

Geology. — *Über den Antillenbogen.* By L. RUTTEN.

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

Es braucht nicht auseinandergesetzt zu werden, dass während vielen Jahren eine, in Europa kaum bestrittene Auffassung bestanden hat, nach welcher die Kordilleren des nördlichen Zentral-Amerikas mit einigen Virgationen einbiegen in die Ketten der Grossen Antillen, welche bei den Virginischen Inseln umbiegen in die Kleinen Antillen und sich über Trinidad zum venezolanischen Küstengebirge fortsetzen, das wieder in die Anden Süd-Amerikas einlenkt. Diese Auffassung, die man schon bei L. VON BUCH (1825) angedeutet findet und die zuerst wohl von K. VON SEEBACH (1873) klar ausgesprochen wurde, ist hauptsächlich bekannt geworden durch ED. SUESS (1885). Wie gesagt, haben früher die meisten europäischen Autoren, die sich mit diesen Regionen befassten, sich der SUESS'schen Auffassung angeschlossen. In Amerika ist sie zwar auch von einigen Autoren — z.B. von W. HOBBS (1925) — übernommen, von vielen anderen Geologen aber kaum beachtet, während ein amerikanischer Geologe, der lange Zeit als hohe Autorität in westindischer Geologie galt, nämlich R. T. HILL (1905), sie bestritten hat. HILL will nicht anerkennen, dass die Kleinen Antillen eine organische Verbindung zwischen Grossen Antillen und Trinidad darstellen; er spricht ihnen jegliche „Kontinentalität“ ab, und betrachtet Nord-Amerika mit den Grossen Antillen einerseits, und Süd-Amerika andererseits als vollständig getrennte Welten:

„he wil endeavor to show... that the Caribees proper are neither continental nor orogenic but merely ocean-born volcanoes... and that they have never connected with North America or the Greater Antilles“ (S. 259). „Proofs of great rock folds postulated by MILNE and ANDERSON... are absolutely lacking“ (S. 275).

Es würde keinen Sinn haben, eine dreissig Jahre alte, und in Europa kaum bekannte Auffassung hervorzuziehen und zu diskutieren, wenn nicht in den letzten Jahren auch in Europa von verschiedener Seite ähnliche Stimmen laut geworden wären. Vor sechs Jahren hat J. W. GREGORY (1929) in einem inhaltreichen Präsidenten-Vortrag der Londoner geologischen Gesellschaft die Existenz einer Verbindung Karibisches Küstengebirge-Atlas und Grosse Antillen-Pyrenäen verteidigt. Bei seinen Betrachtungen könnte man noch von zufälligen Behauptungen sprechen, was aber nicht möglich ist angesichts des sehr heftigen Anfalles, den die SUESS'sche Auffassung durch R. STAUB (1928) erlitten hat. Letzterer leugnet in schroffster Weise die geologische Verbindung Grosse Antillen-Trinidad; er lässt — genau wie HILL und GREGORY — die Grossen

Antillen und das Karibische Küstengebirge in den Atlantischen Ozean hinausstreichen und nach Europa hinstreben; er betrachtet wie HILL die Kleinen Antillen als eine, einer Querspalte aufsitzende Vulkanlinie. Zur gleichen Zeit zieht er zwischen den kolumbianischen Anden und den Grossen Antillen ganz neue Verbindungen, wodurch das Karibische Meer zu einem kettenumschlungenen Zwischengebirge wird. Er betrachtet diese Konstruktionen für die Auffassung der ganzen Welttektonik von prinzipieller Bedeutung.

Es liegt also hier von einer sehr achtungswerter Seite ein scharfer Anfall auf die SUESS'sche Auffassung vor, der sich allerdings zwei andere „Grosstektoniker“, L. KOBER (1932) und H. STILLE (1934) nicht angeschlossen haben: sie zeichnen nach wie vor die Verbindung zwischen den Americas über den Antillen.

Bei der gegebenen Sachlage wird man eine erneute Diskussion über die Realität des Antillenbogens berechtigt finden. Es wird versucht werden zu zeigen, dass die Beschwerden HILL's und STAUB's gegen die SUESS'sche Konzeption nicht genügend begründet sind, und dass im Gegenteil in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue Tatsachen bekannt geworden sind, die die alte Auffassung unterstützen. Zur gleichen Zeit wird sich zeigen, dass die neuen Verbindungen, die STAUB im westlichen Karibischen Gebiet gezeichnet hat, vorläufig der Begründung entbehren. Auf der Karte in Fig. 1 sind die antillischen Strukturlinien nach verschiedenen Autoren eingezeichnet: man sieht, wie weit die verschiedenen Auffassungen auseinander liegen.

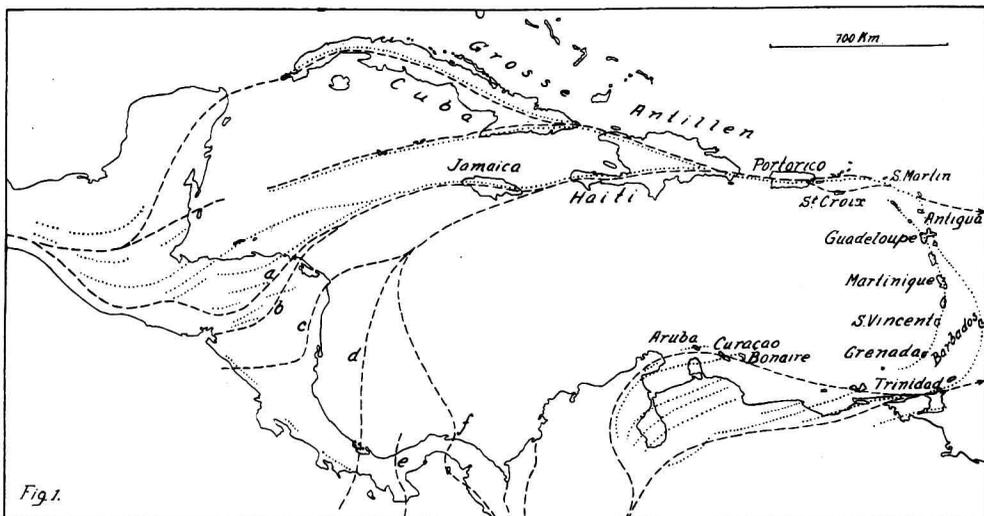


Fig. 1. — — — Strukturlinien nach R. STAUB.
 Strukturlinien nach W. SIEVERS, K. SAPPER und ED. SUESS.

Sowohl HILL wie STAUB haben den Grossen Antillen die Kleinen Antillen als etwas Fremdartiges gegenübergestellt. Wir zitierten oben schon HILL; STAUB drückt sich nicht weniger entschieden aus:

„Der wichtige Sektor der Kleinen Antillen, also etwa die Strecke zwischen Santa Cruz und Grenada kann ebensowohl eine schwach gekrümmte vulkanische Querspalte zwischen ganz normal, mediterranstreichenden Kettenfragmenten sein“ (l.c. S. 103—104).

Wenn wir uns nun zunächst auf die Inseln der eigentlichen Vulkanreihe beschränken, so finden wir dort auf wenigstens drei Inseln neben den jungen Vulkankörpern eine mehr oder weniger stark gefaltete, mittel-tertiäre, submarin abgelagerte vulkanische Formation von grosser Mächtigkeit. In Ost und Südost Martinique ist eine, wenigstens 1500 m. mächtige Tuffformation aufgeschlossen, der Lepidocyclinenkalksteine und Mollusken-reiche Schichten eingelagert sind. Die Ablagerungen sind deutlich zu flachen, aber breitwelligen Antiklinalen aufgefaltet (L. BARRABÉ, 1928). Die Tatsache, dass man in den Bimmsteintuffen der Mtge Pelée Blöcke von, schwach granatisiertem, mitteltertiären Kalkstein gefunden hat, beweist, dass diese alte vulkanischen Schichten auch unter der Mtge Pelée existieren (DUBLANC LABORDE, 1912). Vor kurzem hat E. LEHNER (1935) Vergleichbares von der kleinen Insel Carriacou bei Grenada beschrieben. Es existiert hier eine, wenigstens 1500 m. mächtige, im Allgemeinen monoklinal nach Südost fallende Schichtserie von marinen Tuffen, denen im tiefsten Teil Lepidocyclinen-Kalke, in den höheren Partien Amphisteginen-Kalke und Mollusken-Mergel eingelagert sind. Das mitteltertiäre Schichtpaket wird stellenweise von jüngeren Andesitdurchbrüchen durchschlagen. Auch von Grenada wird gefaltetes ?Tertiär erwähnt (K. W. EARLE, 1924). Allerdings reichen die, von dieser Insel verfügbaren Daten nicht aus, um sich ein deutliches Bild von der gefalteten Formation zu bilden. Das Tatsachenmaterial von Martinique und Carriacou beweist aber genügend:

1. Die Region, in der wir die jungen Vulkane finden, muss im Mittel-tertiär stark geosynklinal eingesunken sein, denn die sehr mächtigen Ablagerungen sind alle neritisch.

2. Im jüngeren Tertiär hat eine deutliche, wenn auch wahrscheinlich nicht sehr starke Faltung stattgefunden.

Denkt man sich die Insel Java etwa 1000 m. gesenkt, dann würden auch dort nur die jungen Vulkane als isolierte Insel sichtbar sein; nur an sehr wenigen Stellen würde man Aufschlüsse von gefaltetem, vulkanogenen Tertiär antreffen. Man darf denn auch sagen, dass die Vulkane der Kleinen Antillen einem Untergrund von gefaltetem Tertiär aufsitzen, und die Mächtigkeit der tertiären Schichten beweist, dass man nicht mit einem unbedeutenden Ablagerungs- und Faltungsraum zu tun hat.

In der, östlich der vulkanischen Kleinen Antillen gelegenen Inselreihe treten an verschiedenen Orten aber noch ältere Ablagerungen zu Tage. Es ist bekannt, dass im ganzen Antillengebiet oberkretazische bis untereozäne, meistens submarin abgelagerte Tuffe, und oberstretazische bis vielleicht untereozäne „pazifische“ Granodiorite und Quarzdiorite eine grosse Rolle spielen. Wir kommen, im anderen Zusammenhang, noch auf diese Gesteine zurück. Für den Augenblick sei darauf hingewiesen, dass

diese Gesteine den äussersten Antillen keineswegs fehlen. Beide Formationen sind von St. Martin (G. A. F. MOLENGRAAFF, 1931) und St. Barts (R. LUDWIG, 1894) bekannt; von Anguilla erwähnt J. SAWKINS (1869) prä-mitteltertiäre Effusiva. Nach neueren Untersuchungen von J. CUSHMANN (1931) kommen in Antigua oberkretazische Foraminiferen vor, sodass ein Teil der basalen, vulkanischen Bildungen dieser Insel (K. W. EARLE, 1922) der Kreide angehören muss. Von der kleinen Insel Désirade bei Guadeloupe hat L. BARRABÉ (1934) Quarzdiorite und Tuffe beschrieben, und selbst aus dem Untergrund der rein vulkanischen Antillen ist das Vorkommen von Quarzdiorit bekannt, den A. LACROIX (1904) als Einschluss in den Auswurfsprodukten der Souffrière von St. Vincent gefunden hat.

Zieht man in Betracht, dass auch von der Grossen-Antillen-Insel Portorico keine älteren Gesteine als die, zum Teil stark metamorphosierten spätesozoischen Tuff- und Tuffitformationen bekannt sind, so wird es klar, dass man die Kleinen Antillen nicht weniger „kontinental“ (HILL) nennen darf als die Grossen Antillen. Diese Aussprache wird noch bestimmter, wenn man beachtet, dass A. LACROIX (1904) aus extrusiven Massen von St. Vincent und Martinique selbst Glimmerschiefer und Gangquarz hat beschreiben können.

Es bestehen also zwischen dem stratigraphischen Aufbau der Kleinen und Grossen Antillen keine prinzipiellen Gegensätze. Mit wenigen Worten sei daraufhingewiesen, dass auch tektonisch keine Gegensätze bestehen. Den schwachen jungtertiären Faltungen im Untergrund der vulkanischen Inseln stehen in den weiter östlich gelegenen Inseln sehr schwache Faltungen (Ost Guadeloupe, L. BARRABÉ, 1934) und Schrägestellungen (Antigua, K. W. EARLE, 1922 und ältere Autoren) zur Seite. Aber auch in den Grossen Antillen ist die jungtertiäre Faltung im Allgemeinen unbedeutend gewesen. Auf St. Croix, das unbestritten zu den Grossen Antillen gehört, sind die oligomiozänen Kalke und Mergel nur „gently dipping“ (H. A. MEYERHOFF, 1926—1927); in Portorico zeigt das Oligomiozän über grosse Distanzen monoklinale Neigung, während es anderorts nur schwach gefaltet ist (H. A. MEYERHOFF, 1933, und ältere Autoren); manche Tertiär-Antiklinalen in Haiti sind nicht komplizierter gebaut als die Falten im Untergrund von Martinique (W. P. WOODRING c.s., 1924), und auch in Cuba (S. TABER, 1934; unveröffentlichte Daten der Utrechter Expedition 1933) sind die jungtertiären Falten stets sehr einfach gebaut.

Unser erstes Resultat ist also: *Weder in stratigraphischer noch in tektonischer Hinsicht besteht ein qualitativer Gegensatz zwischen Grossen und Kleinen Antillen, und es liegt kein einziger Grund vor, die Kleinen Antillen als „nur“ eine Reihe von Vulkanen, die einer gebogenen Querspalte aufsitzen, zu betrachten.* Es ist übrigens nicht gut einzusehen, weshalb auf einer „gebogenen Spalte“ sich Vulkane bilden würden. Ihr Auftreten wird aber sofort verständlich, wenn die „gebogene Spalte“ eine

„gebogene, nach aussen bewegte Kette“ wird: in diesem Falle werden in der Kette Dehnungserscheinungen auftreten müssen, die zur Bildung von Querspalten führen können, welche prädisponierte Stellen für das Auftreten von Vulkanen sein werden.

Bis jetzt ist die, in mancher Hinsicht merkwürdige Insel Barbados der Kleinen Antillen nicht in unsere Betrachtungen einbezogen. Das Tertiär von Barbados gliedert sich wie folgt (C. T. TRECHMANN, 1925, C. A. MATLEY, 1932, und ältere Autoren):

Oceanic Beds, bis 600 m. oder mehr. Jungtertiär, vielleicht z.T. auch Mitteltertiär.

DISKORDANZ.

Joe's River Clay, ?100 m.

DISKORDANZ.

Scotland Series. a. Chalky Mount und Mount All Beds, weniger als 100 m., mit einem fossilführendem Konglomerat an der Basis (Eozän).

b. St. Andrew's Beds, 600 m. oder mehr.

Durch ihren ganzen Aufbau und durch ihre Fazies besitzen die tertiären Ablagerungen von Barbados enge Verwandtschaft mit denjenigen von Trinidad und Venezuela, und sind sie grundverschieden von denjenigen der, in der Umgebung liegenden westindischen Inseln. Folgende Betrachtungen können dieses erhärten.

Auf Barbados kommen, ebenso wie in Trinidad und Nord Venezuela, verschiedene intratertiäre Diskordanzen vor. Von Carriacou und Martinique kennt man keine einzige, von den niederländischen Inseln unter dem Wind nur eine einzige intratertiäre (und zwar postobereozäne) Diskordanz.

Das Tertiär von Barbados ist stark ölhaltig, genau so wie das Tertiär von Trinidad und von Nord Venezuela.

Die Globigerinenmergel und Radiolarienablagerungen der „Oceanic Beds“ von Barbados finden sich in Trinidad wieder (V. ILLING, 1928).

Das klastische Material in den Konglomeraten und Sanden der Scotland Series besteht fast nur aus Quarz, der öfters den Eindruck macht, einen nur geringen Transport erlitten zu haben (C. A. MATLEY, 1932). An schweren Mineralien kommen u.m. vor: Zirkon, Rutil, Turmalin, Cyanit und Staurolith, die auf kristallinische Schiefer als Ursprungsmaterial hinweisen. Während man unter St. Vincent und in allen den kleinen Inseln Nord von Venezuela aus dem Grundgebirge „antillische Quarzdiorite“ kennt (L. RUTTEN, 1931), und von Aruba (J. WESTERMANN, 1932), Curaçao (G. J. H. MOLENGRAAFF, 1929) und Bonaire (P. J. PIJERS, 1933) „antillische, kretazische Tuffe“, und während man in den tertiären Gesteinen der letzten drei Inseln nur klastisches Material der soeben genannten Gesteine findet (unveröffentlichte Daten nach Utrechter Material), hat man im Eozän von Barbados nur Material gefunden, das auf Formationen deutet, wie man sie im Grundgebirge von Trinidad und in dem Karibischen Küstengebirge Venezuela's antrifft.

Das Eozän von Barbados ist stark gefaltet, und gleicht auch darin dem

Tertiär Trinidads, während es von demjenigen der vulkanischen Antillen und von Bonaire—Curaçao—Aruba verschieden ist.

Das Tertiär von Barbados passt also ganz in das Schema derjenigen tertiären Ablagerungen, die in der Kordillere von Nord Venezuela eingefaltet sind, und seine klastischen Bestandteile weisen auf „ältere Kordilleregesteine“ im nahen Untergrund.

Die venezolanische Kordillere verläuft also nicht über Trinidad und dann östlich in den atlantischen Ozean hinaus, sondern biegt deutlich nordöstlich nach Barbados um. Zur gleichen Zeit scheint die Zone mit „antillischen Gesteinen“, die man von Aruba bis Hermanos verfolgen kann, in die Richtung von St. Vincent einzubiegen, und den Untergrund von Barbados nicht zu erreichen.

Wir wollen die Frage stellen, wie im betrachteten Gebiet in grossen Linien die Strukturen streichen. Verschiedene Autoren (G. SAPPER, 1905 b, W. SIEVERS, 1896, W. P. WOODRING, 1926) haben Karten mit Streichrichtungen aus verschiedenen Faltungsperioden von Zentralamerika und West Indien publiziert. Es geht aber aus ihren Daten nicht mit genügender Schärfe hervor, dass, wenigstens im Antillengebiet, die Faltungsrichtungen der verschiedenen Orogenesen sich unter recht grossem Winkel schneiden können. Für eine allgemeine Übersicht sei auf Fig. 2 verwiesen; einige spezielle Fälle mögen hier erwähnt werden. In Portorico schneiden sich die jungkretazischen und jungtertiären Faltenachsen unter Winkeln, die

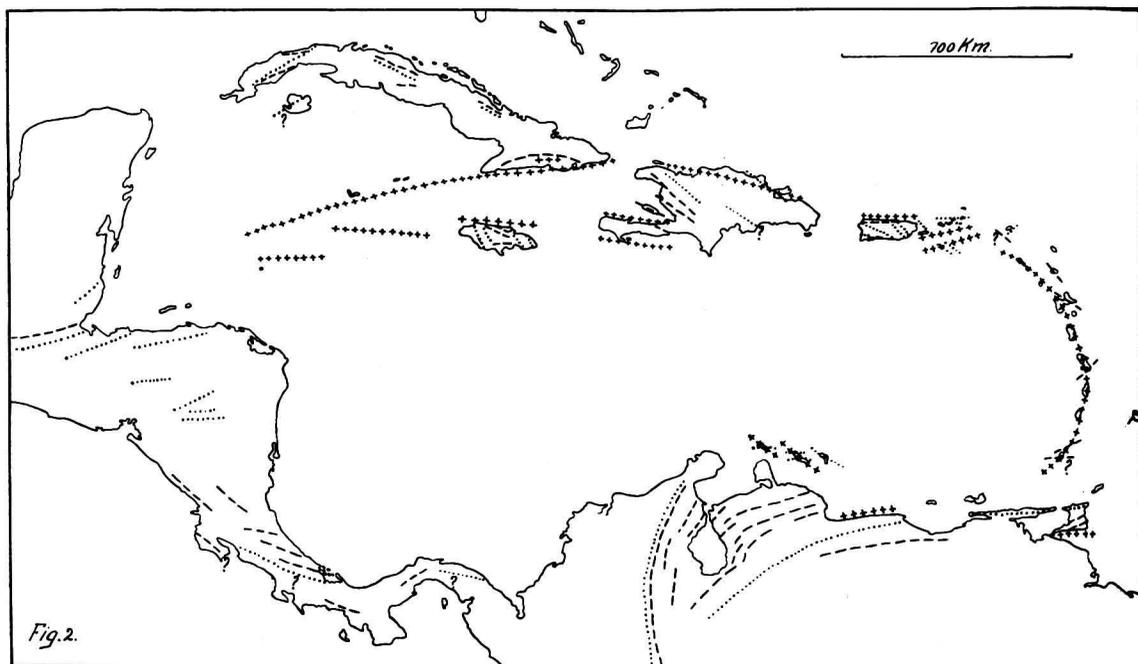


Fig. 2. Eozäne, Oberkretazische und ältere Strukturlinien.
 — — — Jungtertiäre Strukturlinien.
 + + + Jüngste (Quartäre und ?Jungpliozäne) Strukturlinien.

45° überschreiten können (H. A. MEYERHOFF, 1933). Auch in Jamaica schneiden sich die älteren und jüngeren Streichrichtungen in spitzem Winkel (J. SAWKINS, 1869; Geol. Karte mit Fallzeichen!!). Gleiches gilt für Aruba (J. H. WESTERMANN, 1932) und Curaçao (G. J. H. MOLENGRAAFF, 1929), wo die jungkretazischen und quartären Faltenachsen sich unter bedeutenden Winkeln schneiden, und für die älteren und tertiären Achsen in Trinidad (G. A. WARING, 1926). Es scheint, dass in St. Martin die tertiären Fallrichtungen senkrecht zu den jungkretazischen stehen (G. A. F. MOLENGRAAFF, 1931). Nicht nur die jüngsten Faltenachsen (Curaçao, Aruba) sondern auch die ganz jungen Verwerfungslinien (Begrenzung des Bartlett Tiefes, Küsten der Südwesthalbinsel Haitis, Begrenzung der Anegada Passage) schneiden, wenn auch lange nicht immer, die Richtungen der älteren Strukturen unter spitzem Winkel (Fig. 2).

Man überzeugt sich leicht davon, dass die gegenwärtigen topographischen Formen hauptsächlich von den jüngsten Streichrichtungen beherrscht werden (Jamaica, Portorico, Haiti, Südost Cuba, Bonaire, Curaçao). Im Allgemeinen werden die Strukturlinien den jetzigen topographischen Umrissformen um so näher stehen, je jünger sie sind (Jamaica, Portorico, West Cuba). Umgekehrt darf man aus der Streichrichtung der ältesten Strukturen nur mit grosser Vorsicht Schlüsse ziehen auf die Anwesenheit junger Hebungs-, bzw. Faltungsgebiete. Als Beispiel sei nur erwähnt, dass Niemand daran zweifelt, dass der Hauptkette der Grossen Antillen eine rezente Struktur entspricht (Fig. 1). Man beachte nun (Fig. 2), an wievielen Stellen diese Kette von alten Strukturlinien schief geschnitten wird! Zur Beantwortung der Frage, ob die Kleinen Antillen eine oder einige moderne Struktur(en) bilden, darf man also nur mit Vorsicht alte Leitlinien zu Rate ziehen. So darf man z.B. das NO-Streichen des Grundgebirges von S. Martin (Fig. 2) nicht als Einwand gegen die SUESS'sche Konzeption benutzen. Man darf es auch nicht als einen bedeutenden Einwand gegen die SUESS'sche Konzeption empfinden — wie C. A. MATLEY (1932) tat —, dass in Barbados das Streichen des Alt-Tertiärs ungefähr NO ist. Man muss vielmehr als eine Stütze der SUESS'schen Auffassungen betrachten, dass die jungtertiären Streichrichtungen zwischen S. Martin im N und Trinidad im S als Ganzes eine unverkennbare Bogenform aufweisen, die zwar nicht ganz mit der Bogenform der Kleinen Antillen übereinstimmt (Fig. 2). Und, weil wir sahen, dass die jüngste Tektonik in erster Linie durch die Topographie angedeutet wird, ist ferner wichtig, dass alle vulkanischen Antillen einem unverkennbaren Rücken aufsitzen. Dieser Rücken ist in seinem südlichen Teil über grosse Distanzen weniger als 200 m tief; im mittleren Teil ist er tiefer, aber schmal, und fällt er nach W und O rasch bis in bedeutende Tiefen hinab; von St. Dominica nach N verbreitert er sich allmählich zu einem grossen submarinen Plateau, das neben einzelnen vulkanischen Inseln auch kaum versenkte Gebiete wie Saba Bank, und weiterhin die drei Sockel

trägt, auf denen Antigua—Barbuda, Anguilla—St. Martin und St. Croix liegen (Siehe Tiefenkarte bei L. RUTTEN, 1935). Die vulkanischen Antillen sind also mehr als isolierte Vulkaninseln: sie sind einer untermeerischen Struktur aufgesetzt, die morphologisch mit den östlichsten Gebieten der Grossen Antillen deutlich zusammenhängt.

Auch unsere Betrachtungen über Richtungen von alten und jungen Strukturen führen also zu dem Ergebnis, dass der Antillenbogen als eine junge tektonische Struktur anzusehen ist. Andererseits lehrt die grosse Divergenz der Strukturrichtungen verschiedenen Alters, dass die Geschichte des westindischen Gebietes tektonisch viel komplizierter ist als man oft annimmt.

Es ist im Vorhergehenden wiederholt die Rede gewesen von den kretazischen „antillischen“ Gesteinen. Ihre Verbreitung ist in Fig. 3 ganz schematisch, und, sofern es die kleineren Vorkommen anbelangt, stark übertrieben angegeben. Was die mächtigen kretazisch-alteozäne Tuffe und Tuffite anbelangt, so sind sie meines Wissens im Gebiet der Karte ganz auf die Inseln beschränkt. Junge granodioritische Gesteine, z. T. mit starkem Anklang an die Insel-Tiefengesteine kennt man aber auch von

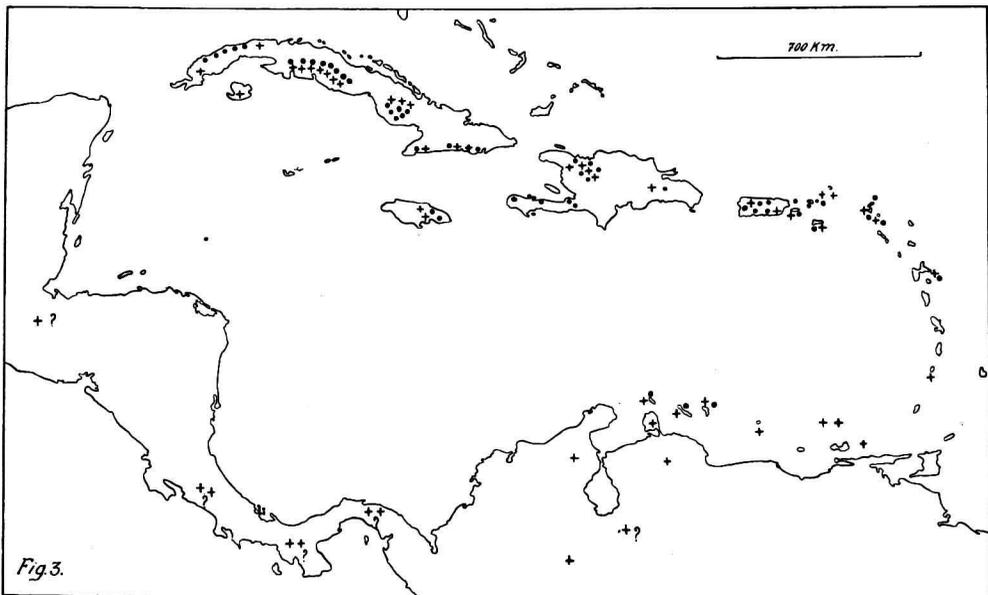


Fig. 3. ● Vorkommen von oberkretazischen bis untersteozänen Tuffen und Tuffiten.

+ Vorkommen von oberkretazischen bis paläogenen Graniten und Dioriten.

den angrenzenden Festländern: aus Venezuela sind sie durch L. RUTTEN (1931) und H. M. E. SCHÜRMAN (1934) bekannt; aus den südlichen zentralamerikanischen Republiken erwähnt sie W. P. WOODRING (1926) von verschiedenen Stellen, ohne jedoch vollständige Gewissheit über ihr

Alter zu haben; wahrscheinlich gehören Diorite aus dem Grenzgebiete zwischen Honduras und Guatemala, die inmitten von Kreidesedimenten auftreten (K. SAPPER, 1899) auch hierher; in Mexico sind oberkretazische Granodiorite seit langem bekannt und als Erzbringer berühmt. Diese „vulkanische Fazies“ des Mesozoikums findet man nun im ganzen Pazifischen Gebiet Amerikas, zwischen Feuerland und Alaska wieder. Kretazische Granodiorite kennt man aus ganz Chile und West Argentinien (J. BRÜGGEN, 1934), untertertiäre Granodiorite aus Peru (G. STEINMANN, 1929), Columbia und Venezuela, oberkretazische aus Zentral Amerika (?) und Mexiko, während weiter nach N die Hauptmasse der mesozoischen Batholithe wieder älter wird und dem obersten Jura angehört (z.B. H. STILLE, 1935). Mächtige z.T. submarine Tuff- und Tuffitformationen kennt man aus dem Jura und der Unter Kreide Chiles und Argentinien (J. BRÜGGEN, 1935) und aus der ganzen Kreide Peru's (G. STEINMANN, 1928). Weiter nach N ist diese Fazies aus der mittleren Kreide von Nord Nieder Californien bekannt (E. BÖSE u. E. WITTICH, 1913).

Die Existenz einer „antillischen jungmesozoischen Fazies“ beweist, dass das ganze Gebiet ein grosse Einheit bildet, die nicht nur mit den angrenzenden Gebieten von Venezuela, Columbia und Zentral Amerika, sondern auch mit dem ganzen pazifischen Amerika zusammenhängt. *West Indien ist gewissermassen eine „Ausstülpung“ einer pazifischen Region in den atlantischen Ozean, und man kann es nur natürlich finden, dass diese durch einen, nach O konvexen Bogen abgeschlossen wird.*

Die am Anfang gestellte Frage nach der Realität des Antillenbogens ist im Obigen von sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet worden. Stets glaubten wir, feststellen zu müssen, dass man in den Kleinen Antillen und in ihrem Untergrund wirklich ein Verbindungsglied zwischen den Grossen Antillen und dem Karibischen Küstengebirge sehen muss, dass also die SUESS'schen Auffassung derjenigen STAUB's vorzuziehen ist.

Es ist erwünscht, nun noch die neuen Strukturlinien, die STAUB im westlichen karibischen Gebiet gezogen hat, zu betrachten. Es hat mich im höchsten Grade verwundert, zu bemerken, dass für diese Strukturlinien keine Beweise zu finden sind, dass, im Gegenteil, manche Andeutungen aus diesem, allerdings noch schlecht bekannten Gebiet gegen die Auffassungen STAUB's sprechen.

Unsere Kenntnisse des mittleren Zentral Amerika fassen noch ganz auf der Arbeit SAPPER's (1899, 1905a, 1905b), der bekanntlich auch eine Strukturkarte publiziert hat. Was die, am Besten bekannten Gebiete von Guatemala und Honduras betrifft, schliesst die Zeichnung STAUB's im Allgemeinen bei derjenigen SAPPER's an. Im östlichen Honduras und im nordöstlichen Nicaragua aber lässt STAUB Strukturlinien mit NO und NNO Richtung verlaufen, für die in der Literatur genügender Untergrund fehlt (Siehe oben Fig. 1, a, b, c). Zwar zeichnet auch SAPPER im

Prinzapolca-Gebiet eine N-S Struktur, aber sie ist mit einem Fragezeichen versehen, und ihr stehen andere, z. T. allerdings auch mit Fragezeichen versehene Strukturen mit ONO-Streichen gegenüber. Wenn man alle Daten aus dem Gebiet prüft, bekommt man den Eindruck, dass eigentlich nichts fest steht. Man kann genau so gut Ketten, die von W und NW kommen, sich gabeln lassen in Ketten, die NO, SO und O streichen, wie — in STAUB'scher Weise — Ketten, die O, NO und N streichen, nach N konvergieren lassen. Die erste Virgation hat Staub also gezeichnet in einem Gebiet, wo genügende geologische Daten fehlen, und wo die Topographie gewiss seine Auffassungen nicht unterstützt. Viel ernsthaftere Bedenken bestehen gegen die STAUB'schen Auffassungen über Süd Zentral-Amerika. Er hat hier keinen Gebrauch gemacht von den verfügbaren Daten, die ein ganz anderes Streichen ergeben als das von ihm gezeichnete (Fig. 1, *d, e, f*). Sowohl zwischen dem Nicaragua-See und dem Pazifischen Ozean wie östlich des genannten Sees liegen tertiäre Faltenzüge mit NW-Streichen (REDFIELD, 1923); die Vulkanlinie in Costa Rica hat OSO-Streichen (PITTIER, 1913); gleiche Richtung haben tertiäre Faltenzüge nördlich dieser Linie, die sich bis in Panama fortsetzen (SCHAUFELBERGER, 1931); die Sierra de Talamanca behält bis in Panama deutliche SO-Richtung (PITTIER), und gleiche Richtung haben die Bergzüge auf den Halbinseln von Nicoya und Osa; im Profil des Panama-Isthmus streichen die tertiären Schichten der Küste parallel (MACDONALD, 1918); die Richtung der Kordillera von San Blas, von deren Geologie sehr wenig bekannt ist, ist ebenfalls der Küste parallel (ANONYMUS), und an der Südküste des westlichen Panamas kommen sicher noch OSO-streichende tertiäre Falten vor (W. P. WOODRING, 1926). Man kann also keine einzige Stütze finden für den Verlauf der Linien *d, e, f* in Fig. 1; im Gegenteil: alle Daten sprechen für einen Verlauf, ungefähr senkrecht zur STAUB'schen Konstruktion. Man versteht nicht, wie STAUB sagen kann:

„Auf jeden Fall strahlen aus dem Winkel zwischen dem Roncadorrücken und den Ketten von Honduras Guatemala alle Elemente Zentralamerikas gegen den Pazifik hin auseinander“ (l.c. S. 108).

Für ausführliche Literaturangaben über die betreffende Teile Zentralamerikas sei nach WOODRING (1926) verwiesen, der ungefähr zu gleichen Schlüssen kommt.

Während die bisherigen Betrachtungen auf dem festen Boden der Tatsachen fussten, ist es notwendig, diesen zu verlassen, wenn man versucht, eine Erklärung für das Auftreten des Antillenbogens zu geben. Bekanntlich hat A. WEGENER in seiner Verschiebungstheorie versucht zu zeigen, dass die tektonischen Erscheinungen sich so gestalten, alsob einerseits eine Polflucht, andererseits eine Westwanderung die Kontinente antreibt. Es sei nun auf die merkwürdige Tatsache gewiesen, dass eine morphologische Form wie der Antillenbogen in Amerika zweimal auftritt:

einmal auf der Nordhalbkugel und einmal auf der Südhalbkugel zwischen Feuerland und Antarktis. Zwar haben verschiedene Autoren (u.m. R. STAUB, 1928) versucht zu zeigen, dass dieser „Süd-Antillenbogen“ gar nicht existiert, aber vor Kurzem hat O. WILCKENS (1933), unter Benutzung der neuesten Lotungen von „Meteor“ und „Discovery“, seine Existenz sichern können. Es kann nun kaum zufällig sein, dass ein so merkwürdiges Gebilde zweimal auftritt, und zwar entwickelt es sich in beiden Fällen dort, wo die gewaltigen, von N nach S verlaufenden, kontinentalen Massen von Amerika und Antarktis eine bedeutende Verschmälerung, eine Stelle geringsten Widerstandes zeigen. Wie wird sich aber eine solche N—S Masse mit zwei schwachen Stellen — und zwar je eine auf jeder Halbkugel — unter dem doppelten Antrieb von „Westdrift“ und „Polflucht“ betragen? Die Antwort ist einfach: sie wird im Allgemeinen eine Runzelung an der W Seite zeigen, und sie wird an den schwachen Stellen, unter dem Einfluss der „Polflucht“ einknicken, wobei die eingeknickten Stellen nach O zurückbleiben werden, während die Hauptmassen sich in N—S Richtung nähern. Es wird also ein Kontinent mit pazifischer Kordillere und mit zwei Antillenbogen entstehen!

Es liegt uns fern, diese Erklärung selbst nur als wahrscheinlich zu betrachten, aber, solange WEGENER's Betrachtungsweisen als erlaubt gelten, wird man doch mit dieser Erklärungsmöglichkeit Rechnung tragen müssen.

Utrecht, November 1935.

LITERATUR:

- ANONYMUS, Panama. Map 1 : 1000000. 1928. Published by the American Geogr. Society of New York.
- BARRABÉ, L. Le pétrole à la Martinique. Annales Office National des Combustibles liquides, 3, 1928, S. 7—42. Karte etc.
- Rapport sur les résultats d'une mission... à la Guadeloupe. Ann. Office National des Combustibles liquides, 4, 1934, S. 625—661. Karte etc.
- BÖSE, E. y WITTICH, E. Informe relativo a la exploración ... de la Baja California. Parerg. Inst. Geol. Mexico, 4, 1913, S. 307—533.
- BUCH, L. VON. Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln, 1825. In: Gesammelte Werke, 3, 1877, S. 229—646.
- BRÜGGEN, J. Grundzüge der Geologie ... Chiles. Heidelberg, 1934, 362S.
- CUSHMAN, J. Cretaceous Foraminifera from Antigua. Contr. Cushm. Labor. Foram. Res., 7, 1931, S. 33—46, T. 5, 6.
- DUBLANC LABORDE. Sur l'existence de blocs calcaires métamorphiques dans les tufs ponceux anciens de la Mtge Pelée. C. R. Ac. Sc., 154, 1912, S. 824—826.
- EARLE, K. W. Report on the geology of Antigua. Gvt. Pr. Off. 1922, 28S.
- Geol. Survey of Grenada and the Grenadines. Gvt. Pr. Off. 1924, 9S.
- GREGORY, J. W. The theory of permanent oceans and continents. Q. J. Geol. Soc. London, 85, 1929, S. LXVIII—CXXI.
- HILL, R. T. Pelé and the evolution of the Windward Archipelago. Bull. Geol. Soc. Amer., 16, 1905, S. 243—288, T. 43—47.
- HOBBS, W. H. The unstable middle sections of island arcs. Verhand. Geol. Gen. Nederl. e. Kol. Geol., Serie 8, 1925, S. 218—261. 4 T.

- ILLING, V. C. Geol. of the Naparima Region, Trinidad. Q. J. Geol. Soc. London, **84**, 1928, S. 1—56. Karte.
- KOBER, L. Das Weltbild der Erdgeschichte, 1932.
- LACROIX, A. La Montagne Pelée et ses éruptions, Paris, 1904, 662S. etc.
- LEHNER, E. Artesian water supply of Carriacou ... Grenada, Gvt. Pr. Off., 1935, 6S. Karte.
- LUDWIG, R. Geogr. u. Geogn. Umschau auf St. Barthélémy. Geogr. Blätter. Bremen, **17**, 1894, S. 43—84. Karte etc.
- MACDONALD, D. The sedimentary formations of the Panama Canal Zone etc. Bull. Nat. Mus. Wash., **103**, 1918, S. 425—445. Karte.
- MATLEY, C. A. The old basement of Barbados etc. Geol. Mag., **69**, 1932, S. 366—373.
- MEYERHOFF, H. A. Geol. of the Virgin Islands etc. In: Sc. Surv. of Portorico etc., herausgeg. von New York Ac. Sc., **4**, 1926—1927, 219S. Karten etc.
- Geol. of Puertorico. Monogr. Univ. of Puertorico. Phys. a. Biol. Sciences. Ser. B, N^o. **1**, 1933, 306S. Karte etc.
- MOLENGRAAFF, G. A. F. Saba, St. Eustatius and St. Martin. Leidsche Geol. Meded., **5**, 1931, S. 715—739. Karte etc.
- Geologie van Curaçao. Diss. Delft, 1929, 126S. Karten etc.
- PITTIER, F. Costa Rica. Pet. Mitth. Erg. H. **175**, 1913. Topogr. Karte.
- PIJPERS, P. J. Geology ... of Bonaire. Diss. Utrecht, 1933, 103S. Karte etc.
- REDFIELD, A. H. The petroleum possibilities of Costa Rica. Econ. Geol. **18**, 1923, S. 354—381.
- RUTTEN, L. On rocks from the Caribbean coast range etc. Diese Zeitschr. **34**, 1931, S. 1013—1022.
- On Rocks from the Venezuelan islands etc. Diese Zeitschr. **34**, 1931, S. 1101—1110.
- Alte Land- und Meeresverbindungen in West Indien etc. Geol. Rundschau, **26**, 1935, S. 65—94. Karte.
- SAPPER, K. Über Gebirgsbau etc. des N. Mittelamerika. Pet. Mitth. Erg., H. **127**, 1899, 119S. Karten etc.
- Über Gebirgsbau etc. der S. Mittelamerikas. Pet. Mitth. **151**, 1905(a), 82S. Karten etc.
- Grundz. des Gebirgsbaues von Mittelamerika. Rep. 8th. Intern. Geogr. Congr. held in the U. S. Wash. 1904 (1905, b), S. 231—238. Strukturkarte.
- SAWKINS, J. Reports on the geology of Jamaica. Mem. Geol. Surv. Gr. Br. 1869, 339S. Karte etc. (Hierin auch: Anguilla).
- SCHAUFELBERGER, P. Costa Rica. Apuntes de Geologia. San José, 1931, 83S.
- SCHÜRMAN, H. M. E. Massengesteine der venezolanischen Anden. N. J. BB. **68A**, 1934, S. 377—400.
- SEEBACH, K. VON. Central Amerika u. d. interozean. Canal. Gemeinverst. Vortr., herausgeg. von R. Virchow, **183**, 1873, 36S.
- SIEVERS, W. Karten zur physik. Geogr. von Venezuela. Pet. Mitt. 1896, S. 125—129. Karte.
- STAUB, R. Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin, 1928, S. 101—120. Weltstrukturkarte.
- STEINMANN, G. Geol. von Perú. Heidelberg, 1929, 448S. Karte etc.
- STILLE, H. Zur Frage der transatl. Verbind. Sitz. Ber. Pr. Ak. Wiss. Phys. Math. Kl. **11**, 1934, S. 157—169.
- Der derzeitige tektonische Zustand. Sitz. Ber. Ak. Wiss. Berl. Phys. Math. Kl. **13**, 1935, S. 179—219.
- SUCESS, ED. Das Antlitz der Erde, **1**, 1885, S. 689ff.
- TABER, S. Sierra Maestra of Cuba etc. Bull. Geol. Soc. Am. **45**, 1934, PP. S. 567—620. Karte etc.

- TRECHMANN, C. T. The Scotland Beds of Barbados. Geol. Mag. **62**, 1925, S. 481—504.
 WARING, G. A. The geol. of Trinidad. John Hopk. Univ. Studies in Geol., **7**, S. 11—86, 112—170, 1926.
 WEGENER, A. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunsch. 4te Aufl., 1929, 231S.
 WESTERMANN, J. H. The geol. of Aruba. Diss. Utrecht, 1932, 129S. Karte etc.
 WILCKENS, O. Der Südantillen-Bogen. Geol. Rundschau, **24**, 1933, S. 320—335.
 WOODRING, W. P. Tectonic features of the Car. Region. Proc. Third Pan Pac. Sc. Congr. Tokyo, 1926, S. 401—431.
 WOODRING, W. P. c.s. Geology of Haiti. Geol. Survey of Haiti, 1924, 631S. Karte etc.

Mathematics. — Verteilungsfunktionen. Von J. G. VAN DER CORPUT.
 (Zweite Mitteilung).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Eine notwendige und hinreichende Bedingung.

In dieser Mitteilung beweise ich die in der Einleitung¹⁾ vorkommenden Sätze bis Satz 8 (incl.). Dazu brauche ich nur die Sätze 1, 4, 5 und 6 zu zeigen, da diese die Sätze 2, 3, 7 und 8 enthalten. Der wichtigste Satz hierbei ist Satz 5, der eine notwendige und hinreichende Bedingung liefert, damit eine vorgegebene Funktionenmenge die Menge der Verteilungsfunktionen einer geeignet gewählten aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehenden Zahlenmenge sei.

Dem Beweis von Satz 1 schicke ich den folgenden Hilfssatz voran.

Hilfssatz 1: Jede Folge $\chi_1(\gamma), \chi_2(\gamma), \dots$ monoton-nichtabnehmender Funktionen $\equiv 0$ und $\equiv 1$ besitzt wenigstens eine Grenzfunktion, d.h. die Folge enthält eine Teilfolge $\psi_1(\gamma), \psi_2(\gamma), \dots$ mit der Eigenschaft, dass für jedes γ der Grenzwert $\lim_{k \rightarrow \infty} \psi_k(\gamma)$ existiert.

Beweis: Es bezeichne $\gamma_1, \gamma_2, \dots$ eine im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dicht liegende Folge. Für jedes feste ganze $k > 0$ bilden die im k -dimensionalen Raum liegenden Punkte mit den k Koordinaten $\chi_n(\gamma_x)$ ($x = 1, 2, \dots, k$), wo n die Folge der natürlichen Zahlen durchläuft, eine unendliche beschränkte Punktmenge \mathfrak{N}_k . Die Menge \mathfrak{N}_1 besitzt mindestens einen Häufungspunkt a_1 ; die Menge \mathfrak{N}_2 mindestens einen Häufungspunkt (a_1, a_2) ; die Menge \mathfrak{N}_3 mindestens einen Häufungspunkt (a_1, a_2, a_3) , u. s. w. So definiere ich die Zahlen a_1, a_2, a_3, \dots mit

$$\chi_n(\gamma_x) \rightarrow a_x \quad (x = 1, 2, \dots), \quad \dots \quad (8)$$

¹⁾ These Proc. **38**, n^o. **8**, Erste Mitteilung, S. 813—821. In den Zeilen 15—19 auf S. 818 ersetze man $0 \equiv \gamma < 1/4$; $1/2 x$ und $1/2$ bzw. durch $1/4 < \gamma < 1/2$; x und 1.