Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 40 (1947)

Heft: 2

Artikel: Die Geologie der Insel Barbados B.W.I. (Kleine Antillen) und die Morphogenese der umliegenden marinen Grossformen

Autor: Senn, Alfred

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-160902

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 12.12.2025

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

Die Geologie der Insel Barbados B.W.I. (Kleine Antillen) und die Morphogenese der umliegenden marinen Grossformen.

Von **Alfred Senn**, Basel.

Mit 1 Textfigur und 1 Tabelle.

Summary. The various formations cropping out on the island of Barbados B.W.I. are shortly described and on that basis a geological interpretation is given of some of the morphological features of the surrounding sea:

1. The two submarine ridges to the Southeast of Barbados, which are termed "Tobago"- and "Trinidad-Ridge", seem to be remnants of the Caribbean geanticline, which emerged from the sea at the Cretaceous-Paleocene boundary and also comprised the islands of Tobago and Margarita, the Northern Range of Trinidad and the coast-range of Venezuela. This geanticline—until the close of lower Middle Eocene time—formed a steep cordillera to the Southeast of Barbados and furnished the clastic material for the Scotland formation, which is interpreted as the deposit of a rapidly subsiding fore-deep. It seems, on the other hand, that—in uppermost Middle Eocene time—the Tobago- and Trinidad-riges became submerged, but formed—up to the present time—a barrier, over which the clastic material derived from the South American continent could not reach the Barbados region. Moreover these ridges seem still to be active orogenetically, as is suggested in Barbados by some tertiary and quaternary structures, which strike more or less parallel to the Tobago- and Trinidad-Ridge.

2. At the beginning of the Upper Eocene the Barbados region seems to have become connected with the Puertorico-Trench through rapid downbuckling (see Lit. 9), and in the southeastern extension of this trench the famous Radiolaria beds of Barbados were deposited at depths of 5000 to 6000 meters under almost complete dissolution of Calciumcarbonate.

3. Towards the end of the Upper Eocene and under the influence of orogenetic forces, a submarine ridge began to rise from the southeastern extension of the Puertorico-Trench, causing in the Barbados region a gradual change in sedimentation from siliceous Radiolaria ooze to calcareous Globigerina ooze and a reappearance of mudvolcano-activity. During the Middle Oligocene, the uppermost Oligocene and the Pliocene, the Barbados-Ridge was folded up from the sea three times and suffered considerable denudation during the succeeding terrestrial episods. Globigerina marls of great thickness were deposited on the Barbados-Ridge during the intervening periods of submersion. These Globigerina marls, especially those of the Bissex Hill formation prove to be typical ridge-sediments in being very coarse-grained, granular, rich in Calciumcarbonate, but poor in fine clayey matter. Whereas during the Pleistocene and the present time coral reefs were formed in the immediate vicinity of Barbados, the deposition of Globigerina ooze continued on the Barbados-Ridge to the north of the island.

It seems from the foregoing, that the Barbados-Ridge was folded up from a former deep-sea trench in several phases and proves therefore to be a depth-fold.

4. As suggested by corresponding observations in Barbados and in the arc of the Lesser Antilles, the eruptions on the Volcanic Arc of the Lesser Antilles, which have continued up to the present time, have started during the uppermost Middle Eocene and seem to have been initiated by the same orogenetic forces, which also caused the extrusion of mudflows in Barbados.

Inhaltsverzeichnis

Seite
I. Problemstellung 200
II. Die Schichtfolge von Barbados und deren Deutung 202
A. Die Scotland Formation 202
B. Die Joes River Formation 204
C. Die Oceanic Formation 205
D. Die Formation der oberoligocaenen Globigerinenmergel 214
E. Die Bissex Hill-Formation 215
F. Die „Coralrock" Formation 216
III. Die geologische Geschichte des Barbados-Rückens 217
IV. Die Entstehung des vulkanischen Antillenbogens 219
V. Zusammenfassung der Resultate 219
Literaturverzeichnis 220

I. Problemstellung.

Wenn wir die neueste, vom Hydrographischen Bureau der amerikanischen Marine herausgegebene Tiefenkarte des Caribischen Meeres (Lit. 3) betrachten, deren östlicher Teil in Fig. 1 in verkleinerter und vereinfachter Form wiedergegeben ist, so springt in die Augen, dass die Insel Barbados die höchste Erhebung eines gut ausgeprägten, untermeerischen Rückens bildet. Nördlich der Insel tritt dieser Rücken deutlich in Erscheinung bis in die Nähe des 17. nördlichen Breitengrades, wo er in den südöstlichen Teil des „Puerto Rico-Grabens"[1]) abzutauchen scheint. Südlich der Insel biegt der „Barbados-Rücken" allmählich gegen Westen ab und verschmilzt wenig nördlich der Insel Tobago mit dem breiten Schelfgürtel, der den Nordrand des südamerikanischen Kontinentes bildet.

Im Sektor zwischen Barbados und Tobago folgen südöstlich des Barbados-Rückens, von diesem durch Untiefen von 2000—3000 m getrennt, zwei weitere submarine Rücken[2]), die wohl die untermeerische Fortsetzung des Gebirges von Tobago und der Nordkette von Trinidad bilden dürften und die ich deshalb als „Tobago-" und „Trinidad"-Rücken" bezeichne.

Im Westen schaltet sich zwischen Barbados-Rücken und Antillenbogen der „Tobago-Trog" ein, dessen grösste bekannte Tiefe im Raume zwischen Barbados, St. Lucia, Grenada und Tobago 1493 Faden (= 2730 m) beträgt.

Der Antillenbogen besteht aus einem innern vulkanischen Bogen, dem von Süden nach Norden folgende Inseln angehören: Grenada, Grenadinen, St. Vincent, Santa Lucia, Martinique, Dominica, Les Saintes, Basse Terre (= W-Hälfte von Guadeloupe), Montserrat, Nevis, St. Christopher, St. Eustatius, Saba, und einem äussern, nur im Norden ausgeprägten, nichtvulkanischen Bogen, dem folgende Inseln zuzurechnen sind: Marie Galante, Désirade, Grande Terre (= E-Hälfte von Guadeloupe), Antigua, Barbuda, St. Barthélémy, St. Martin und Anguilla.

---

[1]) An seinem SE-Ende, bei 18° nördlicher Breite, weist dieser Graben, dessen grösste Tiefe von über 9000 Metern nördlich der Ostspitze von Haiti gelotet wurde, immer noch Tiefenwerte von 3727 und 3780 Faden auf (= 6816 bzw. 6913 m).

[2]) Die 1000 Faden-Tiefenkurve wurde in Fig. 1 in dieser Gegend leicht abgeändert, unter Berücksichtigung der auf der Originalkarte eingetragenen Lotungswerte.

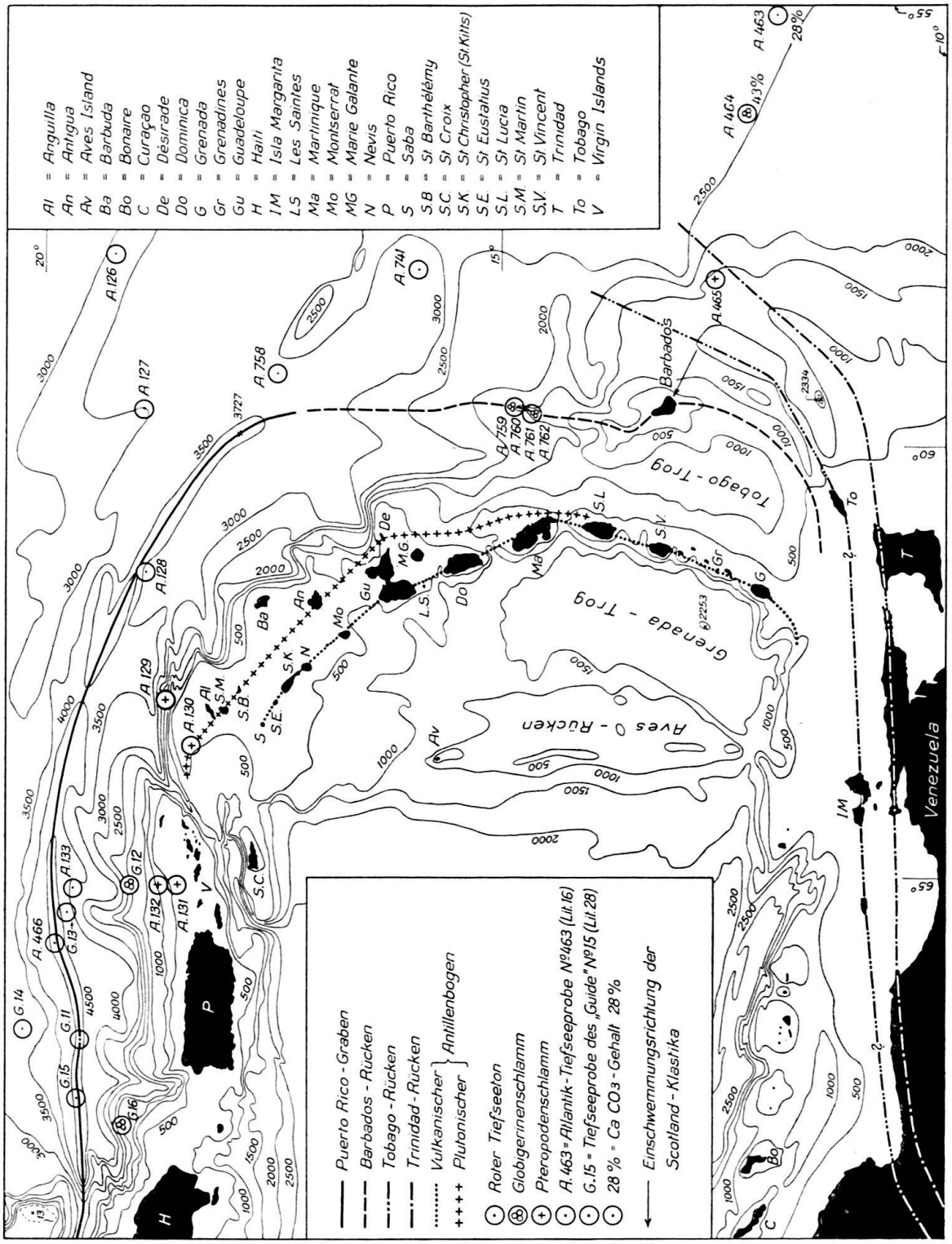

Fig. 1. Bathymetrische Karte der Kleinen Antillen-Region. (Isobathen in Äquidistanz von 500 Faden = 914,4 m [1 Faden = 1,8288 m].)

Es soll nun im folgenden untersucht werden, ob die geologischen Beobachtungen, die der Verfasser von 1937 bis 1946[3]) auf Barbados machen konnte, Anhaltspunkte liefern für eine Deutung der oben beschriebenen marinen Grossformen und namentlich für die zeitliche Entstehung des Tobago- und des Trinidad-Rückens, des vulkanischen Antillenbogens und des Barbados-Rückens und seinen Zusammenhang mit dem Puerto Rico-Graben.

II. **Die Schichtfolge von Barbados und deren Deutung.**

A. DIE SCOTLAND FORMATION

Die ältesten auf Barbados zutage tretenden Schichten gehören der Scotland Formation an, welche zeitlich das Unter-Eocaen und das untere Mittel-Eocaen umfasst. Es handelt sich um eine typische Flyschbildung, bestehend aus einer 1500 bis 1800 m mächtigen, einförmigen und schwer zu gliedernden Wechsellagerung von Schiefertonen, wenig verfestigten, zuweilen kohligen Sanden, einzelnen Sandstein- und Sandkalkbänken und seltenen linsigen Konglomeraten. Die Fossilien: Nummuliten (Lit. 2b), Discocyclinen (Lit. 30), Korallen (Lit. 32), Echinoiden, Mollusken, Krebsscheren, Fisch-Zähne und -Otolithen, die fast ausschliesslich im oberen, sandigen Teil der Scotland Formation und namentlich in den grobsandigen Chalky Mount Schichten gefunden werden, lassen auf eine Ablagerung in tropischer Flachsee, aber nicht in unmittelbarer Strandnähe, schliessen (Lit. 30 und 32). Die den rein marinen Mollusken spärlich beigemischten Brackwasserformen beweisen den Zutritt von Süsswasser, das wohl durch kleinere Gebirgsbäche zugeführt wurde. Auf fluviatile Einschwemmung des klastischen Materials weist auch die unregelmässige Korngrösse der Sande hin und das vereinzelte Vorkommen von kubikmetergrossen Blöcken in den sonst kleingerölligen Konglomeraten der Chalky Mount Schichten. Die grosse Mächtigkeit der flachmeerischen Scotland Sedimente beweist, dass ihr Ablagerungsraum sich rasch gesenkt hat, und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir die Scotland Formation als ein Vortiefen-Sediment auffassen, dessen klastisches Material von einem benachbarten, steilgeböschten Geantiklinal-Rücken herstammt[4]). Über die stoffliche Zusammensetzung dieses Geantiklinal-Rückens, dessen Abtrag die Scotland Formation darstellt, erhalten wir Aufschluss aus dem Mineralbestand der Sande, sowie durch die in den Konglomeraten enthaltenen Gerölle. Unter den Schwemineralien (Lit. 25, p. 1561) weisen das Vorkommen von Granat, Staurolith, Sillimanit, Disthen, Andalusit, Glaucophan, Epidot, Zoisit, Chloritoid und Titanit auf dislokationsmetamorphe Gesteine hin, während das Auftreten von Topas und Turmalin auf vorhandene Kontakthöfe hindeutet. Die bis 2,5 cm grossen Quarzgerölle, unter denen sich auch gerollte Kristalle finden, stammen wohl von Quarzgängen her. Die häufigsten Gerölle der Chalky Mount Konglomerate bestehen aus hellgrauen, zum Teil Globotruncanen und Gümbelinen führenden Mergelkalken und Tonsteinen, wie sie in der Oberkreide von Venezuela und Trinidad (San Fernando Argiline) in grosser Mächtigkeit auftreten, während Gerölle schwarzer

---

[3]) Der British Union Oil Company Ltd. in London sei für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der vorliegenden Arbeit der beste Dank ausgesprochen.

[4]) Der Verfasser hält dafür, dass die heutigen Nordränder von Trinidad und von Venezuela (zwischen Trinidad und Puerto Cabello) etwa diesen Verhältnissen entsprechen dürften, wo hohe, steile Berge unmittelbar die Küste bilden und durch kurze, rasch fliessende Bäche ihren Abtrag dem Meere zuführen.

Hornsteine, welche in den oben erwähnten Gebieten die Mittelkreide charakterisieren, seltener sind.

Der Geantiklinal-Rücken, dessen Abraum die Scotland Formation darstellt, dürfte im Südosten der jetzigen Insel gelegen haben. Dies erhellt nicht nur aus dem Sandigerwerden der im Norden vorwiegend tonigen Untern Scotland Formation in südlicher Richtung, sondern besonders auch aus der Verbreitung der grobsandigen und konglomeratischen Chalky Mount Schichten, welche gegen Südosten an Mächtigkeit und Korngrösse rasch zunehmen, während sie gegen Westen vollständig auskeilen.

Zusammenfassend kann die unter- bis mitteleocaene Scotland Formation als flachmeerisches Vortiefensediment aufgefasst werden, dessen klastisches Material von einem im Südosten liegenden Geantiklinalrücken herstammt. Dieser war vornehmlich gebildet aus kristallinen Schiefern und normalen Kreide-Sedimenten und war von Quarzgängen durchzogen.

Gehen wir von Barbados gegen Südosten, so stossen wir auf die oben beschriebenen untermeerischen Rücken, die ich als „Tobago"- und „Trinidad-Rücken" bezeichnet habe, da sie gegen Westen in das Gebirge von Tobago und die Nordkette von Trinidad hineinstreichen (siehe Fig. 1). Diese beiden Gebirgszüge bestehen vorwiegend aus metamorphen Schiefern der Epizone, hauptsächlich Phylliten, denen in Trinidad Bänder und mächtige Linsen marmorisierter Kalke eingelagert sind. Das Alter dieser Gesteinsfolge konnte in Trinidad durch Ammonitenfunde als jurassisch bestimmt werden (Lit. 25, p. 1562). In Tobago ist ein Dioristock in die Schiefer eingelagert, und es finden sich dort auch die Schiefer durchbrechende, porphyritisch-andesitische Ergussgesteine unbestimmten Alters mit begleitenden Tuffen, aber nur ein einziges solches Vorkommen in der Nordkette von Trinidad, bei Sans Souci. In nächster Nähe dieser Lokalität, bei Toco, stehen auch fossilführende Sedimente der Mittel- und Ober-Kreide an (Lit. 29). Charakteristisch sowohl für Tobago als auch für die Nordkette von Trinidad ist das massenhafte Auftreten von oft Bergkristall führenden Quarz-Gängen und -Nestern, die nicht nur die Phyllite mit einem dichten Aderwerk durchziehen, sondern auch die Kreideschichten von Toco durchsetzen sollen (Lit. 13, p. 2, stop 2).

Wenn somit die Gebirge von Tobago und Trinidad wohl die Quarz- und Kreidegerölle der Scotland Formation von Barbados geliefert haben könnten, so trifft dies nicht zu für den grösseren Teil der Schweremineralien, die von höher metamorphen Gesteinen herstammen. Solche sind aber in der venezuelanischen Küstencordillere, welche die direkte westliche Fortsetzung der Nordkette von Trinidad bildet, weit verbreitet (Lit. 19), und es darf wohl angenommen werden, dass infolge eines Axialanstieges von Trinidad gegen NE, im Abschnitt südöstlich Barbados, wieder höher metamorphe Gesteine an die Oberfläche kamen. Solche finden sich auch auf der dem venezuelanischen Küstengebirge vorgelagerten Insel Margarita (Lit. 20), wo sie direkt von einer mächtigen, Discocyclina führenden, der Scotland Formation zu vergleichenden, klastischen Schichtfolge überlagert werden (Lit. 25, p. 1565). Eine weitere, den Scotland Schichten äquivalente, mächtige Flyschformation paleocaenen bis mitteleocaenen Alters findet sich auch im Maracaibo-Becken (Misoa-Trujillo Formation und andere), während analoge Bildungen dieses Alters und dieser Fazies im Orinocco-Becken (Lit. 8) und in Süd-Trinidad, d. h. auf der Südseite der venezuelanischen Küstencordillere, bzw. der Nordkette von Trinidad, nur spärlich und in geringer Mächtigkeit auftreten. Dies dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, dass die „Caribische Geantiklinale" (Lit. 25) von Süden nach Norden vorgestossen wurde, daher gegen Süden flach ab-

gedacht, gegen Norden aber steilgeböscht war, wodurch ihr Abtrag hauptsächlich der nördlich anschliessenden Vortiefe zugeführt wurde.

Über den genauen Zeitpunkt, zu dem die Caribische Geantiklinale, welche das klastische Material der Scotland Formation geliefert hat, aufgefaltet wurde, erhielt ich einen Hinweis, als ich 1943 in einem, den später zu besprechenden Schlammvulkanschichten eingelagerten, fossilführenden Paleocaen-Block ein schönes Tonkalk-Geröll eingeschlossen fand, vom Typus des oberkretazischen „San Fernando Argiline" von Trinidad. Diese Blöcke, welche durch ihre Grossforaminiferen-Fauna als Paleocaen bestimmt sind (Lit. 30, p. 19), bestehen aus brecciösen, grobe Quarzkörner führenden Sandkalken, gehören also faziell zur Scotland Formation, deren unteren, nicht aufgeschlossenen Teil sie darstellen dürften. Da in diesem klastischen Paleocaen sich nun Oberkreide-Gerölle finden, darf wohl darauf geschlossen werden, dass die Hauptauffaltung der Caribischen Geantiklinale an der Kreide-Tertiär-Grenze stattgefunden hat. Dies stimmt auch mit den Beobachtungen in Süd-Trinidad überein, wo über einer noch vorwiegend tonig-mergelig-kalkigen Oberkreide die Flachwasserschichten der paleocaenen Soldado Formation folgen, in der kirschsteingrosse Quarzgerölle auftreten (Lit. 12, p. 214).

Dass die erste Anlage der Caribischen Geantiklinale schon aus der Oberkreidezeit datiert, scheint wahrscheinlich, kann aber von Barbados aus, wo keine Kreide zutage tritt, nicht beurteilt werden. Dagegen zeigt das Auftreten der grobsandigen und konglomeratischen Chalky Mount Schichten in Barbados, dass die Caribische Geantiklinale, die als Folge der laramidischen Gebirgsbildung erstmals einwandfrei aus dem Meere auftauchte, auch später wieder sich kräftig bewegt hat.

B. DIE JOES RIVER FORMATION

Den oberen Abschluss der Scotland Formation bildeten wohl Süsswasserkalke, die aber nur noch als Blöcke vorkommen. Nach deren Ablagerung ereignete sich eine kräftige Gebirgsbildung, welche das Auftauchen der Gegend von Barbados verursachte und die Scotland Sedimente in komplizierte Falten legte mit häufigen ca. N 60° E streichenden Überschiebungen. Während der folgenden Landperiode wurden die Scotland Schichten stark abgetragen und dadurch wurde der Belastungsdruck auf die im tieferen Untergrunde liegenden Erdöl-Lager vermindert. Da dazu das Gefüge der Scotland Sedimente infolge der tektonischen Beanspruchung, besonders der tiefgreifenden Überschiebungsflächen, stark geschwächt war, vermochte schliesslich der Gasdruck den Belastungsdruck zu überwinden und es kam zum Ausbruch mächtiger Schlammvulkanbildungen, die als Joes River Formation bezeichnet werden. Die Schlammströme wurden durch eine zentrale Aufbruchzone ausgequetscht, die an der Ostküste 700 m breit ist, in südwestlicher Richtung aber nach ca. 3 km fingerartig auskeilt. Vom Scheitel der zentralen Aufbruchzone sind die Schlammströme in die beidseitigen Synklinalen hinabgeflossen, wo sie in Mächtigkeiten von 300—460 m angehäuft sind. Sie bestehen dort aus dunkelgrauen, von ölimprägnierten Rutschharnischen kreuz und quer durchzogenen, feinsandigen Tonen, welche charakteristische grüne Tongerölle einschliessen („pebbly silts"). Ölsand findet sich in unregelmässigen Schmitzen und in eckigen, scharf umgrenzten, bis 5 m^3 grossen Blöcken, die als solche emporgehoben wurden. Es finden sich auch Blöcke von an der Oberfläche in Barbados nicht anstehenden Gesteinen, z. B. des obenerwähnten Paleocaens, aber zur Hauptsache ist das die Schlammvulkan-Schichten aufbauende Gesteinsmaterial der vorwiegend tonigen Unteren Scotland Formation entnommen, welche unter Beimischung von

Erdöl, Gas und Salzwasser zu einem zähflüssigen Brei aufgearbeitet wurde. Die chaotische Textur der tieferen Schlammvulkanschichten lässt auf terrestrische Ablagerung schliessen, während die leicht angedeutete Bankung der höheren Lagen und das Auftreten mariner Fossilien, vor allem einer langschwänzigen Leda, den Wiedereinbruch des Meeres beweist. Die Joes River Formation, die dem oberen Mittel-Eocaen zuzurechnen ist, liegt diskordant auf verschiedenen Horizonten der Scotland Formation und den sie durchsetzenden Brüchen.

C. DIE OCEANIC FORMATION

Auch diese Formation liegt diskordant auf den älteren Schichten, z. T. auf der Joes River Formation, z. T. direkt auf verschiedenen Horizonten der Oberen und Unteren Scotland Formation und über den diese durchsetzenden Überschiebungen. Das Vorhandensein von Brüchen, welche Scotland- und Joes River Formation, nicht aber die Oceanic Formation verwerfen, beweist, dass orogenetische Vorgänge, die vielleicht während der ganzen Dauer der Schlammvulkan-Ausbrüche gespielt hatten, auch nachher noch wirksam waren, mit dem Beginn der Oceanic Sedimentation aber ihr Ende gefunden hatten. In meiner früheren Arbeit (Lit. 25, p. 1584) hatte ich für das Mount Hillaby Gebiet einen Übergang zwischen Joes River- und Oceanic Formation angenommen, ich glaube aber heute, dass die damals gegebene Interpretation des dortigen Kontaktes einer strengen Kritik nicht standhalten kann und neige heute eher zur Ansicht, dass zwischen Oceanic- und Joes River Formation ein Sedimentationsunterbruch stattfand, verursacht durch Orogenese und gefolgt von teilweisem Abtrag. Diese Ansicht stützt sich auf den ausgezeichneten Aufschluss des basalen Kontaktes südlich von Cambridge, wo die Oceanic Formation direkt der Oberen Scotland Formation aufliegt und in ihren untersten 10 Metern noch Linsen von aufgearbeitetem Scotland Sand enthält. Da dieser Aufschluss nur 200 m vom südlichen Kontakt des grossen Schlammvulkanaufbruches entfernt ist, und 600 m südlich die Schlammablagerungen in grosser Mächtigkeit aufgehäuft sind, muss doch wohl angenommen werden, dass die Schlammströme — wenn auch vielleicht nur in geringer Dicke — ursprünglich auch das dazwischen liegende Gebiet bedeckten, dort aber dann vor der Ablagerung der basalen Oceanic-Sedimente wieder abgetragen wurden.

Ein Normalprofil durch die Oceanic Formation, das sich auf 6 Detailprofile und auf mehr als 300 aus diesen Profilen stammende Proben von Mikrofossilien stützt, zeigt von unten nach oben:

1. **Untere Mount Hillaby Schichten** mit *Globorotalia crassata* CUSHMAN und *Hantkenina alabamensis* CUSHMAN (wahrscheinlich oberstes Mittel-Eocaen).
   5 m harte Globigerinenmergel und -Mergelsteine
   20 m Radiolarien-Globigerinen-Mergel mit gegen oben abnehmendem Gehalt an Globigerinen, aber rasch zunehmendem Gehalt an Radiolarien.
2. **Obere Mount Hillaby Schichten** mit *Hantkenina alabamensis* CUSHMAN (Ober-Eocaen)
   315 m Radiolarien-Tone und -Mergel mit über 100 Bänken feinkörniger vulkanischer Asche (1—50 cm dick).
3. **Bath Schichten** (wahrscheinlich noch Ober-Eocaen)
   47 m Globigerinen-Radiolarienmergel mit 25 Bänken feinkörniger vulkanischer Asche (1—15 cm dick)
   52 m Radiolarien-Globigerinen-Mergel mit gegen oben abnehmendem Gehalt an Radiolarien aber rasch zunehmendem Gehalt an Globigerinen.

4. Eingelagerte **Schlammvulkanlage** (nur im Gebiet der Consets Bay)
   50 m dunkelgraue „pebbly silts" mit Ölsand-Blöcken.

5. **Codrington College Schichten** (Unter-Oligocaen)
   120 m harte, tonreiche Globigerinenmergel mit *Laticarenina bullbrooki* CUSHMAN & TODD.

Die totale Mächtigkeit der Oceanic Sedimente, unter Ausschluss der lokalen Schlammvulkanlage, beträgt ca. 560 m, wobei auf die unteren Globigerinenschichten nur 5 m, auf die unteren Übergangsschichten 20 m, die reinen Radiolarienschichten 315 m, die oberen Übergangsschichten 100 m und die oberen Globigerinenmergel 120 m entfallen.

Die Farben der Oceanic Sedimente sind weisslich bis hellgelblich, manchmal auch hellgrünlich bis olive-grün.

Die berühmten Radiolarien-Schichten von Barbados, welche 1846 von SCHOMBURGK (Lit. 21) entdeckt und deren Radiolarien von EHRENBERG, BURY und BÜTSCHLI beschrieben wurden, hat schon HAECKEL, der Bearbeiter der Challenger Radiolarien mit dem „Radiolaria-Ooze" der Tiefsee verglichen (Lit. 6), da es sich bei den Barbados-Radiolarien um Formen handeln soll, die nur in grossen Meerestiefen vorkommen und dort wenig über dem Meeresboden schwebend gefunden werden. Auch JUKES-BROWNE und HARRISON, denen wir die erste gründliche Beschreibung der Oceanic Formation verdanken (Lit. 11), fassten sie als Tiefsee-Ablagerung auf, was schon durch die Namengebung angedeutet werden sollte, und verglichen die Globigerinenmergel mit dem rezenten „Globigerinenschlamm", die Radiolarienschichten mit dem rezenten „Radiolarienschlamm". In letzter Zeit herrscht die Tendenz, die Tiefseenatur vieler fossiler Radiolarien-Sedimente zu bestreiten, und es wurde deshalb eine auf Detail-Kartierung, gründlicher Profilaufnahme und mikroskopischer Untersuchung der aufgesammelten Proben fussende neue Bearbeitung vom Verfasser in Angriff genommen. Obwohl die Feldarbeit und eine erste mikroskopische Untersuchung von über 600 Proben, die alle verschiedenen Horizonte und das ganze Verbreitungsgebiet der Oceanic Formation decken, abgeschlossen ist, bleibt noch viel zu tun, um zu einem abschliessenden Urteil zu gelangen, namentlich eine chemische Untersuchung der Gesteine und ein direkter Vergleich mit rezenten Tiefseesedimenten; aber so viel steht für den Verfasser fest, dass es sich um richtige Tiefsee-Ablagerungen handelt, welche dem rezenten Globigerinen- und Radiolarienschlamm zu vergleichen sind[5]). Diese Ansicht gründet sich auf folgende Tatsachen:

---

[5]) Diese Ansicht hatte ich schon in meiner im September 1940 im Druck erschienenen Arbeit geäussert (Lit. 25, p. 1586). Bedauerlicherweise hat nun H. Grunau in seiner 1947 erschienenen Berner Dissertation: „Geologie von Arosa mit besonderer Berücksichtigung des Radiolarit-Problems" nicht meine gedruckte Arbeit von 1940 benützt, sondern das maschinengeschriebene Manuskript eines Vortrages, den ich im April 1939 anlässlich eines Geologenkongresses in Trinidad B. W. I. hielt. Während meiner ersten flüchtigen Bekanntschaft mit der Oceanic Formation, hatte ich einige Beobachtungen gemacht, die mir gegen die Tiefseenatur der Oceanic Sedimente zu sprechen schienen und diese Ansicht hatte ich in meinem Vortrage von 1939 vertreten. Als sich aber meine Beobachtungen vertieften, sah ich bald ein, dass diese Ansicht unhaltbar sei, und als ich mich zur Publikation entschloss, wurde der ursprüngliche Vortrag stark umgearbeitet, und über die Natur der Oceanic Sedimente eine gegenteilige Auffassung geäussert, die durch meine spätern detaillierten Studien immer mehr bestätigt wurde. Es ist daher sehr zu bedauern, dass nun durch die Arbeit von Grunau eine Ansicht in Zirkulation gesetzt wurde, die sich nur auf ungenügende Studien gründete und die von mir nicht zur Veröffentlichung reif befunden wurde.

1. Weder die Gesteinsbeschaffenheit, noch der Fossilinhalt, liefern irgendwelche Anhaltspunkte für eine Ablagerung in der Flachsee. Der Fossilinhalt ist mit dem von rezenten Tiefsee-Ablagerungen vollständig identisch (siehe Lit. 1, 15, 16) und setzt sich zusammen aus:

a) Radiolarien. Sie setzen in den Unteren Mount Hillaby Schichten, ca. 5 m über der Untergrenze der Oceanic Formation ein und nehmen rasch an Häufigkeit zu, um in den oberen Mount Hillaby Schichten, wo sie in vielen Proben von keinen anderen Organismen begleitet sind, dominierend zu werden. In den oberen Bath Schichten setzen sie allmählich wieder aus bis zum beinahe vollständigen Verschwinden.
b) Kieselspongien-Nadeln, zuweilen ziemlich häufig in den Oberen Mount Hillaby- und Unteren Bath Schichten.
c) Diatomeen, grosse, scheibenförmige Formen in den obersten Mount Hillaby- und untersten Bath Schichten.
d) Pelagische Foraminiferen (vorwiegend Globigerinen); gesteinsbildend an der Basis der Oceanic Formation, setzen sie in den Untern Mount Hillaby Schichten allmählich aus, um in den Oberen Mount Hillaby Schichten nur ganz vereinzelt aufzutreten oder ganz zu fehlen. Von der Basis der Unteren Bath Schichten an setzen sie wieder ein, werden gegen oben immer häufiger, um in den Codrington College Schichten zu dominieren.
e) Benthonische Foraminiferen. Ziemlich häufig in den Unteren, werden sie selten in den Oberen Mount Hillaby Schichten, überwiegen dort an Zahl aber oft über die Globigerinen. In den Oberen Bath- und den Codrington College Schichten sind sie wieder häufig und auch durch grössere Exemplare vertreten.
f) Echinoiden-Stacheln, sehr fein und selten in den Globigerinen-Mergeln, den Radiolarienschichten fast fehlend.
g) Ostracoden selten, hauptsächlich in den Oberen Bath- und Codrington College Schichten.
h) Kleine Fischzähne selten, meist nur der vordere, emailbedeckte Teil.
i) Coccolithen, (fide Lit. 11) nur in den Globigerinen-Mergeln.

Beim einzigen Makrofossil, das je in der Oceanic Formation gefunden wurde, einem Echinoiden, handelt es sich um einen Vertreter der Tiefsee Gattung *Cystechinus*, neuerdings von F. A. BATHER in sein neues Genus *Chelonechinus* gestellt[6]).

2. Schon HAECKEL (Lit. 6) glaubte, auf Grund der reichen Radiolarien-Ausbeute des „Challenger" nachweisen zu können, dass gewisse Radiolarien-Arten an bestimmte Tiefenzonen gebunden seien, und dass es eine grosse Anzahl von Tiefsee-Arten gebe, die in geringerer Tiefe nie gefunden würden. Er unterschied folgende Tiefenzonen:

Pelagic zone	0— 25 Faden =	0— 45 m
Pellucid zone	25— 150 Faden =	45— 274 m
Obscure zone	150—2000 Faden =	274—3657 m
Siliceous zone	2000—3000 Faden =	3657—5486 m
Abyssal zone	(hier sollen die Radiolarien wenig über dem Meeresboden schweben).	

Da der „Challenger" keine Schliessnetzfänge tätigte, waren HAECKELS Grundlagen anfechtbar, doch wurde die vertikale Anordnung der Radiolarien in verschiedenen Tiefenstufen von späteren Expeditionen, namentlich von der Plankton- und von der Valdivia-Expedition bestätigt auf Grund einwandfreier Schliessnetzfänge. Trotzdem weist unsere Kenntnis der Vertikalverbreitung der Radiolarien noch gewaltige Lücken auf, die leider durch die neuesten Expeditionen des „Meteor" und des „Discovery" nicht

[6]) Bull. Geol. Soc. America, vol. 45, p. 799—878, 1934.

ausgefüllt worden zu sein scheinen. Wir sind also diesbezüglich immer noch auf die Zusammenstellung HAECKERS von 1908 angewiesen, die sich hauptsächlich auf die Schliessnetzfänge der Valdivia-Expedition stützt, aber auch von der Plankton-Expedition im grossen und ganzen bestätigt wurde. HAECKER (Lit. 7, p. 539) unterschied bei den Radiolarien folgende Tiefenzonen, deren jede durch bestimmte Leitformen charakterisiert ist:

1. Colliden-Schicht	0— 50 m
2. Challengeriden-Schicht . . .	50— 400 m
3. Tuscaroren-Schicht	400—1500 m
a) Pandora-Stufe	400—1000 m
b) Aulospathisstufe	1000—1500 m
4. Pharyngellen-Schicht . . .	1500—5000 m

Eine genaue Bearbeitung der fossilen Barbados-Radiolarien, die von HAECKEL auf 400—500 Arten geschätzt wurden, würde es also wohl erlauben, zu entscheiden, ob sich in der Oceanic Formation Arten finden, die auf die Tiefsee beschränkt sind. Darüber haben wir leider noch keinen Aufschluss, hingegen geben uns Beobachtungen von HAECKER einen Fingerzeig. Dieser konnte nachweisen, sowohl bei den Tripyleen (= Phaeodarien), als auch bei den Mikroradiolarien, dass die Oberflächenformen ein zierlicheres, die Tiefenformen dagegen ein relativ derbes, grobes und plumpes Skelett besitzen (Lit. 7, p. 569, 570, 430). Er schliesst daraus, dass die in manchen fossilen „Sedimenten gefundenen Radiolarien zu einem sehr beträchtlichen Teile nicht der Oberflächen-, sondern der Tiefenfauna des Meeres entstammen" (p. 570). Dass ein grosser Teil der Barbados-Radiolarien wohl zu den derbschaligen Mikroradiolarien gehören dürfte, erhellt aus folgender Bemerkung von HAECKEL (Lit. 6):

„A character common to these abyssal forms and rarely found in those from slight depth is found in their small size and their heavy massive skeletons, in which they strikingly resemble the fossil Radiolaria of Barbados..."

Der allgemeine Habitus der Radiolarien aus der Oceanic Formation von Barbados, scheint also nach dem Urteil der oben zitierten Autoren darauf hinzuweisen, dass es sich z. T. um Tiefsee-Radiolarien handelt.

3. Die Sedimente der Oceanic Formation bilden einen vollständig in sich geschlossenen Zyklus, beginnend mit reinen Globigerinen-Ablagerungen, die allmählich in reine Radiolarien-Sedimente übergehen; nach oben sind diese wieder durch allmählichen Übergang mit den hangenden, den Abschluss des Zyklus bildenden Globigerinenmergeln verbunden. Diese Ablagerungsfolge lässt sich kaum anders interpretieren, als durch die Annahme eines Absinkens des Meeresbodens bis in die Zone der Kalkauflösung und eines nachherigen Wiederaufsteigens. In diesem Falle wären die gemischten Globigerinen-Radiolarienschichten der Unteren Mount Hillaby- und der Bath Schichten in der Zone der Kalkauflösung, also etwa in einer Tiefe von 2000—2500 Faden (= 3660—4750 m) abgelagert worden, die reinen Radiolarien-Sedimente der Oberen Mount Hillaby Schichten in etwas grösserer, die reinen Globigerinenmergel der Basis und des Daches in geringerer Tiefe.

4. Diese Ansicht, welche sich zunächst nur auf den Fossilinhalt und die Interpretation des Sedimentationszyklus stützte, erhielt eine Bestätigung durch Kalkgehaltsbestimmungen von Oceanic Proben, die im Laboratorium der

Trinidad Leaseholds Ltd. in Pointe à Pierre, Trinidad B.W.I., ausgeführt wurden[7]):

Schichtgruppe	Anzahl der analysierten Proben	$CaCO_3$ - Gehalt in %		
		von bis	Durchschnitt	
Codrington College	12	20,0—69,7	55,0	
Obere Bath.....	19	16,6—73,2	44,6	36,5
Untere Bath	13	11,6—36,6	24,8	
Obere Mount Hillaby[8])...	11	3,4—33,2	19,7	

Fussend auf den durch MURRAY & CHUMLEY (Lit. 16) aus dieser Region beschriebenen Tiefseeproben, scheint die Kalkauflösung[9]) im Atlantischen Ozean auf der Aussenseite des Antillenbogens in der Tiefe von 4500 bis 5400 m sich abzuspielen, was aus folgender Zusammenstellung ersichtlich wird:

Sedimentsbezeichnung	Anzahl der berücksichtigten Proben	Meerestiefe in Metern	$CaCO_3$ - Gehalt in %	
			von bis	Durchschnitt
Pteropodenschlamm	6	713—2587	66—90	77
Globigerinenschlamm	7	2660—4435	31—76	50
Roter Tiefseeton (obere Zone)	8	4682—5411	6—28	18
Roter Tiefseeton (untere Zone)	20	5413—6309	Spur-15	4

Für uns besonders interessant sind zwei Bodenproben, welche im Jahre 1883 durch die U.S.S. Enterprise ostsüdöstlich von Barbados heraufgeholt wurden (siehe Fig. 1). Die eine (Nr. 464, Lit. 16), aus 4435 m Tiefe enthält 42,68% $CaCO_3$ und wird noch als „Globigerina-ooze" bezeichnet; die andere (Nr. 463) aus 4682 m Tiefe hat einen Kalkgehalt von nur noch 28,14% und wird deshalb schon zum „Red Clay" gezählt, obschon sie noch 25% pelagische Foraminiferen führt. Diese beiden Proben können auch als Übergangsschichten zwischen Globigerinenschlamm und Rotem Ton aufgefasst werden, mit einem durchschnittlichen $CaCO_3$-Gehalt von 35,4%.

---

[7]) Wofür dem Chefgeologen, Dr. H. G. KUGLER, bestens gedankt sei.

[8]) Alle diese Proben stammen aus dem oberen, kalkreichen Teil dieser Schichtgruppe, während vom tieferen, kieselreichen Teil noch keine $CaCO_3$-Bestimmungen vorliegen.

[9]) Nach den Ergebnissen der Meteor Expedition (Lit. 4 und 31) ist die Kalkauflösung in den grossen Meerestiefen eine Folge des durch die tiefe Temperatur und den grossen hydrostatischen Druck erhöhten Lösungsvermögens der Kohlensäure. Besonders starke Lösung findet in tiefen Becken im Bereich der Bodenströme statt, welche beständig frisches, an Kalk ungesättigtes Wasser heranführen. Nach WÜST (Lit. 33) wird die Kalkauflösung an der Aussenseite des Antillenbogens durch den kalten antarktischen Bodenstrom verursacht, welcher aus der Antarktis durch die westatlantische Mulde in den Puerto Rico-Graben und das Nordamerikanische Becken hinauffliesst.

Vergleichen wir damit die $CaCO_3$-Werte des Oceanic Profils, so entsprechen diesen Übergangsschichten sehr gut die Bath Schichten mit einem durchschnittlichen Kalkgehalt von 36,5%, wobei die untern Bath Schichten mit 24,8% der Probe 463 (28,1%), die oberen Bath Schichten mit 44,57% der Probe 464 (42,68%) nahekommen. Die Annahme, dass die Bath Schichten in einer Tiefe von rund 4500 Metern abgelagert worden sind, dürfte daher wohl berechtigt sein. Der durchschnittliche Kalkgehalt der Codrington College Schichten (55%) zeigt gute Übereinstimmung mit demjenigen des rezenten westatlantischen Globigerinenschlammes (50%) und wir dürfen für diese Schichten also wohl eine Ablagerungstiefe von 2500—4500 m annehmen. Der oberste Teil der Mount Hillaby Schichten mit einem durchschnittlichen Kalkgehalt von 19,7% wäre der obern Zone des „Red Clay" (18%) vergleichbar (4800—5400 m), während die Hauptmasse der Radiolarienschichten, deren Kalkgehalt noch nicht bestimmt wurde, vielleicht schon der unteren „Red Clay" Zone entsprechen dürfte, also in einer Maximaltiefe von 5400—6000 Metern abgelagert worden wäre. Dabei müssen wir nicht vergessen, dass der rezente „Radiolaria Ooze" nicht als selbständiges Tiefsee-Sediment, sondern nur als eine spezielle Abart des Roten Tiefseetones aufgefasst wird (Lit. 1).

Die hier gegebenen Tiefenzuteilungen der Oceanic Sedimente, die auf den Kalkgehalt der rezenten Tiefsee-Sedimente an der Aussenseite des Antillenbogens gegründet sind, stimmen auch gut überein mit den Kalkgehaltsdurchschnitten sämtlicher Challenger-Proben, wie sie von Murray & Renard folgendermaßen errechnet worden sind (Lit. 15, 17, 31):

Tiefe	1— 900 m	= 86% $CaCO^3$
	900—1800 m	= 67%
	1800—2700 m	= 71%
	2700—3600 m	= 70%
	3600—4500 m	= 47%
	4500—5400 m	= 17%
	5400—6300 m	= 0,9%
	6300—7200 m	= 0%

5. Die in die Oceanic Sedimente eingelagerten vulkanischen Tufflagen und -bänke, die an der Basis relativ grobkörnig und scharf abgegrenzt sind, gegen oben aber allmählich in die normalen Oceanic Sedimente übergehen, dürften bestimmt von Aschenregen herrühren, wie sie bei den Eruptionen der Soufrière von St. Vincent, 1718, 1812 und 1902/03 auf Barbados und den umliegenden Meeren gefallen sind. Während der Eruption vom 22. März 1903 wurde konstatiert, dass die grössten Aschenpartikel in Barbados während der ersten Stunden fielen, was mit den obigen Beobachtungen übereinstimmt und ja auch ohne weiteres verständlich ist, da bei abnehmender Windstärke natürlich die schweren Aschenteilchen zuerst ausfallen. Die deutlich sichtbaren Aschen-Lagen und -Bänke sind auf die Oberen Mount Hillaby- und die Unteren Bath Schichten beschränkt; Aschenbestandteile in Form von Feldspath- und Quarz-Kristallen und Splittern vulkanischen Glases finden sich aber schon in den Unteren Mount Hillaby Schichten von der Basis der Oceanic Formation an und sind auch besonders häufig und verbreitet in den Oberen Bath- und Codrington College Schichten.

In meiner früheren Arbeit (Lit. 25, p. 1588) habe ich auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Aschenregen und den Radiolarien-Schichten hingewiesen, insofern jene, durch Lieferung der für den Aufbau der Radio-

Geolog. Alter			Stratigraphische Nomenklatur			Mächtigkeit in Metern		Lithologie	Geologische Geschichte
PLEISTO-CAEN									2. Eustatische Bewegungen mit Terrassenbildung durch marine Abrasion 1. Auffaltung der Insel Barbados in mehreren Phasen
PLEISTO-CAEN			„Coralrock" Form.	Korallen-kalk		90		massive Korallen- u. Algenkalke	Riffbildung auf schildförmigem Korallen-Riff
PLEISTO-CAEN			„Coralrock" Form.	Amphisteginen-kalk		10-20		gutgebankte Amphisteginenkalke (Basis reich in Globigerinen u. Globorotalien)	Transgression über präexistierende unebene Landoberfläche
									Orogenese, dritte Emersion des Barbados-Rückens, starker Abtrag u. Verwitterung während Pliocän-Zeit
OLIGOCAEN	Ober	Aquitan	Bissex Hill Formation			20		zerreibbare, grobkörnige, tonarme Globigerinenmergel mit Algen- u. Globigerinenkalk-Bänken (Basis konglomeratisch)	Absatz von typischen Rückensedimenten (unten flachmeerisch, nach oben tiefer werdend) über untergetauchtem Barbados-Rücken Transgression
									Orogenese, zweite Emersion des Barbados-Rückens und Abtrag
OLIGOCAEN	Ober	Chattien	Oberoligocaene Globigerinen-Mergel			(?) 900		grobkörnige Globigerinenmergel mit seltenen Globigerinenkalk-Bänken	Absatz von Globigerinenmergeln über untergetauchtem Barbados-Rücken Transgression
									Orogenese, erste Emersion des Barbados-Rückens und Abtrag
OLIGOCAEN	Unter		Oceanic Formation	Codrington College-Schichten		120	560 - 610	harte, zementierte, tonreiche Globigerinenmergel	Kalk- und tonreicher Absatz über dem allmählich aufsteigenden Barbados-Rücken (oberhalb der Zone der Kalkauflösung, ca. 2500 - 4500 m)
				< „Mudflow"		0-50		„pebbly silts" mit Ölsand-Blöcken	Beginnende Auffaltung des Barbados-Rückens, einen weiteren (untermeerischen) Schlammvulkanausbruch verursachend; Aufsteigen bis in die Zone der Kalkauflösung (ca. 4500 m)
EOCAEN	Ober		Oceanic Formation	Bath Schichten	Obere	52		Radiolarien-Globigerinenmergel	
EOCAEN	Ober		Oceanic Formation	Bath Schichten	Untere	47		Globigerinen-Radiolarienmergel mit 25 Aschenbänken	
EOCAEN	Ober		Oceanic Formation	Mount Hillaby Schichten	Obere	315		Radiolarientone u. -mergel mit über 100 Aschenbänken	Kalkarmer Tiefsee-Absatz (cf. „Radiolaria-ooze") in obereocänem Vorgänger des Puerto Rico-Grabens (unterhalb der Zone der Kalkauflösung, ca. 4500 - 5400 m – ? 6000 m)
EOCAEN	Mittel		Oceanic Formation	Mount Hillaby Schichten	Untere	25		Radiolarien-Globigerinenmergel (20) harte Globigerinen-Mergel u. -Mergelsteine (5)	Rasche Einmuldung und Absinken in die Zone der Kalkauflösung (ca. 4500 m) (Beginn der Aschenregen vom vulkanischen Antillenbogen her)
									Orogenese, Emersion ? und Abtrag ?
EOCAEN	Mittel		Joes River Formation	Leda-Schichten		0 - 460		dunkle, ölimprägnierte sandige Tone mit grünen Toneinschlüssen („pebbly silts") und Ölsand-Blocken und -Schmitzen	Mächtige Schlammvulkanausbrüche, zunächst auf Landoberfläche, dann unter Meeresbedeckung (unter Einfluss von Gebirgsbildung und Abtrag)
									Orogenese, Emersion und Abtrag
EOCAEN	Mittel		Scotland Formation	Obere	Süsswasserkalk ?	?	1500 - 1800	Kalke mit Süsswasser-Mollusken (in Blöcken)	Aussüssung der Vortiefe
EOCAEN	Mittel		Scotland Formation	Obere	Mount All Schichten	± 500		Wechsellagerung feinkörniger Sande und bunter Tone	Flachwasserabsatz (Flyschbildung) in der rasch sinkenden Vortiefe am NW-Fuss der, zu Beginn des Paläocäns aufgetauchten und ständig sich aufwärts und nordwärts bewegenden Caribischen Geantiklinale
EOCAEN	Mittel		Scotland Formation	Obere	Chalky Mount Schichten	90-210		grobkörnige Quarzsande („grit") mit linsigen Konglomeraten	
EOCAEN	Mittel		Scotland Formation	Obere	Murphys Schichten	67-100		Wechsellagerung feinkörniger Sande und bunter Tone	
EOCAEN	Unter		Scotland Formation	Untere	Morgan Lewis Schichten	425-500		graue ± sandige Schiefertone mit braunen Tongallen	
EOCAEN	Unter		Scotland Formation	Untere	Walkers Schichten	425-520		dito, mit Sanden wechsellagernd	
PALAEO-CAEN			Miscellanea-Discocyclina Kalke			?		harte, foraminiferenreiche, brecciöse, grobsandige Kalke (als Blöcke in Joes River Formation)	
KREIDE									← Orogenese, Auffaltung und Emersion der Caribischen Geantiklinale im SE von Barbados

Tabelle 1: Stratigraphische Übersicht des Kaenozoikums von Barbados, Britisch West-Indien (Kleine Antillen).

larienskelette benötigten Kieselsäure, für die Entwicklung dieser Organismen besonders günstige Umstände geschaffen hätten. Bestimmt darf man aber nicht so weit gehen, die kieselige Sedimentation als ausschliessliche Folge der Kieselsäure spendenden Aschenregen zu betrachten und daher die Radiolarien-Schichten als Flachwasser-Sedimente anzusprechen. Solche reine Radiolarien-Sedimente sind auch heute aus der Flachsee vollständig unbekannt[10]).

In einer Diskussion mit Kollegen wurde auch die Ansicht geäussert, dass das Verschwinden der Globigerinen im unteren Teil des Oceanic Profils und ihr Wiedererscheinen im oberen Teil mit dem Einsetzen, bzw. dem Aufhören der Aschenregen im Zusammenhang stehe, welche die an der Meeresoberfläche lebenden Globigerinen vernichtet hätten. In diesem Falle müsste besonders die Obergrenze der basalen Globigerinenmergel scharf sein und ungefähr mit dem Auftreten der grossen Aschenbänke zusammenfallen. Beides ist nicht der Fall, indem die Globigerinenschichten ganz allmählich in die Radiolarienschichten übergehen und die letztern Organismen schon alleinherrschend geworden sind, bevor die ersten grossen Aschenbänke im Profil erscheinen. Auch der obere Übergang von den Radiolarien- zu den Globigerinenschichten ist ein allmählicher, und Globigerinen sind auch in den noch zahlreiche Aschenbänke einschliessenden Unteren Bath Schichten schon sehr häufig. Würde man annehmen, dass jeder Aschenfall die pelagischen Globigerinen vernichtet hätte, dann sollte über jeder Aschenbank zunächst reines Radiolariensediment folgen, das dann gegen oben in Globigerinensediment übergehen würde, bis mit dem nächsten Aschenfall die Globigerinen wieder ausfallen würden. Eine solche Wechsellagerung von Radiolarien- und Globigerinen-Sedimenten lässt sich in der Oceanic Formation nun keineswegs feststellen, vielmehr setzen die Globigerinen im unteren Teil allmählich aus, fehlen dem mittleren Teil fast ganz und setzen im oberen Teil allmählich wieder ein. Übrigens beschreibt G. A. Neeb aus dem ostindischen Archipel eine rezente Tiefseeprobe, welche zwischen typischem „Globigerina-Ooze" eine 3 cm dicke Aschenlage enthält (Lit. 17, p. 237). Dies spricht nicht für eine Vernichtung der Globigerinen durch vulkanische Aschenregen.

Ein gewichtiger Einwand gegen die Tiefseenatur der Oceanic Sedimente ist ihre grosse Mächtigkeit von 560 m. Diese scheint enorm, wenn wir damit die Gesamtmächtigkeit der Radiolaritformation der Südalpen vergleichen, welche im Südtessin z. B. nur ca. 35 m beträgt, obgleich die Formation den ganzen Dogger und Malm umfasst (Lit. 23). In neuerer Zeit hat W. Schott einige Daten gegeben über die Sedimentationsgeschwindigkeit von „Globigerina-Ooze" im aequatorialen Atlantischen Ocean (Lit. 22). Obschon diese Daten keine absolute Genauigkeit beanspruchen können, ist es interessant, auf dieser Grundlage zu berechnen, eine wie lange Zeit nötig war zur Bildung der Oceanic Sedimente, wobei wir die von Schott berechnete grösste Ablagerungsgeschwindigkeit von 2,13 cm pro 1000 Jahre zugrunde legen (Lit. 22, p. 411, Tabelle I).

Codrington College Schichten (120 m)	5,6 Millionen Jahre
Bath Schichten (99 m)	4,6 „ „
Obere Mount Hillaby Schichten (315 m)	14,8 „ „
Untere Mount Hillaby Schichten (25 m)	1,2 „ „
Total Oceanic Formation (560 m)	26,2 Millionen Jahre

Diese Zahl für einen Zeitabschnitt, der nur das oberste Mitteleocaen, das Obereocaen und das Unteroligocaen umfasst, scheint entschieden zu gross, wenn

[10]) Nach Andrée (Lit. 1) ist die Minimaltiefe bei der vom Challenger Radiolarienschlamm angetroffen wurde 4298 m, die Maximaltiefe 8184 m und die durchschnittliche Tiefe von 9 Proben 5292 m.

man für das ganze Kaenozoicum eine Dauer von 70 Millionen Jahren annimmt[11]), aber immerhin ist sie noch von der gleichen Grössenordnung. Ausserdem muss man noch folgendes bedenken:

1. SCHOTTS Daten wurden in den küstenfernen Becken des offenen Oceans gewonnen und in einem Abschnitt, wo keine jungen, viel klastisches Material liefernden Kettengebirge vorhanden sind. Barbados dagegen liegt nicht weit vom Nordrand des südamerikanischen Kontinents entfernt, wo im Laufe der Tertiärzeit mächtige Kettengebirge aufgefaltet wurden. Aus diesem Grunde darf für die Region von Barbados eine wohl grössere Sedimentationsgeschwindigkeit vorausgesetzt werden, als für die offenen Becken des Atlantischen Oceans.
2. Wie wir schon gesehen haben, schliesst die Oceanic Formation über 125 Bänke und Lagen vulkanischer Asche von 1—50 cm Dicke ein, die wohl sicher von Aschenregen herrühren dürften. Da wohl jede Bank einen einzigen Aschenfall repräsentieren dürfte, sind diese Bestandteile der Oceanic Formation offenbar sehr rasch abgelagert worden. Dazu kommt, dass vulkanische Aschenteilchen nicht auf die Tuffbänke beschränkt sind, sondern auch am Aufbau der übrigen Oceanic Sedimente reichen Anteil nehmen.
3. SCHOTTS Daten beziehen sich auf reinen Globigerinenschlamm und könnten also für das basale Glied der Unteren Mount Hillaby- und die Codrington College Schichten zutreffen, weniger für die gemischten Globigerinen-Radiolarien Schichten der Unteren Mount Hillaby- und Bath Schichten, aber gar nicht für die reinen Radiolarien-Ablagerungen der Oberen Mount Hillaby Schichten. Ablagerungsgeschwindigkeiten von Radiolarien-Sedimenten sind bis jetzt nicht bekannt geworden, und da die Gehäuse der Radiolarien bedeutend kleiner sind als diejenigen der Globigerinen, wäre man wohl geneigt, für „Radiolaria-Ooze" eine geringere Sedimentationsgeschwindigkeit anzunehmen. Nun muss man aber bedenken, dass die Globigerinen ausschliesslich an der Oberfläche des Meeres leben, bis zu einer Wassertiefe von ungefähr 100 Metern, während lebende Radiolarien in allen Meerestiefen angetroffen werden, von der Oberfläche bis zu Tiefen von 5000 Metern (Lit. 7). Während der Regen von zu Boden sinkenden toten Schalen bei Globigerinen also nur einer Wasserschicht von ca. 100 m Dicke entstammt, rühren die Radiolarienschalen aus mehreren tausend Meter dicken Wasserschichten her. Trotz der geringen Grösse der Radiolarienschalen scheint es also möglich, dass die Sedimentationsgeschwindigkeit bei Radiolarienschlamm grösser sein könnte, als bei Globigerinenschlamm.

Aus allen diesen Gründen scheint mir also die grosse Mächtigkeit der Oceanic Sedimente nicht gegen ihre Tiefseenatur zu sprechen. Noch weniger kann das äusserst seltene Vorkommen gerundeter Quarzkörner, deren Grösse die der Aschenpartikel nicht übertrifft, gegen die Tiefseenatur der Oceanic Sedimente ins Feld geführt werden, kommt doch solcher Quarz auch in rezenten Tiefseesedimenten vor und dürfte wohl durch Wind vom nahen Festland hergetragen worden sein (Lit. 18).

---

[11]) Nach Holmes (Lit. 10) soll die Dauer des Oligocaens ca. 15 Millionen, die des Eocaens (inkl. Paleocaen) ca. 20 Millionen Jahre betragen. Rechnet man das erstere zu 4, das letztere zu 5 Stufen, so erhält man in beiden Fällen pro Stufe eine Dauer von 4 Millionen Jahren. Für die etwa $2^1/_4$ Stufen umfassende Oceanic Formation ergäbe sich also eine ungefähre Zeitdauer von 9 Millionen Jahren.

Zusammenfassend darf also die oberst-mitteleocaene bis unteroligocaene Oceanic Formation als Tiefseesediment angesprochen werden, vergleichbar dem rezenten Globigerinen- und Radiolarienschlamm. Das zum Teil in Tuffbänken konzentrierte, aber auch feinverteilt in den Globigerinen- und Radiolarien-Sedimenten vorkommende Aschenmaterial dürfte von vulkanischen Aschenregen herstammen, wie sie sich in dieser Region auch in historischer Zeit mehrmals ereignet haben. Der in sich geschlossene Zyklus der Oceanic Sedimente von reinen Globigerinenschichten durch Übergang zu reinen Radiolarienschichten und wieder zurück zu reinen Globigerinenschichten deutet an, dass der Meeresboden zuerst bis in die Zone der Kalkauflösung abgesunken ist (5000—6000 m) und dann sich wieder gehoben hat. Die geringe Mächtigkeit der basalen Globigerinen Schichten (5+20 m), zu deren Bildung nach den oben gegebenen Daten etwa eine Million Jahre notwendig wäre, scheint anzudeuten, dass die initiale Senkung sich sehr rasch vollzogen hat, während die grosse Mächtigkeit der oberen Übergangsschichten (100 m) zum reinen Globigerinenmergel auf eine langsame Aufwärtsbewegung schliessen lässt.

Versuchen wir nun, die gewonnenen Resultate in den regionalen Rahmen zu stellen, so dürfen wir uns wohl fragen, ob, in Anbetracht dessen, dass der untermeerische Barbados-Rücken gegen Norden in den Puerto Rico-Graben abzutauchen scheint, die fossilen Radiolarienschichten von Barbados vielleicht in einem obereocänen Vorgänger dieses Grabens abgelagert worden wären, der sich damals bis in die Gegend von Barbados erstreckte. Diese Hypothese erhält eine wesentliche Stütze durch die Tatsache, dass die Axe des Schweredefizites nach HESS (Lit. 9) genau mit den Axen von Barbados-Rücken und Puertorico-Graben zusammenfällt und dass am Westende der Schweredefizits-Axe, in Nord-Cuba, wieder fossile Radiolarien-Schichten auftreten, allerdings nicht ober-, sondern untereocaenen Alters. Eine weitere Stütze würde dieser Hypothese erwachsen, wenn im heutigen Puertorico-Graben Radiolarienschlamm abgelagert würde. Das ist nun nicht der Fall, sondern die wenigen von dort beschriebenen Proben werden alle zum „Red Clay" gezählt, so Nr. 133 (Lit. 16) aus 7087 m Tiefe, Nr. 466 (Lit. 16) aus 8283 m, Guide Nr. 13 (Lit. 28) aus 7452 m, Guide Nr. 11 aus 8257 m und Guide Nr. 15 aus 8444 m Tiefe (siehe Fig. 1). Bei diesen aus dem tiefsten Grabenteil nördlich von Puertorico stammenden Proben ist das Fehlen von Radiolarien nicht verwunderlich, da in so beträchtlichen Tiefen auch die Kieselskelette der allgemeinen Auflösung zum Opfer fallen dürften. Aber auch eine Challengerprobe (Nr. 128, Lit. 16)[12]) aus dem östlichen Grabenteil besteht bei einer Tiefe von 5532 m aus gewöhnlichem Red Clay mit einem Kalkgehalt von 2,44% und mit nur 1% Kieselorganismen. Offenbar müssen, ausser der für die Kalkauflösung nötigen Tiefe, noch andere bis jetzt unbekannte Bedingungen erfüllt sein (siehe auch Lit. 14), damit es zur Bildung von echtem Radiolarienschlamm kommt.

Mit der Deutung der Radiolarienschichten von Barbados als Ablagerung in einem bedeutend verlängerten Puertorico-Graben der Obereocaenzeit wollen wir uns einstweilen begnügen, können erst nach der Besprechung der jüngeren Formationen die geologische Interpretation des Problems versuchen, welches gestellt wird durch die Überlagerung der Radiolarienschichten durch die hangenden Globigerinenmergel der Codrington College Schichten.

---

[12]) Diese Probe liegt etwas südlich der Grabenaxe (siehe Fig. 1); und aus dem südöstlichen Grabenteil, der sich von hier bis zum Nord-Ende des Barbados-Rückens erstreckt, und der für die Erhaltung von Kieselskeletten günstigere Tiefenverhältnisse aufweist, liegen leider gar keine rezenten Tiefseeproben vor.

D. DIE FORMATION DER OBEROLIGOCAENEN GLOBIGERINENMERGEL

Das Studium dieser Mergelformation macht Schwierigkeiten, da sie nirgends an die Oberfläche kommt, sondern überall vom mächtigen quartären Korallenkalke bedeckt ist. Bis jetzt konnte sie an der Basis von 35 Wasserschächten des Korallenkalkgebietes und in einer Kleindurchmesserbohrung vom Verfasser nachgewiesen werden. Von 55 untersuchten Proben müssen 45 als Globigerinenmergel bezeichnet werden, 10 als foraminiferenreiche Mergeltone. Die Farben sind meist hellgrünlich bis graugrün, oft auch blaugrau oder crèmefarben, seltener gelblich bis hellbräunlich. Die Globigerinenmergel sind meist grobkörnig und dann oft granulös und weich, manchmal aber auch kompakt. Es finden sich zuweilen auch Bänke von hartem Globigerinenkalk und tuffige Lagen. Der Mineral- und Fossilgehalt ist folgender:

Glaukonit (ziemlich gemein)[13])
Klastischer Quarz (sehr selten)
Feldspath-Kristalle und Splitter vulkanischen Glases (ziemlich häufig)
Bipyramidale Quarzkristalle (sehr selten)
Diatomeen (sehr selten)
Radiolarien (selten)
Kieselspongiennadeln (selten)
Globigerinen und andere pelagische Foraminiferen (massenhaft, gesteinsbildend)
Benthonische Foraminiferen (häufig und oft gross)
Echinoiden (feine Stacheln, ziemlich gemein, Schalenfragmente sehr selten)
Ostracoden (ziemlich gemein)
Kleine Fischzähnchen (ziemlich gemein) und sehr seltene Otolithen
Bruchstücke von Molluskenschalen (Nucula, Anomia ? und Gastropoden) sehr selten.

Bestimmt handelt es sich bei diesen Globigerinenmergeln um ein küstenfernes Sediment, das aber wohl in bedeutend geringerer Tiefe abgelagert worden ist, als die Globigerinenmergel der Oceanic Formation. Dafür spricht die oft grobe, körnige Struktur der Globigerinenmergel, die Dickwandigkeit der Globigerinenschalen, die oft bedeutende Grösse der benthonischen Foraminiferen und das Auftreten von Glaukonit und — allerdings sehr seltenen — Molluskenschalenresten. Die Mächtigkeit ist nicht genau bekannt, dürfte aber einige hundert Meter erreichen. Die Kleinforaminiferen-Fauna ist meist sehr einheitlich und entspricht genau derjenigen der Oberen Cipero Formation von Trinidad, speziell den „Lower Greenclays" des Cipero Küstenprofils (= Zone III oder *Globorotalia fohsi*-Zone von STAINFORTH (Lit. 5). Eine einzige Probe lieferte eine Fauna, welche derjenigen der A_4-Zone der Aguasalada-Tone von Ost-Falcón (Venezuela) entspricht (Lit. 24, p. 76) und welche ich auch von Trinidad und Cuba kenne. Während diese Faunen dem Oberoligocaen zuzurechnen sind, fand ich auch ein bis zwei Proben mit mitteloligocaenen Anklängen. Über die Beziehungen zu älteren Formationen sind wir nur schlecht unterrichtet, da die Basis der Globigerinenmergel in den Wasserschächten nirgends aufgeschlossen ist. In einer Versuchsbohrung scheinen die oberoligocaenen Globigerinenmergel direkt auf den obereocaenen Radiolarienschichten zu lagern, doch liegen leider aus einem Stück von 10 m, in dem sich der Kontakt befindet, keine Bohrkerne vor. Südlich des Ragged Point scheinen die oberoligocaenen Globigerinenmergel direkt auf die Sandsteine der Scotland-Formation überzugreifen. Dies wird durch den Umstand angedeutet, dass die in einem Wasserschacht den quartären Korallenkalk unterlagernden Globigerinen-

[13]) Im Gegensatz zur Oceanic Formation, wo er vollständig fehlt.

mergel reich sind an groben Quarzkörnern, wie sie in den wenig nördlich unter dem Korallenkalk ausstreichenden grobkörnigen Sandsteinen vorkommen. Man dürfte also nicht fehlgehen, an der Basis der oberoligocaenen Globigerinenmergel eine Diskordanz, oder zum mindesten einen Sedimentationsunterbruch mit Erosion anzunehmen.

E. DIE BISSEX HILL-FORMATION.

Der einzige Oberflächenaufschluss dieser Formation befindet sich auf dem Gipfel des Bissex Hill, wo sie als nur 20 m mächtiges Erosionsrelikt diskordant auf Oceanic Sedimenten liegt, im Süden auf Radiolarienerde, im Norden auf Bath Schichten. Die Oceanic Schichten der Bissex Hill-Synklinale sind stark gestört und sind gegen Osten in drei Keilen tief in die Scotland Schichten eingefaltet. Dies beweist, dass vor der Ablagerung der Bissex Hill-Formation eine kräftige Gebirgsbildung stattgefunden hat, infolge deren die Barbados Region aus dem Meere gehoben wurde. Das Vorkommen häufiger Gerölle von Oceanic Gesteinen und von selteneren Scotland-Sanden in der basalen Bissex Hill-Formation lässt darauf schliessen, dass während dieser terrestrischen Episode die Erosion z. T. die ganze Oceanic Formation abgetragen und bis auf die Scotland Formation hinabgeschnitten hatte.

Das Hauptsediment der Bissex Hill-Formation bildet ein zerreibbarer gelblichbrauner, grobkörniger und granulöser Globigerinenmergel, zuweilen konglomeratisch mit nuss- bis faustgrossen Oceanic-Geröllen und haselnussgrossen Scotland-Geröllen. An der Basis finden sich in den Globigerinenmergeln linsige und in Blöcke aufgelöste, feinkörnige, leicht glaukonitische Algen-Globigerinenkalke mit seltenen Amphisteginen, Einzelkorallen und Haifischzähnen und mit Oceanic- und Scotland-Geröllen. Etwas höher im Profil bestehen die den Globigerinenmergeln zwischengelagerten harten Bänke aus reinen Globigerinenkalken.

Der Mineral- und Fossilinhalt der Globigerinenmergel zeigt folgende Zusammensetzung:

Glaukonit (spärlich)
Klastischer Quarz (ziemlich häufig)
Feldspath-Kristalle und Splitter vulkanischen Glases (selten)
Bipyramidale Quarzkristalle (sehr selten)
Globigerinen (massenhaft, gesteinsbildend)
Benthonische Foraminiferen (sehr häufig, artenreiche Fauna)
Einzelkorallen (selten)
Crinoiden-Stielglieder (häufig im unteren Teil)
Echinoiden (grobe Stacheln und Schalenfragmente häufig im unteren Teil, ganze Exemplare von *Archaeopneustes abruptus* GREGORY und *Echinolampas anguillae* COTTEAU sehr selten)
Bryozoen (sehr selten)
Brachiopoden (sehr selten)
Mollusken-Schalenreste (sehr selten: *Chlamys*, *Chama*, *Anomia*, *Scalaria*, *ehrenbergi* FORBES, Pteropoden ?)
Ostracoden (selten)
Krebsscheren (ziemlich gemein)
Haifischzähne (häufig) und sehr seltene Otolithen.

Beim basalen Teil der Bissex Hill-Formation handelt es sich bestimmt um einen Flachwasserabsatz, während das Abgelöstwerden der basalen Algenkalkbänke gegen oben durch reine Globigerinenkalkbänke auf eine Wasservertiefung

hindeutet. Einen Schluss auf die besonderen Ablagerungsbedingungen erlaubt die eigentümlich körnige Struktur der Globigerinenmergel der Bissex Hill-Formation. Dies springt sofort in die Augen, wenn wir dieses Gestein mit einem Globigerinenmergel der Codrington College Schichten vergleichen: Beim letzteren sind die Globigerinen in feinstes Tonsediment eingebettet, wodurch ein harter Mergel entsteht, während beim Bissex Hill-Mergel die Globigerinenschalen lose aneinander gekettet sind, ohne nennenswerte Einlagerung von feinem Schlemm-Material, weshalb dieses Gestein sehr weich und mit den Fingern ohne weiteres zerreibbar ist. Solche körnige, tonarme Globigerinen-Sedimente wurden neuerdings von BRADLEY (Lit. 2a) vom nordatlantischen Rücken zwischen Neufundland und Irland beschrieben, und schon CORRENS hatte darauf hingewiesen, dass auf untermeerischen Rücken infolge der dort herrschenden Strömungen die feine mineralische Trübe nicht absitzen kann, während die gröberen und schwereren Kalkschalen der Globigerinen liegenbleiben und deshalb Anlass geben zur Bildung von besonders grobkörnigem und kalkreichem Globigerinenschlamm (Lit. 4, p. 197, 213, 298). Wir sind also wohl berechtigt, die Bissex Hill-Formation, deren Kalkgehalt durchschnittlich 70% beträgt, als typisches Rückensediment anzusprechen. In dieses Ablagerungsmilieu passt auch die zuweilen brecciöse Struktur der gebänderten, feinkörnigen Kalke mit Globigerinenlagen, die sich in einer grossen Bergsturzmasse nördlich des Bissex Hill finden und die wohl dem höheren Teil der Bissex Hill-Formation entstammen dürften.

Die reiche Foraminiferen-Fauna erlaubt eine Parallelisierung mit der A_3—A_4-Zone oder der A_3-Zone der Aguasaladatone von Ost-Falcón (Venezuela, Lit. 24), womit die Bissex Hill-Formation ins oberste Oligocaen (im Sinne des europäischen Aquitanien) oder — weniger wahrscheinlich — ins Unter-Miocaen zu verweisen wäre. Die von Dr. H. H. RENZ in Trinidad mir gegenüber brieflich geäusserte Ansicht, dass die Bissex Hill-Formation und die im vorigen Abschnitt beschriebenen „Oberoligocaenen Globigerinenmergel" gleichaltrig seien und der beträchtliche Faunenunterschied nur durch eine verschiedene Ablagerungstiefe bedingt sei, muss fallen gelassen werden, seit es mir gelang, im unterirdischen Flusslauf zwischen Everton und Bomanston die beiden Formationen in typischer Ausbildung und Fossilführung anzutreffen, wobei die beiden Aufschlüsse nur 250 m voneinander entfernt sind. Dass auf so kurze Distanz in gleichaltrigen Schichten ein so markanter Faunenwechsel auftreten sollte, scheint dem Verfasser, der eine grosse praktische Erfahrung mit Foraminiferen hat, ganz ausgeschlossen. Ich betrachte daher die „Oberoligocaenen Globigerinenmergel" als Ober-Oligocaen im Sinne des europäischen Chattien, die Bissex Hill-Formation als oberstes Oligocaen im Sinne des Aquitanien und vermute, dass beide Formationen durch eine Diskordanz getrennt sind.

F. DIE „CORALROCK" FORMATION.

Der quartäre „Coralrock", der ungefähr $^6/_7$ der Oberfläche von Barbados bedeckt, ist die Ablagerung eines einzigen schildförmigen Riffes und erreicht eine Mächtigkeit von 90 Metern. Er liegt diskordant auf allen älteren Formationen, z. T. direkt auf der Scotland Formation, wodurch bewiesen ist, dass vor seiner Ablagerung beträchtliche Gebirgsbildung und Erosion stattgefunden hat. In den vom Verfasser untersuchten nahezu 100 Wasserschächten findet sich unter dem Kalk meist eine deutliche Verwitterungszone und in einem Fall konnte sogar eine Humusbildung nachgewiesen werden. In Anlehnung an das präexistierende Relief finden sich an der Basis des Korallenkalkes zuweilen grobe Conglomerate mit Blöcken von Scotland-Sandsteinen. Es besteht also kein Zweifel, dass der Korallen-

kalk über einer vorher existierenden und dann sinkenden Landoberfläche abgelagert wurde, während früher die Ansicht bestand, dass der Korallenkalk gebildet wurde, als der ozeanische Boden[14]) durch allmähliche Hebung in den Bereich der Riffbildung gelangte (Lit. 11). Die mikroskopische Untersuchung zahlreicher Proben aus den basalen Korallenkalkschichten hat ergeben, dass die tiefsten Lagen reich an pelagischen Foraminiferen (Globigerinen und Globorotalien) sind, während nach oben bald die benthonischen Amphisteginen sich einstellen und gesteinsbildend werden. Meist bilden diese Amphisteginen-Kalke und -Mergel, die 10, maximal 20 m mächtig werden, die Basis des Korallenkalkes, aber auf Rücken der früheren Landoberfläche kann manchmal der stratigraphisch höhere korallenführende Riffkalk direkt der Unterlage aufsitzen. Der die basalen Amphisteginenkalke überlagernde eigentliche Korallenkalk ist ein mit oft riesigen Korallenstöcken durchsetzter harter Algenkalk (gewachsener Riff-Felsen), während weichere Abarten durch Verfestigung von Korallensand entstanden sind (Lit. 26). Das quartäre Alter des „Coralrock" steht ausser Zweifel, da seine reiche Fauna von Korallen und Mollusken, deren Schalen oft noch die ursprüngliche Färbung erkennen lassen, mit der jetzt lebenden vollständig übereinstimmt. Nach seiner Ablagerung wurde der Korallenkalk aus dem Meere aufgefaltet, aber diese Auffaltung vollzog sich in verschiedenen Phasen, indem zuerst der zentrale Hauptteil der Insel sich kuppelartig aus dem Meere herauswölbte, während der südliche Inselteil erst später als E-W streichende Antiklinale aus den Fluten auftauchte und dem ältern Hauptteil angelagert wurde. Der quartäre Korallenkalk von Barbados wurde also nicht nur aus dem Meere gehoben, sondern ist richtiggehend gefaltet und zerbrochen mit Antiklinalen und Synklinalen, Quer- und Längsbrüchen (Lit. 27). Die stark ausgeprägten Terrassen und langgestreckten felsigen Steilstufen verdanken ihre Entstehung zum grössten Teil der marinen Abrasion.

III. **Die geologische Geschichte des Barbados-Rückens.**

Wir haben bei der Besprechung der verschiedenen Formationen, die in Barbados zutage treten, erkannt, dass alle durch Diskordanzen voneinander getrennt sind und dass die Barbados-Region mehrmals über das Meeresniveau aufgefaltet und die vorher gebildeten Sedimente wieder weitgehend abgetragen wurden. Auch gelang uns der Nachweis, dass die Bissex Hill-Formation über einem untermeerischen Rücken abgelagert wurde. Wir sind daher wohl berechtigt zu schliessen, dass diese wiederholten gebirgsbildenden Vorgänge als vorläufiges Endprodukt den heutigen Barbados-Rücken erzeugt haben. Doch verfolgen wir seine Geschichte noch etwas genauer:

Wir haben oben (p. 204) gesehen, dass gebirgsbildende Vorgänge den Ausbruch der Joes River Schlammvulkanergüsse eingeleitet haben und wir dürfen uns daher wohl fragen, ob der in die obere Oceanic Formation, zwischen Bath- und Codrington College Schichten, eingelagerte Schlammvulkanstrom auch orogenetischen Einflüssen seine Entstehung verdankt. In den liegenden Bath-Schichten haben wir das allmähliche Wiedereinsetzen der Globigerinen und die stetige Zunahme des Kalkgehaltes konstatiert, welche beide auf eine Hebung des Meeresbodens hindeuten. Darauf folgt die Schlammvulkanlage, die unmittelbar von den reinen Globigerinenmergeln der Codrington College Schichten überlagert wird, was eine weitere,

[14]) Damals wurde auch die Oceanic Formation, in welche der Bissex Hill Mergel eingeschlossen wurde, ins Pliocaen gestellt.

vielleicht noch ausgeprägtere Aufwärtsbewegung des Meeresbodens wahrscheinlich macht.

Diese Verhältnisse können wohl ohne Zwang so gedeutet werden, dass unter dem Einfluss orogenetischer Kräfte aus dem früheren Tiefseegraben, in welchem während des Obereocaens kalkarme Radiolarien-Sedimente zur Ablagerung kamen, ein untermeerischer Rücken sich aufzuwölben begann, der mit dem Beginn des Unteroligocaens schon so weit aufragte, dass auf ihm die Kalkauflösung nicht mehr in Erscheinung trat. Immerhin scheint dieser Rücken noch nicht so stark ausgeprägt gewesen zu sein, dass auf ihm die feine Trübe sich nicht mehr hätte absetzen können (starker Tongehalt des Codrington College Mergels). Andererseits könnte vielleicht das Aussetzen der vulkanischen Aschenlagen in den Oberen Bath- und Codrington College Schichten — bei weiter bestehendem Vorkommen isolierter Aschenpartikel — so gedeutet werden, dass die Wasserbewegung über dem Rücken den Absatz kontinuierlicher Aschenlagen verhinderte.

An der Grenze von Unter- und Mitteloligocaen, wo auch in Venezuela und auf den Grossen Antillen orogenetische Bewegungen registriert worden sind, wurde der Barbados-Rücken zum erstenmal über das Meeresniveau herausgehoben und während der folgenden Festlandsepisode fiel ein Teil der Oceanic Sedimente der Erosion zum Opfer. Im Oberoligocaen wurde der Barbados-Rücken wieder überflutet und auf ihm wurden in geringerer Tiefe mächtige Globigerinenmergel abgesetzt, die in Korngrösse und Tongehalt eine Mittelstellung einnehmen zwischen dem tonreichen Codrington College-Mergel und dem grobkörnigen, kalkreichen und tonarmen Bissex Hill-Mergel. Abermalige kräftige Gebirgsbildung führte im Oberoligocaen zu einer zweiten Emersion des Barbados-Rückens, gefolgt von weitgehender Abtragung. Noch vor Ende des Oligocaens aber wurde der Rücken von neuem vom Meere bedeckt und es kamen auf ihm bei geringer Wassertiefe die tonarmen, kalkreichen und grobkörnigen Globigerinenmergel der Bissex Hill-Formation zum Absatz. Wie lange diese Meeresbedeckung dauerte, wissen wir nicht, da miocaene und pliocaene Ablagerungen in Barbados vollständig fehlen. Aus Analogie mit Venezuela und Trinidad dürfen wir aber wohl annehmen, dass auch in Barbados miocaene Sedimente als obere Fortsetzung der Bissex Hill-Formation zum Absatz kamen. Diese dürften wohl während einer langen Festlandsperiode im Ober-Miocaen und -Pliocaen, während welcher Zeit in Nord-Venezuela die Hauptphasen der Gebirgsbildung erfolgten, vollständig erodiert worden sein. Zum mindesten während des Pliocaens dürfte ein beträchtlicher, die heutige Ausdehnung der Insel bei weitem übertreffender Teil des Barbados-Rückens über dem Meere gelegen haben und der Erosion preisgegeben worden sein. Erst im Quartär sank der Rücken wieder unter das Meeresniveau und es bildete sich auf ihm in der Gegend von Barbados ein schildförmiges Korallenriff, das in jüngster Zeit in mehreren Phasen zur jetzigen Insel Barbados aufgefaltet wurde. Rund um die Insel geht auch heute die Riffbildung weiter, während im Norden, über dem tieferen Teil des Rückens „lightbrown, slightly coherent Globigerina Ooze" in Tiefen von 2660 bis 3548 m abgesetzt wird (Lit. 16, Proben Nr. 759,760, 761,762, siehe Fig. 1).

Wie Fig. 1 zeigt, ist das orographische Hauptstreichen des Barbados-Rückens Nord-Süd. Die mit der Auffaltung dieses Rückens in Barbados verbundenen Detailstrukturen verlaufen aber keineswegs in dieser Richtung, sondern streichen N 40—80 E, so namentlich die Oceanic Keile östlich Bissex Hill und diejenigen des Mount All River und von Turnershall; und die jüngste Struktur in Barbados, die jung-quartäre Christchurch-Antiklinale läuft fast genau E—W. In diesen Streichrichtungen scheint sich die alte „Caribische Geantiklinale" aus

der Eocaenzeit noch geltend zu machen, die also immer noch aktiv ist, obschon sie nicht mehr über das Meeresniveau hervorragt. Ausserdem dürften diese versenkten, im Süden von Barbados durchziehenden Rücken (Tobago- und Trinidad-Rücken), auch als Sedimentfänger gewirkt haben, indem sie vom Beginn des Obereocaens an alles, vom südamerikanischen Kontinent herstammende klastische Material zurückgehalten haben, so dass im Raum von Barbados nur noch feines Schlemm-Material zum Absatz kommen konnte.

IV. **Die Entstehung des vulkanischen Antillenbogens.**

Das fast vollständige Fehlen vulkanischer Asche in der Scotland Formation von Barbados, deren häufiges Auftreten in der Oceanic Formation — von deren Basis an — und in allen jüngeren Formationen inklusive „Coralrock", lehrt uns, dass in der Umgebung von Barbados, vom oberen Mitteleocaen an, ein vorher nicht existierender Oberflächenvulkanismus in Erscheinung trat und wir dürften wohl nicht fehlgehen in der Annahme, dass die Eruptionsschlote da lagen, wo sie heute liegen: im vulkanischen Bogen der Kleinen Antillen. Wir dürfen uns ausserdem fragen, ob die gebirgsbildenden Kräfte, welche in Barbados im Mitteleocaen die mächtigen Schlammausbrüche verursacht haben, auch verantwortlich sind für den Beginn der Eruptionen in den Kleinen Antillen. Die Geologie dieser Inseln, deren stratigraphisch wichtigste der Schreiber 1939 besucht hat, scheint diese Ansichten zu bestätigen: Das Tertiär der Kleinen Antillen besteht aus einer mächtigen Folge geschichteter, vulkanischer Tuffe und Konglomerate, die z. T. selbst fossilführend sind, z. T. fossilführende Kalkriffe einschliessen, die eine Altersbestimmung erlauben. Folgende Horizonte sind bis jetzt palaeontologisch nachgewiesen worden: Oberstes Mittel-Eocaen (Untere Kalke) in St. Barthélémy; Ober-Eocaen (? Obere Kalke) in St. Barthélémy; Unter-Oligocaen in Antigua; Mittel-Oligocaen in Antigua, Martinique und Carriacou; Ober-Oligocaen in Antigua (?), Martinique und Carriacou; Oberstes Oligocaen in Anguilla; Unter-Miocaen in Carriacou und Guadeloupe (?); Mittel-Miocaen in Martinique. Der älteste Horizont, die Unteren Kalke von St. Barthélémy mit *Lepidocyclina antillea* CUSHMAN gehören einem Niveau an, das in Texas und Florida ins oberste Mittel-Eocaen gestellt wird und das ein zeitliches Equivalent ist der Unteren Mount Hillaby Schichten. von Barbados mit *Globorotalia crassata* CUSHMAN. Die St. Barthélémy Formation, die aus einer Wechsellagerung vulkanischer Tuffe und Konglomerate mit Einschaltung mehrerer Riffkalklagen besteht, ist diskordant an einen Rücken plutonischer Gesteine angelagert, was wohl so interpretiert werden darf, dass auch hier orogenetische Vorgänge die vulkanischen Eruptionen eingeleitet haben, wie sie in Barbados den Anstoss gaben zum Ausbruch der Schlammströme.

Wir dürfen also wohl schliessen, dass die Anlage des vulkanischen Antillenbogens im obersten Mittel-Eocaen unter dem Einfluss gebirgsbildender Kräfte erfolgt ist. Dieser vulkanische Bogen bildete sich am Innenrand eines ältern plutonischen Bogens, der aber zur älteren Eocaenzeit nur als untermeerischer Rücken ausgeprägt war. Da er in den Sedimenten von Barbados keine Spuren hinterlassen hat, gehört seine Besprechung nicht in diese Arbeit (siehe Lit. 25).

V. **Zusammenfassung der Resultate.**

In Beantwortung der Frage, die wir uns am Anfange dieser Arbeit gestellt haben, nämlich, ob die geologischen Beobachtungen auf Barbados Anhaltspunkte

liefern für eine Deutung der diese Insel umgebenden marinen Grossformen, können wir zusammenfassend folgendes aussagen:

1. Die im Südosten von Barbados durchziehenden untermeerischen Rücken, die ich als „Tobago- und Trinidad-Rücken" bezeichnet habe, scheinen Überreste der Caribischen Geantiklinale zu sein, die an der Kreide-Tertiärgrenze aus dem Meere aufgefaltet wurde und auch die Inseln Tobago und Margarita, die Nordkette von Trinidad und das Venezuelanische Küstengebirge umfasste. Vom Paleocaen bis zum unteren Mittel-Eocaen ragte diese Geantiklinale im Südosten von Barbados als steile Cordillere aus dem Meere, empor, und ihr Abtrag lieferte das klastische Material für die Scotland Formation von Barbados, welche als Vortiefensediment angesprochen wird. Vom obersten Mittel-Eocaen an scheinen der Tobago- und Trinidad-Rücken unter den Meeresspiegel gesunken zu sein, wirkten aber in der Folgezeit als Sedimentfänger, indem sie verhinderten, dass klastisches Material vom südamerikanischen Kontinent her in den Sedimentationsraum von Barbados gelangen konnte. Das Vorhandensein in Barbados bis ins Quartär hinauf von Strukturrichtungen, die dem Trinidad- und Tobago-Rücken ungefähr parallel laufen, scheint andererseits anzudeuten, dass diese Rücken orogenetisch noch immer aktiv sind.
2. Im Ober-Eocaen scheint die Gegend von Barbados infolge äusserst rascher Einmuldung in den Bereich der südöstlichen Fortsetzung des Puertorico-Grabens gelangt zu sein, wo bei fast vollständiger Kalkauflösung in Tiefen von 5000—6000 Metern kieselige Radiolarienschichten abgelagert wurden.
3. Gegen Ende des Ober-Eocaens begann sich — unter dem Einfluss gebirgsbildender Kräfte — aus dem Tiefseegraben ein untermeerischer Rücken herauszuwölben, was einen allmählichen Wechsel von reinem Radiolarien- zu reinem Globigerinen-Sediment bewirkte und auch die Schlammvulkantätigkeit reaktivierte. Während der Mitteloligocaen-, einem Teil der Oberoligocaen- und der Pliocaenzeit wurde der Barbados-Rücken dreimal aus dem Meere aufgefaltet und erlitt während der darauffolgenden terrestrischen Episoden starken Abtrag. Während der zwischengeschalteten Überflutungszeiten wurden über dem Barbados-Rücken mächtige Globigerinenmergel abgelagert, die sich besonders im Falle der grobkörnigen, tonarmen und kalkreichen Bissex Hill-Mergel als typische Rückensedimente erweisen. Während im Altquartär und der Jetztzeit das Gebiet von Barbados durch Riff-Bildung charakterisiert wird, findet nördlich der Insel über dem Barbados-Rücken der Absatz von Globigerinenschlamm seine Fortsetzung. Der Barbados-Rücken scheint also aus einem früheren Tiefseegraben in mehreren Phasen aufgefaltet worden zu sein und erweist sich somit als Tiefenfalte.
4. Wie die Beobachtungen sowohl in Barbados, als auch auf den Inseln des Antillenbogens übereinstimmend ergeben, begannen die noch heute andauernden Eruptionen auf dem Vulkanischen Antillenbogen im obersten Mittel-Eocaen und scheinen durch dieselben orogenetischen Kräfte ausgelöst worden zu sein, welche auch die Schlammvulkantätigkeit in Barbados einleiteten.

Literaturverzeichnis.

1. Andrée, K. „Geologie des Meeresbodens", Bd. II Gebr. Bornträger, Leipzig, 1920.
2a. Bradley W. H. & others. „Geology and Biology of North Atlantic deep-sea cores between Newfoundland and Ireland." U.S.A. Geol. Survey, Prof. Paper No. 196a, 1940—41.

2b. CIZANCOURT MME. M. DE, Nummulites de l'île de la Barbade (Petites Antilles) Mém. Soc. Géol. France, tome 27, fasc. 1, Mémoire N⁰ 57, 1948.
3. Coloured bathymetrical Chart N⁰ 5487, in: Publication scientifique N⁰ 8 de l'Association d'Océanographie Physique (Union géodésique et géophysique Internationale) 1940.
4. CORRENS, C. W., „Die Sedimente des äquatorialen Atlantischen Oceans" Wissenschaftliche Ergebnisse „Meteor" Bd. III Teil 3, 2. Lieferung, 1937.
5. CUSHMAN, J. A. & STAINFORTH, R. M., „The Foraminifera of the Cipero Marl Formation of Trinidad, British West Indies" Cushman Laboratory, Special Publication N⁰ 14, 1945.
6. HAECKEL, E., „Report on the Radiolaria collected by H.M.S. Challenger" Challenger Reports, Zool. vol. 18, 1887.
7. HAECKER, V., „Tiefsee-Radiolarien". Wissenschaftl. Ergebnisse d. Deutschen Tiefsee-Expedition „Valdivia" Bd. 14, 1908.
8. HEDBERG, H. D. & PYRE, A., „Stratigraphy of Northeastern Anzoategui, Venezuela". Bull. Americ. Ass. Petrol. Geol. vol. 28, N⁰ 1, 1944.
9. HESS, H. H., „Gravity Anomalies and Island Arc Structure with Particular Reference to the West Indies". Proc. American Phil. Soc. vol. 79, 1938.
10. HOLMES, A., „Principles of Physical Geology" Thomas Nelson and Sons Ltd. London, 1945.
11. JUKES-BROWNE, A. J. & HARRISON, J. B., „The Geology of Barbados" part II: The Oceanic Deposits. Quart. Journ. Geol. Soc. London vol. 48, 1892.
12. KUGLER, H. G., „The Eocene of the Soldado Rock near Trinidad". Boletín de Geologia y Minera de Venezuela, vol. II, 1938.
13. KUGLER, H. G., „Geological Conference in Trinidad", Notes on the Excursions, Port of Spain, 1939.
14. MEYER, K., „Die geographische Verbreitung der tripyleen Radiolarien des südatlantischen Oceans". Erg. d. Deutschen Atlant. Expedition „Meteor" Bd. XII, 2. Lieferung, 1933.
15. MURRAY, J. & RENARD, A. F., „Deep-sea deposits". Report on the scientific results of the voyage of H.M.S. „Challenger", 1891.
16. MURRAY, J. & CHUMLEY, J., „The deep-sea deposits of the Atlantic Ocean". Trans. Royal Soc. Edinburgh vol. 54, part. 1, 1924.
17. NEEB, G. A., „The composition and distribution of the samples". The Snellius Expedition vol. V, part 3, section II, 1943.
18. RADCZEWSKI, O. E., „Eolian deposits in marine sediments", in: „Recent Marine Sediments" published by the American Association of Petroleum Geologists, 1939.
19. RUTTEN, L., „On Rocks from the Caribbean Coast Range (Northern Venezuela) between Puerto Cabello-La Cumbre and between La Guaira-Caracas". Proceed. Kon. Ak. v. Wetensch. te Amsterdam vol. 34, N⁰ 7, 1931.
20. RUTTEN, L., „On the geology of Margarita, Cubagua and Coche" (Venezuela). Proceedings Nederl. Akad. Wetensch. vol. 43, N⁰ 7, p. 828—841, 1940.
21. SCHOMBURGK, R. H., „The microscopic siliceous Polycystinae of Barbados". Ann. Mag. Nat. Hist. vol. 20, 1847.
22. SCHOTT, W., „Rate of sedimentation of recent deep-sea sediments, in: „Recent Marine Sediments" published by Americ. Ass. Petrol. Geol., p. 409—415, 1939.
23. SENN, A., „Beiträge zur Geologie des Alpensüdrandes zwischen Mendrisio und Varese". Eclogae geol. helv. vol. 18, Nr. 4, 1924.
24. SENN, A., „Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden mit spezieller Berücksichtigung ihres Vorkommens in Nord-Venezuela und Nord-Marokko". Eclogae geol. helv. vol. 28, Nr. 1, 1935.
25. SENN, A., „Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region". Bull. Americ. Ass. Petrol. Geol. vol. 24, N⁰ 9, 1940.
26. SENN, A., „Inventory of the Barbados Rocks and their possible utilization". Bull. Department of Science & Agriculture Barbados, New Series N⁰ 1, 1944.
27. SENN, A., „Geological investigations of the ground-water resources of Barbados B.W.I. Advocate Co. Ltd. Barbados, 1946.
28. THORP, E. M., „Descriptions of deep-sea bottom samples from the western North Atlantic and the Caribbean sea". Bull. Scripps Inst. of Oceanography, Technical series, vol. III, N⁰ 1, 1931.

29. TRECHMAN, C. T., „Fossils from the Northern Range of Trinidad". Geol. Magazine vol. 72, 1935.
30. VAUGHAN, TH. W., „American paleocene and eocene Larger Foraminifera". Geol. Soc. America, Memoir 9, 1945.
31. WATTENBERG, H., „Kalziumkarbonat- und Kohlensäuregehalt des Meerwassers". Wissenschaftliche Ergebnisse „Meteor", Bd. VIII, 1933.
32. WELLS, J. W., „West Indian eocene and miocene Corals". Geol. Soc. America, Memoir 9, 1945.
33. WÜST, G., „Das Bodenwasser und die Gliederung der Atlantischen Tiefsee". Wissenschaftl. Ergebnisse „Meteor" Bd. VI, 1. Teil, 1. Lieferg., 1933.

Manuskript erhalten am 16. September 1947.