stelle ich auch das Genus *Flabellina*. Dies kann aus *Marginulina*, *Vaginulina* und *Cristellaria* sich entwickeln und äußert sich in einer plötzlichen Vergrößerung der Kammern und daher in einem seitlichen Übergreifen bis zum reitenden Typus der Frondicularien. Man kennt im Jura alle Zwischenformen, auch Rückschläge der *Flabellina* in das frühere, z. B. *Marginulina*-Stadium. In manchen Schichten fehlen diese Formen ganz oder sind äußerst selten, in anderen sind sie massenhaft vertreten, so daß ich darin Lokaleinflüsse, vielleicht durch reichlichere Nahrung bedingt, erblicken möchte. Die Vergrößerung am Ende des Wachstums wäre etwa dem *Orbulina*-Stadium in der *Globigerina*-Reihe zu vergleichen.

In diese Kategorie gehört endlich noch eine an besondere Lebensweise angepaßte Reihe, nämlich die aufgewachsenen, perl-schnurartig gestalteten *Placopsilina*-Arten, bei denen die Flaschenform besonders deutlich hervortritt und sich fadenförmige Verbindungsröhren zwischen den mehr oder minder langbeutelförmigen Kammern entwickeln. Bei diesen Formen ist zwar die Tropfengestalt besonders scharf entwickelt; die einzelnen Tropfen kleben aber nicht aneinander, sondern an irgend einer Unterlage (Belemniten, Brachiopoden). Sie sind ein trefflicher Beweis dafür, daß diese hier hervorgehobene Gestalt für die ganze Gruppe ein inneres, wesentliches Merkmal ist, das eben bei frei schwebender Lebensweise zu den genannten Gestalten führen muß.

Eine den Lageniden parallele Reihe stellen die *Agglutinantia* dar. Von der einfachen Kammer gelangen wir zu der *Nodosaria*-artigen *Haplostiche* mit gerader Gestalt, ferner zum *Marginulina*- oder *Cristellaria*-ähnlichen *Haplophragmium* und zu den aufgewachsenen *Webbina*-Arten. Bei *Haplostiche* verlegt sich oft wie bei *Dentalina* die terminale Öffnung seitlich, bei *Haplophragmium* erfolgt Einrollung und dann wieder Geradestreckung; auch Abplattung von den Seiten her und Anlage eines medianen Kiels fehlen nicht. *Placopsilina* und *Webbina* gehen direkt ineinander über. Die Hauptunterschiede, die eben in der Schalenstruktur liegen, scheinen mir durch die Lebensweise bedingt zu sein.

Gar nicht auseinanderzuhalten sind in der Juraformation agglutinierende und kalkige *Polymorphina*-Gehäuse, die ebenfalls hier anzuschließen wären, weil sie aus beutelförmigen, mehr oder minder unregelmäßigen Kammern sich aufbauen, und zwar so, daß das Ganze wieder Tropfengestalt annimmt.

Eine vierte große Gruppe stellen nun die einseitig spiral aufgerollten Gehäuse dar, also die sich um *Rotalia* gruppierenden Gattungen *Planorbulina*, *Discorbina*, *Epistomina*, *Truncatulina* etc. Die Analogie zu den Gastropodengehäusen ist wiederholt betont und allgemein bekannt. Die Asymmetrie der beiden Seiten wird durch eine mehr kriechende Lebensweise bedingt und ist bei planktonischen Formen oft durch starke Zusammendrückung wieder aufgehoben. Die einzelnen Kammern sind weder kugel-, noch flaschenförmig, sondern eher trapezoidisch resp. abgestumpft pyramidal. Bei den älteren mesozoischen, im allgemeinen selteneren Individuen beobachtet man häufiger als bei den zahlreichen tertiären Formen Unregelmäßigkeiten, also eine Art Schwanken in der Aufrollung und Gestalt der Kammern. Eine kriechende Lebensweise erlaubt und erfordert die Verlegung der Hauptöffnung auf eine Seite, sie gestattet die Nabelbildung mit und ohne Kallosität und den Schwund von Poren in den mittleren älteren Teilen des Gehäuses, den man oft beobachtet.

Als fünften Typus betrachte ich alle diejenigen Genera, die sich auf das symmetrisch spiral eingerollte Blatt zurückführen lassen, das an den beiden Aufrollungsenden zwei ausgesprochene Pole hat, selbst aber seitlich ausgezogen oder zusammengedrückt sein kann. Ich rechne hierzu als erste Gruppe *Alveolina*, *Fusulina* und als zweite *Operculina*, *Nummulites*. Im allgemeinen ist bei diesen Schalen bilaterale Symmetrie bewahrt, mit Ausnahme von *Amphistegina*, die man ja auch, wenn man will, in die Rotaliden einreihen könnte. Da es sich in den meisten Fällen bei diesen Foraminiferen um sehr große Individuen handelt, so muß eine besondere innere Versteifung der Schalen erfolgen. Diese geschieht 1. durch die vielen Kammerscheidewände, 2. durch Übergreifen der Hauptlamelle über die Flanken, 3. durch Faltung, Spaltung, Gabelung der Septalwände, 4. durch besondere Spiralleisten (*Schwagerina*), 5. durch die Kegel des Zwischenskeletts. Das Resultat sind walzen- oder linsenförmige Gebilde mit mehr oder minder kompliziertem inneren Bau. Bei diesem ist dann in den

höher organisierten Gruppen eine Erleichterung der erheblichen Kalkmasse durch zahlreiche Kanäle in den Wandungen, Septen, in dem Zwischenskelett eingetreten, ferner in der Blasigkeit des Spiralblattes und Durchbrechung der Septalwände.

Die sechste und letzte Gruppe sind die scheibenförmigen Foraminiferen mit *Orbitoides*, *Orbitulites*, *Orbiculina* und den zugehörigen Subgenera. Bilateraler Bau ist im erwachsenen Zustande stets vorhanden; er kann von den Anfangskammern an existieren; es ist aber primär oft eine nicht persistierende Aufrollung der mittleren Kammerreihe oder des Zentrums nachweisbar. Zu beiden Seiten entstehen oft zur Verdickung der Scheibe sekundäre Kammerplatten und zwischen diesen stützende Pfeiler. Die Grundform mag bei *Peneroplis* gesucht werden, die mit *Orbiculina* in demselben Zusammenhange steht, wie *Nodosaria* und *Frondicularia*. Die Scheibenform ist stets gewahrt, aber entweder sind die Außenränder verdickt oder das Zentrum.

Übrig bleiben allein *Orbitolina* und *Patellina*; von beiden bin ich der Ansicht, daß sie gar nicht zu den echten Foraminiferen gehören, sondern vielleicht einen besonderen Rhizopodenstamm darstellen oder spongienartige Dinge sind. Jedenfalls bilden sie eine Gruppe für sich, schon wegen der napfförmigen, sonst nicht wiederkehrenden Gestalt und der Verkieselung.

Über die Lebensweise der Foraminiferen, die für uns so ungemein wichtig ist, findet man leider in der zoologischen Literatur nur sehr wenige Angaben. Wohl wissen wir, daß diese oder jene Gattung planktonisch lebt, daß man aus bestimmter Tiefe gewisse Formen herausgeholt hat; man kennt die Organisation und Vermehrung mancher Typen. Aber die Hauptfragen, wie leben die Tiere? wie sitzen oder schwimmen sie? ist nirgends beschrieben. Sie sind ja auch zu klein, um im Aquarium richtig beobachtet zu werden, und viele Eigentümlichkeiten ihres ursprünglichen Aufenthaltsortes, z. B. Temperatur, Wasserdruck, die ja für solche einfachen Gebilde entscheidend sind, lassen sich kaum für richtige Beobachtungen herstellen.

Bei zwei Gruppen sind wir aber doch im klaren, das sind erstens die planktonischen, um *Globigerina* sich scharenden Formen und zweitens die aufgewachsenen Gehäuse. Die ersten können in allen Sedimenten vorkommen und sind in der Kreide, in triadischen Alpenkalken und in den ältesten Formationen, ferner in

Tonen, Mergeln, Sanden, tertiär und rezent, sowie in dem heutigen Tiefseeschlamm beobachtet. Sie können überall eingeschwemmt werden und haben für den Geologen nur dann Bedeutung, wenn sie herrschend in reinen und feinkörnigen Mergeln oder Kalken auftreten. Dann bezeichnen sie tieferes Wasser, aber nicht unbedingt Tiefsee und ebensowenig freies Meer, da ja solche Planktonmassen durch Strömungen in stille Buchten zusammengeschleppt werden können. Die begleitende Fauna gibt den Ausschlag. Von der Trias an gehören zu den Globigerinen auch die Textularien meist hinzu, von der oberen Kreide an Rotalien, bei denen man freilich oft nicht weiß, wie weit sie bodenständig lebten auf dem Meeresgrunde, den die niedersinkenden planktonischen Foraminiferen bedeckten.

Im Gegensatze dazu waren die aufgewachsenen Formen sicher autochthon. Nur die festgehefteten können dauernd auch in etwas bewegtem Wasser, also in der Strandzone gedeihen, aber nicht dort, wo Sand oder Geröll irgendwie stärker bewegt werden. Auf Steinen in ruhigem Wasser sitzen die Nubecularien, Saccaminen, auf Felsen ohne Geröll *Astrorhiza*. Auf im Schlamm eingebetteten Gryphäen und Belemniten gedeihen *Placopsilina*- und *Webbina*-Arten neben den vorigen. Sehr häufig sind solche im Lias und Dogger. Im Tertiär ist in manchen Flachwassersedimenten *Truncatulina*, aber ohne die Unterlage, also mit Anwachsstelle und lose anzutreffen. Man hat wohl gemeint, die Gehäuse könnten mit dem Alter frei werden, was ja bei Rhizopoden, die mit Pseudopodien die Schale umfließen, infolge von Auflösung des Kalkes nicht undenkbar ist. Indessen mögen diese Schalen auch vorzugsweise auf Algen oder Tangen gesessen haben — nach Art der in der Nordsee so häufigen *Spirorbis* — und sind nun nach Vergehen des Thallus frei eingebettet worden.

Die Hauptmasse dieser Tierklasse lebt ziemlich entfernt vom Strande in der ruhigeren Tiefe über wechselndem Untergrund z. T. schwebend, z. T. kriechend, z. T. im Boden steckend. Alle Agglutinantia sind auf einen bis zu gewissem Grade sandigen Boden angewiesen, da Quarzkalkkörner und Glimmerblättchen die Hauptbausteine des Gehäuses darstellen. Auch fossil kommt diese Gruppe vorzugsweise in Sanden oder sandigen Tonen resp. Mergeln vor. Massenhaft sind die oligocänen Sande bei Lobsann (Unter-Elsaß) mit Haplophragmien und Plecanien erfüllt, in sandigen Tonen

Ungarns herrscht *Clavulina Szaboi* als Leitform, ebenso bergen etwas sandige Jura- und Kreidemergel *Haplostiche*, *Rhabdamina*, *Trochamina* in großer Individuenzahl, während die in beträchtlicherer Landferne und in tieferem Wasser abgesetzte weiße Kreide solche Formen in recht geringem Maße enthält. Sie fehlen nicht ganz, weil auch die Schreibkreide etwas Sand führt, aber sie verschwinden gegenüber den planktonischen Gehäusen. Ein Vorwalten der Agglutinantien bedeutet also geologisch Zufuhr von feinem terrigenen Material vom Strande her in etwas tieferes Wasser.

Bei den Rotaliden, Lageniden, vielen Textilarien müssen wir nach dem Erhaltungsmedium in den meisten Fällen einen schlammigen, tonig-kalkigen, an organischen Substanzen reichen Meeresboden von etwas größerer Wassertiefe, etwa von 20 m an, vermuten. Man findet rezent in dem Sande des Strandes oft massenhaft tote Schalen. Berühmt sind die Sande am adriatischen Ufer von Rimini und die tyrrhenischen Gestade bei Gaeta. Es wimmelt von Foraminiferen im halbvulkanischen Sande bei Torre Gaveta und der Scuola di Miniscola bei Pozzuoli (Golf von Neapel) und in dem jungfossilen Bimssteinsande der Starza zwischen Pozzuoli und Mte. Nuovo. Die meisten dieser Gehäuse sind aber nach Absterben des Tieres an das Land geschwemmt. Sobald sich infolge von Verwesung eine auch nur ganz geringe Menge von Gas in den Schalen entwickelt, steigen sie auf und werden vom Winde und Küstenstrom ans Ufer gespült. An solcher Gasentwicklung hat es in den bituminösen Tonen und Schlammabsätzen nie gefehlt. Schon die mit dem Vorkommen von Foraminiferen oft eng verbundene reichliche Bildung von Schwefelkies beweist die Anwesenheit von S H_2 oder von reduzierenden Sumpfgasen und infolge deren auch von CO und CO_2 . Gase, die einmal in die kleinen Kammern eingedrungen sind oder sich dort entwickelten, können, wie schon oben betont, schwer wieder heraus, die Poren lassen sie nicht durch und die Hauptöffnungen sind oft so gestellt, daß beim Schwimmen der Gasgehalt der letzten Kammern die Öffnung unter Wasser hält. Erst Zerbrechen oder Austrocknen am Strande bringt diese Schalen zur Sedimentation. Deshalb muß man in der Deutung solcher Sedimente vorsichtig sein. Der Spielraum ist in horizontaler wie vertikaler Richtung sehr erheblich.

Überblickt man nun die großen Foraminiferen (*Nummulites*, *Orbitoides*, *Alveolina*, *Fusulina*, *Orbitulites*), so sind fast ausschließlich Kalke und Sande ihre Lagerstätten. Man spricht von Alveolinen-, Idalinen-, Lacazinen-Kalken, in zweiter Linie kommen Sande in Frage, z. B. Sables inférieurs de Cuise-Lamotte oder Sandkalke in den Alpen (Nummulitensandsteine). Ganz reine Sande führen diese Foraminiferen meistens nicht, Konglomerat natürlich kaum, weil die Gehäuse zu zerreiblich sind. Auffallend ist das Vorkommen von Nummuliten und Orbitoiden in der Strandzone zusammen mit Lithothamnien. Man hat dabei durchaus den Eindruck, als ob die Tiere wirklich dort gelebt hätten, nicht als seien sie erst nach dem Absterben zwischen die Algenkrusten und Bäumchen angeschwemmt. Das gleiche gilt von manchen oligocänen Bryozoen-sanden des Vicentins mit ihren Orbitoiden, sowie von den gleichartigen Sedimenten der Maastrichter Stufe mit *Calcarina*. In die gleiche Gruppe gehören die bis markstückgroßen *Orbitulites* in den Kalksand von Vaugirard bei Paris, welche mit den brakischen Cerithien zusammen gefunden werden, also sicher der Uferzone angehören. Die *Orbitulites* sind so dünn und zart, daß bei ihnen Verschleppung durch Wellen und Strömung fast ausgeschlossen erscheint.

Man fragt sich aber, wie alle diese großen Formen gelebt haben. Klar ist, daß die Gehäuse infolge der weit vorgeschrittenen Kammerung, wegen der Kanäle in den Septen und der Porosität des Zwischenskeletts nicht besonders schwer waren. Am kompaktesten sind noch die *Idalina-Lacazina*-Formen. Wie schon von anderen Autoren früher reichlich oft betont wurde, sind alle diese großen Schalen ausgesprochen bilateral gebaut. Das deutet auf eine gewisse freie Beweglichkeit oder auf eine bestimmte Stellung im Sedimente hin. Hätten die Schalen von *Nummulites*, *Orbitoides*, *Orbitulites* dauernd mit einer breiten Seite auf dem Boden gelegen, wie es vielleicht bei *Amphistegina* der Fall war, so wäre schwerlich das gleichseitige Wachstum möglich gewesen. Ich meine, daß diese Gattungen vertikal im Schlamm steckten, wahrscheinlich im recht weichen, noch nicht fester sedimentierten Kalkschlick und sich in dieser Stellung hielten, eventuell langsam krochen. Die flache Lage ist erst nach dem Tode bei Verfestigung des Gesteins eingetreten. Die eigentümlichen Dornen von *Calcarina* oder *Tinoporus* mögen als Widerstände gegen zu tiefes

Einsinken gedeutet werden. Für die walzenförmigen Gattungen (*Alveolina*, *Fusulina*) ist sowohl vertikale wie horizontale Stellung denkbar, wenn diese Tiere über oder in dem Boden existierten. Übrigens nähern sich *Idalina* und *Alveolina* wieder in den Endformen sehr der Kugelform (*A. melo*). Eine schwache Bewegung des Wassers schadet, solange sie sich nicht bis zur Abreibung der Kammern steigert, diesen Tierkörpern nichts. Daher haben diese Gruppen vielleicht in mäßig tiefem Wasser gelebt, was aus der reichlichen Beteiligung von *Cymopolia*, *Uteria* und *Lithothamnium* an dem Aufbau süditalischer Alveolinenkalke ebenfalls hervorgeht. Wenn wir den rezenten *Nummulites* als maßgebend für die Lebensweise der fossilen heranziehen dürfen, so haben wir nur flaches Wasser 17—30 Faden anzunehmen. Damit stimmt die mit den fossilen Nummuliten verbundene reiche Molluskenfauna überein.

Alle Foraminiferen mit fossil erhaltbaren Gehäusen waren marin; aber wie heute sind manche früher bis ins Brackwasser vorgedrungen. *Rotalia Beccarii* lebt in der Ostsee bei Kiel und verschwindet etwa von Rostock an. Im Eocän möchte ich wegen der begleitenden Schnecken und Muscheln den *Orbitulites* und einen Teil der Milioliden für Bewohner schwächer salzigen Wassers halten. Wir sehen, wie der Calcaire grossier des Pariser Beckens nach oben ärmer an rein marinen Gattungen wird, wie *Potamides* und *Cyrena* vorzuwalten beginnen. Aber die Milioliden bleiben. Freilich muß man bei solcher Deutung vorsichtig sein. Meeresströmungen können Foraminiferen lebend oder tot in mehr oder minder abgesperrte brackische Strandlagunen oder Flußmündungen verschleppen, vor allem die Flut, so daß auf vereinzelte Exemplare nicht allzuviel zu geben ist. Immerhin beweisen Foraminiferen unter normalen Verhältnissen eine direkte Beeinflussung durch das Meer. Aber auch dies gilt nur, wenn man die Formen isolieren und sicher bestimmen kann. Daß der Nachweis von solchen Schalen nicht immer absolut die marine Entstehung des Sediments sicherstellt, hat uns der große Streit vor etwa zehn Jahren über den Schonenschen Geschiebemergel gelehrt. Man fand darin beim Schlämmen Foraminiferen, und einige Forscher schlossen daraus sofort, daß das nordische Inlandeis in Schonen und Dänemark über ein Meer geschritten sei. Von anderer Seite wurde behauptet, die Foraminiferen seien aus zerstörten Kreide-

und Tertiärschichten von den glazialen Schmelzwassern ausgeschwemmt und teils in die Grundmoräne, teils in die interglazialen Tone wieder eingebettet worden. Da kommt es ganz darauf an, ob man die Spezies begrenzen kann. *Globigerina*- und manche *Rotalia*-Formen sind in Kreide, Tertiär und Diluvium so ähnlich, daß sie kaum sicher getrennt werden können, also bei ihnen die Frage in der Schwebe bleibt.

Ähnlich kann es mit manchen isolierten Funden im süddeutschen Tertiär stehen. Schon ANDREAE hatte bei Untersuchung elsässischer Tertiärtone Schwierigkeiten, eingeschwemmte Juraforaminiferen von den oligocänen Cristellarien zu trennen. Sehr vorsichtig wird man in der Molasse sein müssen, da die anfangs noch losen, marinen Sande abgespült und in der jüngeren Süßwassermolasse wieder sedimentiert worden sind. Kreideforaminiferen sind massenhaft im rezenten Schlick der Küste von Jasmund auf Rügen vorhanden, und so wird schwerlich alles, was in den Alpen vereinzelt Nummuliten führt, wirklich Eocän sein. Besonders verdächtig sind zerbrochene Exemplare. Das gilt auch von *Orbitolina* aus dem Urgon, die sehr wohl in tertiäre Sedimente vertragen sein kann, und zwar um so eher, als diese Dinge durch ihre Verkieselung widerstandsfähig sind. Ich bin z. B. der Meinung, daß LORENZ in der Tristelbreccie es nur mit solchen umgelagerten Stücken zu tun gehabt hat, weil alles zerbrochen ist, daß also das Alter falsch bestimmt ist. Die Breccie ist meiner Ansicht nach Flysch.

Die Erhaltung der Foraminiferen ist sehr wechselnd. In manchen Sedimenten wimmelt es davon, in anderen fehlen sie fast ganz, obwohl man gar nicht einsieht, warum? Diese kleinen Gehäuse müssen oft schon früh einem Umwandlungsprozesse zum Opfer fallen. Wir sehen, daß in Globigerinen- und Textilarienkalken vielfach die Schalen verschwunden sind und nur Kalkspatgruppen uns die Organismen andeuten. Je mächtiger, je kompakter und reiner der Kalk, um so deutlicher tritt diese Erhaltung ein. Auch mag das Alter dabei eine Rolle spielen, weil wir von der Trias rückwärts nur selten diesen Schalen in größerer Menge in den Kalken begegnen. Solche Gesteine mit Kalkspatsteinkernen der Foraminiferen kenne ich vor allem aus der südeuropäischen Kreide. Etwas kräftige Dynamometamorphose vernichtet die letzte Spur, nämlich die Form. — In Sanden muß mitunter ziem-

lich früh eine völlige Auflösung vor sich gehen. Die Stettiner Sande enthalten keine Foraminiferen, obwohl die Fazies sehr dazu geeignet wäre, aber dafür die z. T. riesigen Kalkkonkretionen. In solchen Sanden erhält und zerstört die Glaukonitbildung diese Schalen, besonders wenn der Glaukonit sich seinerseits in einer jüngeren Phase in Brauneisen oder Eisencarbonat umwandelt. Die winzigen Hohlräume der Foraminiferen müssen in vielen Sedimenten der Hauptsitz der Diagenese sein. In der Kreide ist Kieselsäure dort abgesetzt; denn man findet beim Ausschlämmen prächtige Stachelkugeln aus Feuerstein oder Chalcedon, die nur Steinkerne von *Orbulina*- und *Globigerina*-Kammern sind. In Sanden ist das gleiche mit Glaukonit der Fall, in Tonen spielt Eisenkies dieselbe Rolle. Ich habe einmal große Mengen der tiefsten kambrischen Tone von Kunda in Estland abgeschlämmt und dabei bedeutenden Rückstand von glaukonitischen und pyritischen Körnern bekommen, die einst *Globigerina*-artige zerfallene Schalen erfüllt haben müssen. Ebenso ist es im Septarientone Pommerns, wo gut erhaltene Foraminiferen die größten Seltenheiten sind. Daß auch große Formen mit Eisenverbindungen durchzogen werden, beweisen die Kressenberger Orbitoiden. Sehr häufig sind in den Lithothamnienkalken Umsetzungen in Kalkspat, wobei die aus Zellulose entwickelte Kohlensäure eine Hauptrolle gespielt haben wird. Dies hat schon vor 20 Jahren J. WALTHER mit vollem Recht hervorgehoben.

Am besten sind Foraminiferen immer in einem feinen, im Wasser zerfallenden Kalkmergel erhalten, dem sowohl eine gewisse Menge Sand als auch Ton beigemengt sein kann. Der reinste Typus ist eben Kreide, sei es Obersenon, sei es Pliocän wie auf Rhodos oder Pleistocän wie auf den Nikobaren, zwei Faunen, die TERQUEM und C. SCHWAGER beschrieben. Mischgesteine stellen die Zechsteinmergel, die Marnes à ovoïdes des Lias und die Marnes vesulliennes Lothringens dar, ferner die von C. SCHWAGER behandelten *Impressa*-Tone, die von GÜMBEL untersuchten Ulmer Zementmergel, die Marnes aptiennes der Unteren Kreide im SO. Frankreichs und die Plänermergel von Strehlen in Sachsen, um nur einige zu nennen. Aus Tertiär würden hierher gehören die Wiener Tegel, die Marne und Argille des mittel- und süditalischen Pliocäns. Mehr sandigen Charakter tragen die Ufersedimente von Rimini, die pliocänen Schichten von Padas Malang auf Java, die

Sande von Asti, Doberg bei Bünde, Oligocän von Lobsann im Elsaß, Sables de Beauchamp und von Cuise-Lamotte im Pariser Becken. Schon in der Kreide ist dieser Typus selten und verläufig unbekannt vom Jura an. Die unternen Sande von Arnager auf Bornholm, die sandigen Mergel des pommerschen Malms, die *Murchisonae*-Sandsteine, die Liassande Bornholms haben kaum Foraminiferen geliefert, höchstens vereinzelte Marginulinen oder Cristellarien. Es mag dies z. T. daran liegen, daß die in Sanden heimischen Gruppen, wie die Milioliden, Rotaliden und Haplophragmien nebst vielen anderen Formen überhaupt erst im Tertiär eine reichere Entfaltung erlangen. Andererseits mögen die dünnen Schalen im Laufe der langen Zeiträume durch Sickerwasser in den durchlässigeren Gesteinen zerstört worden sein.

Trotz ihres einfachen, strukturlosen Körperbaus müssen diese Rhizopoden ungemein empfindlich gewesen sein gegen kleine Änderungen im Medium des Meerwassers, der Sedimentation usw. In Form von dünnen Bänken erscheinen im Flysch Unteritaliens oft massenhaft Orbituliten und andere Foraminiferen und darüber und darunter ist in gleichen Gesteinen nicht ein Stück zu finden. Vor einer Reihe von Jahren habe ich im Elsaß sehr genau die den Arietenkalken eingelagerten, die Werkbänke trennenden Mergellagen untersucht. Scheinbar ganz launisch treten Foraminiferen in diesen petrographisch ununterscheidbaren Gesteinen auf. Irgend eine bedeutendere Änderung in der Fazies läßt sie sofort erscheinen oder verschwinden; z. B. reichlicher als zwischen den Arietenkalken liegen sie in den Mergeln mit *Pentacrinus tuberculatus*, während sie unmittelbar darüber in den Betatonen absolut fehlen. Die badischen *Blagdeni*-Tone sind arm daran, die Marnes vesulliennes Lothringens wimmeln von Dentalinen, Cristellarien, Polymorphinen und Milioliden.

Im allgemeinen habe ich den Eindruck gewonnen, daß Foraminiferen nur in den Schichten reichlicher vorkommen, die auch sonst an Organismen oder organischen Substanzen reich waren. Die rein planktonischen Gruppen können überall vorhanden sein und scheiden daher z. T. hier aus. Bituminöse Mergel, sehr fossilreiche Sande, Algenzonen der Strandregion (*Lithothamnium*, *Ovulites*, *Uteria*, *Cymopolia*) bergen die Hauptmenge der uns bekannten, massenhaft auftretenden Formen. Zu dem Bitumengehalt haben dann auch sie wieder beigetragen. Aber stark von organischen

Zersetzungsprodukten erfüllte Schichten sind arm an diesen Tierresten, z. B. die Fischschiefer der Trias, Posidonienschiefer, weil vielleicht die sich entwickelnden, auch im Wasser gelösten Gase schädlich wirkten. Foraminiferenreiche Asphalt- und Petroleumsande sind ausnahmslos erst später mit diesen Stoffen getränkt worden. Im Unterelsaß sind bei Lobsann und Pechelbronn sehr verschiedene Gesteine damit imprägniert, wodurch das spätere Eindringen bewiesen ist. — In die Kategorie der Bryozoen- und Kalkalgen führenden Gruppe von Kalksedimenten rechne ich auch den Urgonkalk, welcher an manchen Stellen die Trümmer jener beiden Organismenklassen massenhaft enthält (*Diplopore*) und mit ihnen Milioliden in unzählbaren Mengen. Dadurch wird er faunistisch wie auch oft petrographisch dem Pariser Grobkalk ähnlich. In den triadischen Algenriffen ist meistens eine derartig starke Umwandlung erfolgt, daß Foraminiferen nicht oder nur in unbestimmbaren Spuren erkennbar sind.

Gerade bei diesen niederen Organismen läßt sich das Verschleppen von Keimen und deren explosivartige Entwicklung an geeigneten Stellen sehr wohl verstehen, ebenso das Absterben, sobald sich die Existenzbedingungen ungünstig gestalten. Das schönste Beispiel dafür sind die Nummulitenzonen des Pariser Beckens, die durch deutliche Niveauschwankungen getrennt sind. Eine wiederholte Einwanderung aus dem südeuropäischen Meere ist wohl zweifellos. Das gleiche gilt von *Alveolina*. Wir beobachten Ähnliches in den jungpaläozoischen *Bellerophon*-Kalken, wo aus dem östlichen Hauptverbreitungsgebiet vorübergehend *Fusulina* einwandert. Ähnlich muß es mit dem *Orbitulites* der Grauen Kalke Venetiens stehen, nur daß wir dessen Heimat noch nicht kennen. Auch die großen Miliolidenformen der oberen südfranzösischen Kreide sind mit den Hippuriten irgend woher gekommen, vielleicht auch aus dem Südosten. Im Gegensatz zu solchen bei uns fremden Gästen sei nur ganz kurz auf die ja allgemein bekannte weltweite Verbreitung der Fusulinen und Schwagerinen, den Nummuliten, Alveolinen und Orbitoiden hingewiesen. Über die Existenzbedingungen der ersten können wir sehr wenig sagen, von den letzten dürfen wir aber unbedingt mit STROMER v. REICHENBACH annehmen, daß sie bis zu einem gewissen Grade an wärmere Wasser gebunden waren. Die bedeutendste Entfaltung dieser Formen fällt in Europa mit dem letzten Auf-

treten riffbildender Korallen räumlich und zeitlich zusammen (ligurischer Apennin, Vicentin), und beide verschwinden im Neogen aus unseren Gebieten und haben ihre nächsten Verwandten unter den Tropen. Bestätigt wird dies ebenfalls durch das Verhalten der eogenen Gastropoden. Bemerkenswert ist, daß *Nummulites* und *Alveolina* in Europa zusammen erscheinen, daß jene durch die etwas älteren Orbitoiden gewissermaßen verdrängt werden, diese aber sich angepaßt haben und sich bis ins Miocän noch weiter entwickeln. Dann hören sie auf, sobald das Wasser noch kühler wird. Umgekehrt bringt uns die cenomane Verschiebung von Meer und Land neben den Teleostiern, Dicotylen etc. ebenfalls eine Menge großer neuer Foraminiferen wie *Idalina*, *Lacazina*, *Calcarina*, *Orbitulites*, *Orbitoides*, die nicht alle auf einmal erscheinen, sondern bis Ende der Kreide bald von diesem, bald von jenem europäischen meist beschränktem Gebiet Besitz ergreifen. Wirklich einheimisch sind in Europa nur die beiden letztgenannten wenigstens für eine gewisse Zeit geworden. Bei den Fusulinen haben wir denselben Versuch, aber unter viel ungünstigeren geologischen Verhältnissen.

Als Leitformen ist die Mehrzahl der Foraminiferengattungen unbrauchbar. Auf Globigerinen, Textilarien und Rotaliden besonders im Dünnschliff darf man keine Altersbestimmungen vornehmen. Aus Pommern ist einmal eine Fauna aus einem braunen Ton von Bartin als untercretacisch bestimmt. Es handelte sich um Cristellarien, Vaginulinen und ähnliche Formen; der Ton liegt auf dem oberjurassischen Oolith als dünne Bank oder in Taschen. Man kann ebensogut an Alttertiär denken oder an aufgeschleppte mittelmurassische Sedimente. Nach dem Auftreten einzelner Foraminiferen in den Kalken der Schweizer Alpen zu sagen: „Das ist Jura oder Kreide“, halte ich für ganz ausgeschlossen, ebenso wie man bei Diploporen mäßiger Erhaltung nicht wissen kann, ob Trias oder Urgon vorliegt. Die nur im Dünnschliff konstatierte Foraminiferenfauna der Couches rouges ist eine völlig indifferente, die ebensogut jurassisch wie obercretacisch sein kann. Die Bedeutung der Fusulinen, Nummuliten, Orbitoiden als Leitformen für Europa steht fest, aber nach meiner Ansicht nur für die großen Gruppen, nicht für die sogen. einzelnen Spezies. *Fusulina*, *Schwagerina*, große und kleine, dicke und dünne Nummuliten, *Assilina*, glatte und sternförmige Orbitoiden wird man

auseinanderhalten können und zur Altersbestimmung benutzen dürfen. Schon bei *Alveolina* schwankt die Längserstreckung erheblich. Wer einmal die obereocänen Alveolinen hat bestimmen und als Leitformen hat benutzen wollen, weiß, daß auf die Form wenig zu geben ist. *Orbitoides* hat man in eine Reihe Untergattungen zerschlagen, je nachdem die Schicht der Mediankammern konzentrisch oder spiral angeordnet ist oder je nachdem die Kammern dort rundlich oder viereckig sind. Bei *Nummulites* spielt die Anordnung der Septen auf den Flanken eine wichtige Rolle im System. Haben diese Merkmale aber überhaupt eine erhebliche Bedeutung für das Tier besessen? und wenn diese minimalen Änderungen erfolgten, sind sie überall gleichzeitig erfolgt, so daß man selbst engere Schichtkomplexe danach zeitlich als gleichwertig betrachten darf? Wenn im ligurischen Apennin und in den Colli Torinesi eine gleiche Aufeinanderfolge von Orthophragminen und Miogypsinen konstatiert ist, so ist das a priori gar nicht auf den süditalischen oder sizilianischen Apennin zu übertragen. Etwa einzelne Handstücke, die nicht selbst oder ganz sorgfältig gesammelt sind, geben mit diesen Foraminiferen kein irgendwie geologisch brauchbares Material, und man soll sich sehr hüten, diese Methode auf entfernte Gebiete glattweg zu übertragen. Im Carbon haben wir bereits Nummuliten, außerdem noch rezent, im veronesischen Lias Orbituliten. Wenn diese nun später auf einmal wiederkehren, so entspricht das dem *Megalodon* in der Trias und *Actinostromaria* im französischen Cenoman. Diese Typen haben also irgendwo lange Perioden überdauert. Ich fürchte, daß wir, durch unsere europäischen Verhältnisse verleitet, in einen bösen Kreisschluß oft genug verfallen, wenn wir jede nummulitenführende Schicht exotischer Länder für Alttertiär erklären. Man muß wirklich vorsichtiger sein. Das Beispiel der Kreideceratiten in den Molukken, die nun echte triadische Gattungen sein sollen, mahnt zur Vorsicht.

Vor 30 Jahren hat NEUMAYR versucht, eine Entwicklung dieses Rhizopodenstammes aufzustellen. Er meinte nach den damals fast allein bekannten carbonischen Formen annehmen zu dürfen, daß sich die sandigen agglutinierenden Foraminiferen zuerst und dann die kalkigen herausgebildet hätten. Aber schon die Fusulinen machten Schwierigkeiten in dieser Auffassung. Seit man Globigerinen schon aus älteren Komplexen kennt, ist das Ganze wohl hinfällig.

Die Gruppe der Dentalinen mit ihren Verwandten ist seit dem Perm nachgewiesen und hat keine irgendwelche bedeutende Veränderungen erfahren. Nur von der Kreide an werden die eingerollten Typen größer und mannigfaltiger in ihren Verzierungen (Kämmen und Dornen) und die echten Frondicularien häufiger und länger. Die Milioliden sind mindestens seit der Trias bekannt. Bei ihnen ist zweifellos insofern eine Veränderung zu beobachten, als die älteren Formen wie *Ophthalmidium* einfach gebaut, flach, klein sind und flaschenförmige Kammern haben. Es kommt im Oolith des Dogger sogar zu aufgewachsenen unregelmäßigen Gestalten. Aber daneben haben wir vom Lias an echte *Triloculina*- und *Spiroloculina*-Arten, welche im Urgon schon gesteinsbildend werden. In der oberen Kreide entstehen die Seitenzweige wie *Idalina*, *Lacazina* mit der starken inneren Röhrenbildung, welche im Tertiär bei *Fabularia* ihren Ausdruck findet. Auch die Nummulitiden sind schon alt; in der alpinen ungarischen Trias, im Lias von Lothringen etc. treffen wir auf Polystomellen, die sich eigentlich gar nicht von den rezenten unterscheiden. Die seltene Nummulitenform des belgisch-englischen Carbons sei kurz erwähnt. Auch Rotaliden zeigen sich in triadischen und liassischen Schichten, obgleich spärlich, während sie im Dogger und im russischen Callovien bereits einen erheblichen Teil der Foraminiferen ausmachen.

Die Globigerinen, Textilarien, also die planktonischen Gattungen gehen ebenso wie die agglutinierenden bodenständigen Typen durch alle Formationen hindurch.

Daß *Fusulina* und *Schwagerina* mit *Alveolina* genetisch verbunden ist, wird wegen der großen mesozoischen Lücke vorläufig zweifelhaft bleiben. Ich sehe in der gleichen Form nur Konvergenz, und zwar, weil sich die Umgestaltung der Form als Anpassung wiederholt. Im mittleren Carbon kommen zuerst die langgestreckten Fusulinen vor, im Eocän treten unter den Alveolinen diese auch als erste auf und die rundlichen, an permocarbonische *Schwagerina* erinnernden Arten charakterisieren das Oligocän und Miocän. Auch den *Orbitulites praecursor* des alpinen Lias kann man nicht mit den obercretacischen Arten direkt verbinden, obwohl sie einander näher sind als die eben besprochenen Gruppen.

Eines kann man wohl behaupten: alle großen Foraminiferentypen erscheinen gewissermaßen unvermutet, und zwar immer mit einer bedeutenderen Bodenbewegung verbunden. Die carbonische

Gebirgsbildung bringt mit ihrer Verschiebung von Meer und Land die Fusulinen in der bekannten weltweiten Verbreitung. Die Nummuliten machen einen Ansatz, aber ohne vorerst durchzudringen. Die Rhättransgression scheint Lageniden und Milioliden wenigstens in Europa allgemein angesiedelt zu haben nebst einem Versuch der Orbituliten, sich neue Gebiete zu erobern. Das Cenoman bringt Idalinen und Verwandte, das Senon *Calcarina* und *Orbitulites* zusammen mit Hippuriten, die alttertiären Verschiebungen die Nummuliten und Alveolinen. Die Nummuliten bieten in der Verbreitung eine gewisse Analogie zu den Hippuriten. Beide treten ziemlich unvermittelt auf, entwickeln sich aus kleineren Typen rasch zu sehr großen Formen; beide sind auf die Tethys in ihrer Hauptentfaltung beschränkt, entsenden aber im Nebenmeere einzelne Ableger, die dort in verkümmelter Form kurze Zeit vegetieren. Man darf die kleinen Nummuliten des Pariser Beckens in der Hinsicht mit den sächsischen Pläner-Hippuriten vergleichen und in Gegensatz stellen zu dem massenhaften Vorkommen großer Individuen z. B. im Senon Südfrankreichs und den Nummuliten in den Mokattam-Schichten. Man weiß bei den Hippuriten ebensowenig, warum sie plötzlich verschwinden, wie bei den Fusuliniden.

Ferner macht es durchaus den Eindruck, als ob die Imperforaten die jüngeren wären. Die dichte Schale hätte sich erst später entwickelt. *Cornuspira* hat ja sein perforiertes Nebengenus, ältere Milioliden besitzen durchbohrte Schalen, und die Hauptmasse der Foraminiferen hat diese Struktur mitunter selbst bei agglutierenden Schalen beibehalten. Weitere genetische Beziehungen wage ich vorläufig nicht zu behaupten.

Freiburg i. Br., Oktober 1912.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [1914_2](#)

Autor(en)/Author(s): Deecke Wilhelm

Artikel/Article: [Paläontologische Betrachtungen. 21-43](#)