

# Vergleich der Foraminiferenfauna der Oceanic Formation mit der Tiefenverbreitung rezenter Foraminiferen

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **46 (1953)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## 8. Vergleich der Foraminiferenfauna der Oceanic Formation mit der Tiefenverbreitung rezenter Foraminiferen

Wir werden nun untersuchen, ob sich aus dem Charakter der benthonischen Foraminiferenfauna etwas über die Ablagerungstiefe der Oceanic Formation aussagen lässt. Ferner müssen wir versuchen, festzustellen, ob für die Bildung der Radiolarienerden von Barbados ein Absinken des Meeresbodens in die Tiefen der rezenten kalkarmen Tiefsseesedimente erforderlich ist und ob sich die Annahme eines solchen Absinkens überhaupt rechtfertigen lässt.

### *a) Allgemeine Bemerkungen*

Die Grenzzone zwischen Globigerinenschlamm und Rotem Tiefseeton bzw. Radiolarienschlamm liegt in den heutigen Ozeanen zwischen 4000 und 6000 m (SVERDRUP, JOHNSON & FLEMING 1946, p. 978). Wenn wir die Auffassungen von JUKES-BROWNE & HARRISON (1892) und von SENN (1948) über die Ablagerungstiefe der Oceanic Formation bestätigen wollen, müssen wir also für einen Teil der Oceanic Formation eine Tiefe von mehr als 4000 m annehmen. Um diese Frage abzuklären, werden wir die Verteilung der einzelnen Familien, Genera und Arten in den heutigen Ozeanen und in der Oceanic Formation miteinander vergleichen.

Die wichtigsten Umweltsbedingungen, welche den Charakter einer Foraminiferenfauna bedingen, sind Temperatur, Nährstoffe, Salzgehalt, Sauerstoffgehalt, Begleitfauna und -flora, Meeresströmungen sowie Struktur und Morphologie des Meeresbodens. Alle neueren Autoren sind sich darüber einig, dass für die Tiefenverbreitung der Foraminiferen die Temperatur eine grössere Rolle spielt als die absolute Tiefe. Diese Erkenntnis ist jedoch für paläo-ökologische Betrachtungen sehr schwerwiegend. Die Wassertemperatur nimmt bekanntlich im offenen Ozean mit zunehmender Tiefe zunächst stark, dann immer weniger ab und erreicht in der Tiefsee Temperaturen um 0° C. Diese Temperaturschichtung ist aber abhängig von der geographischen Breite und wird oft durch Meeresströmungen verändert. Ausserdem fehlt die Temperaturschichtung in vielen isolierten Becken. Die Temperatur in solchen Meeresbecken ist abhängig von der Schwellenhöhe des Beckenrandes und bis in die grössten Tiefen ziemlich konstant (KUENEN 1950, figs. 27–29, pp. 49, 50. CROUCH 1952). CROUCH hat nachgewiesen, dass in Becken ohne Temperaturschichtung auch die benthonische Foraminiferenfauna bis in die grössten Tiefen konstant bleibt, während sie im offenen Ozean eine deutliche Tiefenschichtung aufweist. Eine Beckenfauna kann daher beim Vergleich mit dem offenen Ozean eine zu geringe Ablagerungstiefe vortäuschen.

Ausser der Temperatur gibt es aber andere, vorläufig noch unbekannte Faktoren, die die Verteilung der Foraminiferen beeinflussen. Zum Beispiel lebt vor der Küste von Kalifornien bei San Francisco in der bathyalen Zone (200–2000 m Tiefe) eine ganz andere Fauna als weiter südlich, vor San Diego, bei gleicher Temperatur und Tiefe (BANDY 1953).

Dies sind einige der vielen Schwierigkeiten, die sich bathymetrischen Deutungsversuchen an fossilen Sedimenten entgegenstellen. Infolge der eng begrenzten Aufschlüsse auf Barbados ist die Morphologie des Ablagerungsraumes der Oceanic Formation unbekannt. Daher sind alle absoluten Zahlenangaben über die Meerestiefe unsicher und ohne weiteres anfechtbar. Für die nachfolgenden Vermutungen über die Ablagerungstiefe der Oceanic Formation ist die durchschnittliche Tiefenverbreitung der Foraminiferen im heutigen offenen Ozean in warm gemässigten bis tropischen Gebieten massgebend.

b) *Vergleich der Gesamtfauuna der Oceanic Formation  
mit den heutigen ozeanischen Tiefenzonen*

NORTON (1930) hat auf Grund der relativen Häufigkeit der Foraminiferenfamilien vier Tiefen- und Temperaturzonen unterschieden. Seine Flachseazonen A und B fallen hier ausser Betracht, da in der Oceanic Formation die typischen Flachwasserbewohner (sämtliche Grossforaminiferen, Peneroplidae, Amphisteginidae, Planorbulinidae, sowie die Genera *Rotalia*, *Elphidium*, *Ammobaculites* und *Textularia*) fehlen und da die Miliolidae sehr arm an Arten und Individuen sind. Die Faunen der beiden Zonen C (Tiefe 900–1500 m; Temperatur 4,0–7,61° C) und D (3600–5200 m; 1,83–2,0° C) lassen sich dagegen ziemlich gut mit der vorliegenden Fauna vergleichen.

Vor der kalifornischen Küste hat NATLAND (1933) in den Tiefen zwischen 0 und 2500 m fünf Foraminiferenzonen (I–V) erkannt. Die Zonen IV (280–2000 m; 4 bis 8,5° C) und V (2000–2500 m; 2,4–4° C) sind im Gesamtcharakter der Oceanic Formation am ähnlichsten. Die Häufigkeit von *Lagena* und *Cristellaria* sowie das Vorkommen von *Pullenia quinqueloba*, *Cassidulina subglobosa* und *Haplophragmoides scitulum* in Zone IV veranlassten uns, einer Parallelisation mit dieser Zone den Vorzug zu geben.

CROUCH (1952) hat die Zonengliederung von NATLAND auf grössere Tiefen ausgedehnt und unterteilt die Tiefenregion unterhalb NATLANDS Zone III in die Temperaturzonen T<sub>4</sub> bis T<sub>7</sub>. Die Fauna der Oceanic Formation lässt sich mit den Zonen T<sub>5</sub> bis T<sub>7</sub> (tiefer als 600 m, Temperatur unter 5° C) gut vergleichen. Sie hat besonders viele gemeinsame Merkmale mit der Fauna der Zone T<sub>6</sub> (1200–2300 m, 2–3° C), wie z. B. die Häufigkeit der Genera *Lagena* und *Cibicides* sowie die Assoziation von *Robulus* mit *Pullenia*, *Gyroidina* und anderen Tiefsee-Rotaliden.

Die Tiefenabhängigkeit der Foraminiferen im Golf von Mexiko ist durch PHLEGER (1951) eingehend studiert worden. Auch PHLEGER unterscheidet eine Anzahl Tiefenzonen, betont aber, dass in Tiefen von mehr als 100 m die Zonengrenzen unscharf sind und dass die Tiefenzonen sich vor allem durch das Überlappen der Tiefenverbreitung verschiedener Foraminiferen definieren lassen. Unterhalb 1000 m ist die Temperatur praktisch konstant (4–5° C), und demzufolge wird die Fauna auch ziemlich einförmig. Die unteroligocaenen Globigerinenmergel der Oceanic Formation entsprechen am besten der Tiefenfazies zwischen 600 m (Obergrenze von *Parrella culter*) und 750 m (Maximaltiefe von *Karriella bradyi*). Für die Radiolarienablagerungen kommt ein wesentlich grösserer Tiefenbereich in Frage. Er liegt zwischen 200 m (Obergrenze von *Eggerella bradyi*) und 1300 m (Untergrenze von *Robulus*).

Diese generellen Faunenvergleiche haben uns schon einige Anhaltspunkte über die mögliche Ablagerungstiefe der Oceanic Formation gegeben. Am wahrscheinlichsten scheint uns eine Meerestiefe von ca. 1000 m zu sein. Bisher wurden keine Anzeichen gefunden für eine zeitweise Absenkung des Meeresbodens in Tiefen, in denen die Kalkauflösung wirksam ist.

Eine weitere gute Vergleichsmöglichkeit in dieser Hinsicht bietet die Tabelle, in der BRADY (1884, p. 774) die Foraminiferen einiger typischer Proben von Rotem Tiefseeton aus Tiefen von 3300–7200 m zusammengestellt hat. Diese Fauna hat in der Tat grosse Ähnlichkeit mit derjenigen der Radiolarienerden von Barbados. In beiden Fällen ist der Artenreichtum von *Lagena* bemerkenswert. Allerdings bestehen auch einige deutliche Unterschiede. So sind im Roten Tiefseeton die Vertreter der Reophaeidae viel häufiger, während *Bigenerina* (= *Vulvulina*) ganz fehlt und *Cristellaria* äusserst selten ist. Wie wir bei der Betrachtung der einzelnen Familien

und Genera sehen werden, ist gerade die Häufigkeit von *Vulvulina* und *Cristellaria* in den Radiolarienablagerungen von Barbados ein Gegenargument gegen eine Gleichsetzung mit dem rezenten Radiolarienschlamm.

c) *Verbreitung einzelner Familien, Genera und Arten in der Oceanic Formation und in rezenten Sedimenten*

Familien Rhizamminidae und Hyperamminidae:

Die Vertreter dieser Familien bevorzugen nach GALLOWAY (1933) kaltes Wasser und finden sich vor allem in Tiefseeablagerungen. Sie kommen in Tiefen von 50–5000 m vor. Nach NORTON (1930) und GALLOWAY (1933) sind sie am häufigsten zwischen 900 und 2700 m. Im Atlantischen Ozean leben sie meist bei Bodentemperaturen um 5° C (CUSHMAN 1918–31). Die bisher genannten Zahlen gelten auch für *Hyperammina elongata*, während *H. friabilis* seltener und bathymetrisch eher beschränkt ist (700–2600 m nach BRADY 1884, 350–3300 m im Atlantik nach CUSHMAN 1918–31).

Die Verteilung der röhrenförmigen agglutinierten Foraminiferen in der Oceanic Formation ist sehr unregelmässig (s. Tafel XXX). Wegen der grossen Tiefenverbreitung solcher Formen ist es nicht wahrscheinlich, dass diese Unregelmässigkeiten in erster Linie auf Veränderungen der Meerestiefe zurückzuführen sind. Die Rhizamminidae und Hyperamminidae sind in der Oceanic Formation stellenweise sehr häufig. Dies spricht für eine ziemlich grosse Ablagerungstiefe.

Familie Saccamminidae:

Auch die Saccamminidae sind Tiefseeformen. Sie sind aber im vorliegenden Material zu selten, als dass sie bathymetrische Schlüsse erlauben würden.

Familie Reophacidae:

*Reophax* und *Hormosina* sind in der Tiefsee und in kaltem Wasser besonders verbreitet. Für *Hormosina* gibt GALLOWAY (1933) einen Tiefenbereich von 150 bis 5300 m an.

In der Oceanic Formation sind die Reophacidae sehr selten und haben eine ähnliche Verbreitung wie die Hyperamminidae. Sie bestätigen daher die bei der Besprechung dieser Formen gezogenen Schlüsse.

Familie Ammodiscidae:

NORTON (1930) und GALLOWAY (1933) betrachten *Ammodiscus*, *Glomospira* und *Lituotuba* als Tiefsee- und Kaltwasserbewohner. NORTON fand sie ausschliesslich in seiner Zone C (900–1500 m; 4,0–7,61° C). – Der Tiefenbereich von *Ammodiscus incertus* beträgt nach BRADY (1884) 165–4300 m. Die Funde von CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean stammen aus Tiefen zwischen 100 und 3200 m, am häufigsten sind sie zwischen 750 und 1700 m (Temperatur 3–5° C). NATLAND (1933) fand *A. incertus* an der kalifornischen Küste von allem zwischen 280 und 620 m (6–8,5° C). Für *A. tenuis* gibt BRADY (1884) Tiefen von 380–2500 m an. – *Glomospira charoides* ist nach BRADY (1884) von 90 bis 4700 m zu finden, nach CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean zwischen 960 und 3200 m (3–5° C). PHLEGER (1951) erwähnt *G. charoides* im Golf von Mexiko von 65 bis 3500 m, aber nur selten in Tiefen von weniger als 400 m. – *Lituotuba lituiformis* kommt nach BRADY (1884) von 700 bis 1650 m vor, im Atlantischen Ozean von 410–3000 m (CUSHMAN 1918–31), im Nord-Pazifik von 190–3500 m (CUSHMAN 1910–17).

In der Oceanic Formation sind die Ammodiscidae fast ganz auf das Mt.-Hillaby-Profil beschränkt. Ihre grosse bathymetrische Verbreitung macht es unwahrschein-

lich, dass Änderungen in der Meerestiefe für diese unregelmässige Verteilung verantwortlich sind.

#### Familie Lituolidae:

NORTON (1930) fand die Lituolidae (abgesehen von *Ammobaculites*) nur in seinen Tiefseezonen C und D (900–4500 m; 2–8° C). *Trochamminoides coronatus* wird von BRADY (1884) aus 700–1250 m erwähnt, von CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean aus Tiefen von 700–1900 m (4–7° C). Für *Trochamminoides proteus* melden die gleichen Autoren 700–4300 m, bzw. 170–2700 m (4–6° C). *Haplophragmoides scitulum* hat eine sehr grosse Vertikalverbreitung: 730–5300 m nach BRADY (1884), 140–4300 m (bei 3–11° C) im Atlantischen Ozean nach CUSHMAN (1918–31). – *Cyclammina* ist nach GALLOWAY (1933) eine Tiefsee- und Kaltwasserform mit einem Tiefenbereich von 140–5300 m. Diese Zahlen gelten auch für *Cyclammina cancellata*. Sie ist jedoch im Atlantischen Ozean am häufigsten zwischen 750 und 1500 m bei ca. 5° C (CUSHMAN 1918–31), im Golf von Mexiko zwischen 400 und 1000 m (PHLEGER 1951). – *Recurvoides turbinatus* kommt im Atlantik in allen Tiefen von 50–3500 m vor, scheint aber kaltes Wasser (3–4° C) vorzuziehen (CUSHMAN 1918–31). Aus dem Nordpazifik werden Funde zwischen 120 und 3800 m erwähnt (CUSHMAN 1910–17).

Wie die übrigen bisher besprochenen Foraminiferenfamilien sind die Lituolidae im Mt.-Hillaby-Profil besonders häufig. Die Ursache dürfte in einem leichten Unterschied des Lebensmilieus zwischen diesem und dem Bath-Profil liegen (vgl. p. 311). Über die Ablagerungstiefe der Oceanic Formation lassen die bisher erwähnten Familien nur wenige Schlüsse zu. Für den unteren Teil der Mt.-Hillaby-Schichten darf ein Ablagerungsraum in ca. 1000 m Tiefe (ca. 5° C) angenommen werden. Eine grössere Meerestiefe ist aber nicht ausgeschlossen.

#### Familie Textulariidae:

CUSHMAN (1918–31) erwähnt aus dem Atlantischen Ozean *Vulvulina pennatula* (BATSCH) in Tiefen von 110–880 m, *V. capreolus* D'ORB. von 500–800 m (ferner ein Exemplar in 1800 m). Die Bodentemperaturen schwanken zwischen 8 und 12° C. Die Daten von BRADY (1884) umfassen Tiefen von 710–1250 m. *Vulvulina* liebt also mässig kaltes Wasser und ist keine ausgesprochene Tiefseeform.

Die mit den genannten rezenten Arten sehr nahe verwandte *V. jarvisi* ist aber in der gesamten Oceanic Formation häufig. Dies lässt für die ganze Oceanic Formation eine Ablagerungstiefe von höchstens 800 m vermuten.

#### Familie Verneuilinidae:

Es liegen keine Vergleichsmöglichkeiten mit rezenten Faunen vor.

#### Familie Valvulinidae:

*Eggerella bradyi* kommt nach CUSHMAN (1910–17) im Nord-Pazifik in Tiefen von 1900–5700 m vor. BRADY (1884) erwähnt die gleiche Form unter dem Namen *Verneuilina pygmaea* zwischen 235 und 4700 m. Nur 8 von BRADYS 42 Stationen liegen in einer Tiefe von weniger als 1800 m. Im Golf von Mexiko ist *Eggerella bradyi* am häufigsten zwischen 600 und 1900 m Tiefe (PHLEGER 1951). – *Karreriella bradyi* findet sich im Atlantischen Ozean zwischen 300 und 3700 m (CUSHMAN 1918–31). BRADY (1884) meldet sie unter dem Namen *Gaudryina pupoides* D'ORB. ungefähr aus den gleichen Tiefen (320–4500 m). Im Golf von Mexiko ist sie selten und kommt in 150–800 m Tiefe vor (PHLEGER 1951). – *Karreriella baccata* wird von BRADY (1884) zwischen 385 und 4200 m erwähnt, von CUSHMAN (1921) aus dem Gebiet der Philippinen in 280–900 m Tiefe. – *Karreriella grammostomata* ist von NATLAND

(1933) vor der kalifornischen Küste zwischen 275 und 620 m (Temperatur 6–8,5° C) gefunden worden.

Die Valvulinidae sind in der Oceanic Formation reichlich vertreten und ziemlich regelmässig verteilt. Eine Ausnahme ist das vollständige Fehlen von *Karrieriella bradyi* in den obersten Mt.-Hillaby- und den Bath-Schichten. Die Valvulinidae weisen auf eine Ablagerungstiefe von mindestens 500 m hin.

#### Familie Miliolidae:

Das typische Lebensmilieu der Miliolidae ist nach NORTON (1930) warmes Wasser der Flachsee (bis 100 m Tiefe, Temperatur 20–26° C). Einzelne Genera (*Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Pyrgo*) sind aber, wenn auch seltener, bis in grosse Tiefen zu finden. Die Häufigkeit der Miliolidae in NORTONS Tiefseezonen C (17,8% aller Arten) und D (13,2%) ist aber sicher überdurchschnittlich und auf Verfrachtung durch starke Strömungen zurückzuführen. *Sigmoilina* bevorzugt tieferes Wasser als die meisten übrigen Miliolidae und lebt nach GALLOWAY (1933) in tropischen Gebieten in 550–2200 m Tiefe. CROUCH (1952) fand *Sigmoilina tenuis* in seinen Zonen T<sub>4</sub> bis T<sub>6</sub> (275–2150 m; 2–8,5° C). Nach NATLAND (1933) kommt *Sigmoilina tenuis* hingegen am häufigsten zwischen 38 und 275 m (bei 8,5–13,2° C) vor. *Triloculina trigonula* ist in den heutigen Ozeanen weit verbreitet. Sie wird von BRADY (1884) als *Miliolina trigonula* in Tiefen bis 4200 m erwähnt. Die meisten Fundstellen liegen aber in der Flachsee bis 180 m. An der kalifornischen Küste ist nach NATLAND (1933) *T. trigonula* charakteristisch für seine Zone III (38–275 m; 8,5 bis 13,2° C).

In der Oceanic Formation sind die Miliolidae selten und fast ganz auf die oberen Schichten beschränkt. Sie lassen für die Bath- und Codrington-College-Schichten eine Ablagerungstiefe von höchstens 2000 m vermuten.

#### Familie Trochamminidae:

*Trochammina globigeriniformis* ist weltweit verbreitet und vor allem in der Tiefsee heimisch. BRADY (1884) gibt Tiefen von 27–7200 m an, CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean 50–4350 m. Die meisten Vorkommen liegen hier aber in Tiefen von mehr als 1000 m bei Temperaturen von 3–4° C.

*T. globigeriniformis*, var. *altiformis* kommt vor allem in den obersten globigerinenreichen Schichten der Oceanic Formation vor. Sie ist aber selten und hat darum nur geringen bathymetrischen Wert.

#### Familie Lagenidae:

Nach CUSHMAN (1948, Foraminifera, p. 44) liegt das Hauptverbreitungsgebiet der Lagenidae in Tiefen von 90–900 m. Diese Zahlen treffen für fast alle Genera zu, mit Ausnahme von *Lagena*.

Die Vertreter der *Cristellaria-occidentalis*-Gruppe sind im Atlantischen Ozean allerdings ziemlich regelmässig über die Tiefen von 100–3250 m verbreitet (CUSHMAN 1918–31). NORTON (1930) fand *Cristellaria* im westindischen Gebiet nur bis zu 1500 m Tiefe. Im Golf von Mexiko kommt *Cristellaria* bis zu 1300 m Tiefe vor, ist aber nur oberhalb 400–500 m häufig (PHLEGER 1951). An der Ostküste der Vereinigten Staaten liegt die Untergrenze des häufigen Auftretens von *Cristellaria* in 600 m Tiefe (PHLEGER 1942). – *Marginulina glabra* var. *obesa* hat im Atlantik einen Tiefenbereich von 42–4300 m. Die meisten Vorkommen liegen aber in Tiefen von mehr als 1000 m, bei Temperaturen von 3–5° C (CUSHMAN 1918–31). – *Dentalina mucronata* kommt ausser in der Litoralzone in allen Tiefen bis über 4000 m vor (BRADY 1884, CUSHMAN 1918–31). – *Lagena* ist in allen Tiefen zu finden, in tropischen Gebieten am häufigsten zwischen 1800 und 3700 m (NORTON 1930). Andere

Autoren (CUSHMAN 1918–31, PHLEGER 1951) bestätigen diese Zahlen. In höheren Breiten (südöstlich New York) liegt das Maximum in Tiefen von weniger als 1000 m (PHLEGER 1942), bei den Britischen Inseln in der Flachsee (NORTON 1930, CUSHMAN 1918–31).

Die grosse Mannigfaltigkeit der Lagenidae in der Oceanic Formation lässt auf eine Ablagerungstiefe von höchstens 1000 m schliessen. In den radiolarienreichen Abschnitten dominiert *Cristellaria*, während bei allen anderen Genera eine deutliche Abnahme zu verzeichnen ist (besonders in den obersten Mount-Hillaby- und in den Unteren Bath-Schichten). Da hier auch das Tiefsee-genus *Lagena* seltener wird, ist ein vorübergehendes Sinken des Meeresbodens nicht wahrscheinlich.

#### Familie Polymorphinidae:

Die Polymorphinidae sind im Flachmeer am reichsten entwickelt, fehlen aber auch in der Tiefsee nicht.

*Guttulina* ist vorwiegend ein Flachwasserbewohner und lebt vor allem in Tiefen von weniger als 180 m. Im Nordpazifik sind allerdings auch einige Exemplare von *G. communis* in 800 und 1640 m Tiefe gefunden worden. – *Pyrulina extensa* ist andererseits eine typische Tiefseeform. CUSHMAN (1918–31) hat die bekannten rezenten Fundstellen dieser Art zusammengestellt. Sie liegen in Tiefen zwischen 2000 und 5000 m. Für *Sigmomorphina flintii* gibt CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean sechs Fundstellen zwischen 100 und 1320 m an.

Die Verteilung der Polymorphinidae in der Oceanic Formation ist sehr ähnlich derjenigen der Lagenidae. In den obersten Mt.-Hillaby-Schichten fehlen sie aber fast ganz. Ihre grosse Häufigkeit in den Bath- und Codrington-College-Schichten lässt für diesen Teil der Oceanic Formation eine mässige Ablagerungstiefe vermuten.

#### Familie Nonionidae:

Diese Familie ist in der Oceanic Formation nur durch eine Art von *Nonion* vertreten. Das Fehlen von *Elphidium* deutet auf eine Ablagerung in mässiger bis grosser Tiefe.

#### Familie Heterohelicidae:

Die Heterohelicidae von Barbados kommen in den heutigen Ozeanen nicht mehr vor, so dass sie keine Anhaltspunkte über die Meerestiefe geben.

#### Familie Buliminidae:

Die meisten Genera und Arten der Buliminidae haben eine sehr grosse Tiefenverbreitung. In küstennahen Gewässern sind sie aber in der Regel selten.

*Bulimina* ist im Golf von Mexiko am häufigsten zwischen 100 und 2000 m (PHLEGER 1951). Nach NORTON (1930) ist sie vorwiegend in Zone C (900–1500 m; 4,0–7,61° C) anzutreffen. CUSHMAN (1918–31) erwähnt *B. ovata* im Atlantischen Ozean zwischen 100 und 4300 m Tiefe. – *Bolivina* ist nur in Tiefen von weniger als 750 m häufig (GALLOWAY 1933). – *Siphogenerina raphanus* ist vor allem im indopazifischen Gebiet gut entwickelt und findet sich im Nordpazifik in 75–2200 m Tiefe (CUSHMAN 1910–17), im tropischen Pazifik in 22–2900 m (CUSHMAN 1932–42). Sie bevorzugt aber warmes Wasser von 10° C und darüber (KLEINPELL 1938, p. 14). – *Nodosaria* (= *Stilostomella*) *abyssorum* ist eine sehr seltene Tiefseeform. CUSHMAN (1910–17) erwähnt zwei Vorkommen im Nordpazifik (2400 und 4200 m), BRADY (1884) ein Vorkommen im Südpazifik (3300 m). Andere *Stilostomella*-Arten aus rezenten Faunen sind als Nodosarien beschrieben worden. Da aber die Beschreibungen der Mündungsverhältnisse oft ungenügend sind, ist der Vergleich mit fossilen Formen sehr schwierig.

Von den 26 hier beschriebenen Arten der Buliminidae gehören 14 zum Genus *Stilostomella*. *Stilostomella* ist in der ganzen Oceanic Formation sehr häufig und für das Faunenbild charakteristisch. Die übrigen Buliminidae spielen in der Oceanic Formation eine auffallend geringe Rolle und sind meist kleinwüchsig, vielleicht infolge ungünstiger Lebensbedingungen. Die Seltenheit von *Bolivina* spricht für eine Ablagerungstiefe von mehr als 750 m.

#### Familie Ellipsoidinidae:

BRADY (1884) erwähnt *Pleurostomella alternans* aus 235 und 3800 m, *P. brevis* aus 235 m Tiefe.

Die Ellipsoidinidae, welche in der ganzen Oceanic Formation ausserordentlich häufig sind, spielen in rezenten Ablagerungen eine ganz untergeordnete Rolle. Sie sind daher für bathymetrische Vergleiche nicht geeignet.

#### Familie Rotaliidae:

*Gyroidina altiformis* ist im Golf von Mexiko häufig zwischen 200 und 1850 m, kommt aber bis 2300 m Tiefe vor (PHLEGER 1951). CROUCH fand sie vor der kalifornischen Küste vor allem in seiner Zone T<sub>5</sub> (620–1240 m; 3–5° C), seltener bis 2150 m (2° C). — *Gyroidina soldanii* (im Sinne von BRADY = *G. neosoldanii* BROTZEN) ist im offenen Ozean weltweit verbreitet, am häufigsten zwischen 1830 und 3670 m (BRADY 1884). Nach CUSHMAN (1918–31) kommt sie im Atlantischen Ozean in Tiefen zwischen 42 und 4300 m vor. Von CROUCH (1952) wurde sie in Tiefen von mehr als 1200 m gefunden (bei Temperaturen von 3° C und darunter). Auf dem Kontinentalschelf östlich New York wird sie von PARKER (1948) nur in ihrer Zone 3 (90–300 m) gemeldet. — *Eponides umbonatus* hat nach CUSHMAN (1918–31) eine Tiefenverbreitung von 42–3500 m. Im Golf von Mexiko ist *E. umbonatus* am häufigsten zwischen 80 und 1000 m, kommt aber in Tiefen von 65 bis 3000 m vor (PHLEGER 1951). NORTON (1930) gibt 920 bis 5200 m an. Vor der Küste von Kalifornien ist *E. umbonatus* auf die Regionen unterhalb 620 m (= 5° C) beschränkt (NATLAND 1933, CROUCH 1952). — Die mit *Osangularia mexicana* nahe verwandte *Pulvinulinella* (= *Osangularia*) *culter* (PARKER & JONES) ist ein Tiefseebewohner. BRADY (1884) meldet *Truncatulina culter* zwischen 1060 und 2800 m. NORTON (1930) erwähnt Tiefen von 920–1500 m, PHLEGER (1951) im Golf von Mexiko 600–1600 m. Vor Kalifornien kommt *Parrella bengalensis* (SCHW.) in Tiefen von mehr als 2300 m (bei Temperaturen von weniger als 3° C) vor (NATLAND 1933, CROUCH 1952).

Die Verteilung der Rotalidae lässt für die Globigerinenmergel im untersten und obersten Teil der Oceanic Formation eine Meerestiefe von 1000–1200 m vermuten. In den obersten Mount-Hillaby-Schichten kommen neben *Nuttallides trümpyi* nur noch *Gyroidinoides girardana*, var. *perampla* und *Eponides umbonatus* var. *ecuadorensis* relativ häufig vor, so dass hier die Ablagerungstiefe bedeutend grösser gewesen sein kann (vielleicht bis 3000 m).

#### Familie Cassidulinidae:

*Cassidulina* hat eine grosse geographische und bathymetrische Verbreitung. BRADY (1884) fand *C. subglobosa* in Tiefen von 22–5400 m, NORTON (1930) von 110–3700 m (am häufigsten zwischen 920 und 1500 m). Im Golf von Mexiko kommt sie nach PHLEGER (1951) in allen untersuchten Tiefenzonen vor (bis 3600 m). Für den Atlantischen Ozean gibt CUSHMAN (1918–31) allerdings einen wesentlich kleineren Tiefenbereich an (36–1600 m).

In der Oceanic Formation ist die Verteilung von *Cassidulina* sehr unregelmässig und zeigt keine Beziehungen zu den Veränderungen der planktonischen Fauna. In den oberen Partien des Mt.-Hillaby- und des Conssets-Profiles, wo *Cassidulina* am häufigsten vorkommt, weist sie auf eine Ablagerungstiefe von 900–1500 m hin.

#### Familie Chilostomellidae:

*Pullenia* ist eine Tiefseeform mit einer Verbreitung von 55–5000 m (GALLOWAY 1933). BRADY (1884) gibt für *Pullenia sphaeroides* einen Tiefenbereich an von der Küste bis zu 5000 m; im Flachwasser bis 550 m ist sie aber selten. CUSHMAN (1918 bis 1931) fand sie im Atlantischen Ozean von 350–2250 m. Im Golf von Mexiko ist *P. bulloides* zwischen 65 und 1000 m vorhanden (PHLEGER 1951), vor Kalifornien in Tiefen von mehr als 1200 m bei Temperaturen unter 3° C (CROUCH 1952). – *Pullenia quinqueloba* hat eine ähnliche bathymetrische Verteilung: Im Atlantischen Ozean nach CUSHMAN (1918–31) von 310–3400 m (ein Exemplar in 4700 m), im Golf von Mexiko von 50–2800 m (PHLEGER 1951), vor Kalifornien unterhalb 280 m und 8,5° C (NATLAND 1933, CROUCH 1952). – *Sphaeroidina* bevorzugt ebenfalls die Tiefsee und hat eine Tiefenausdehnung von 68–3800 m (GALLOWAY 1933).

*Pullenia* ist wie *Cassidulina* in den unteren Teilen des Bath- und Conssets-Profiles sehr selten. Für die übrigen Schichten gibt sie eine Ablagerungstiefe von mehr als 400 m an.

#### Familie Anomalinidae:

Die Anomalinidae sind nach NORTON (1930) in allen Tiefen verbreitet, aber am häufigsten in seinen Tiefseezonen C und D (900–5200 m; 1,83–7,61° C).

BRADY (1884) gibt für *Anomalina grosserugosa* Tiefen von 630–4000 m an. Im westindischen Gebiet kommt sie nach NORTON (1930) bis zu 1500 m Tiefe vor. – *Laticarinina* wurde von BRADY (1884) in 235–4300 m Tiefe gefunden, von CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean von 290–2400 m (3–8° C). NORTON (1930) erwähnt sie zwischen 920 und 1500 m (4,0–7,61° C). PHLEGER (1951) fand *Laticarinina* im Golf von Mexiko zwischen 205 und 3375 m, häufig aber nur von 600–1900 m (4 bis 6° C). Ähnliche Daten liefern CROUCH (1952) und NATLAND (1933) von der amerikanischen Westküste. – Die meisten *Cibicides*-Arten kommen von der Küstenregion bis in grosse Tiefen vor; in der Flachsee ist *Cibicides* aber seltener als in Tiefen unterhalb 180 m. *C. pseudoungerianus* wurde von BRADY (1884) in 67–4750 m Tiefe gefunden, von CUSHMAN (1918–31) im Atlantischen Ozean von 42–4300 m (3–19° C). NATLAND (1933) erwähnt *C. pseudoungerianus* vor der kalifornischen Küste zwischen 30 und 350 m (8–14° C). *C. robertsonianus* tritt nach BRADY (1884) nur im Atlantischen Ozean in Tiefen von 710–3300 m auf, nach CUSHMAN (1918–31) sogar bis 4300 m. Im Golf von Mexiko ist *C. robertsonianus* von 450–3367 m anzutreffen, besonders häufig zwischen 600 und 1100 m.

Die Anomalinidae sind in der ganzen Oceanic Formation sehr reichlich vertreten. Für die Codrington-College-Schichten zeigen sie eine Meerestiefe zwischen 600 und 1500 m an. Für die übrigen Partien der Oceanic Formation ist eine etwas grössere Tiefe nicht ausgeschlossen.

### 9. Vermutungen über die Ablagerungstiefe der Oceanic Formation

Aus den bisherigen Vergleichen mit rezenten Faunen lässt sich für die Globigerinenmergel der Oceanic Formation eine Ablagerungstiefe zwischen 500 und 1500 m ableiten; am wahrscheinlichsten ist eine Tiefe zwischen 800 und 1000 m und eine Bodentemperatur von ca. 5° C. Die Übereinstimmung mit unseren Folgerungen aus der Zusammensetzung der Gesamtfaua (p. 315) ist also recht gut. Ungefähr die gleiche Ablagerungstiefe müssen wir auch für die untere Hälfte der Oberen Mt.-Hillaby-Schichten fordern, denn die Änderungen der benthonischen Fauna im Mt.-Hillaby-Profil von unten nach oben sind zu geringfügig, um eine Senkung aus ca. 1000 m in die Zonen der kalkarmen Tiefseesedimente (in ca. 5000 m