

Der geologische Bau und die Phosphatlager des östlichen Curaçao.

(Vortrag, gehalten in der Sitzung am 1. Juni 1925.)

Von Herrn K. KEILHACK in Berlin-Wilmersdorf.

(Hierzu Tafel IX und 2 Textabbildungen.)

Bei einer im ersten Drittel dieses Jahres ausgeführten Studienreise nach Südamerika und Westindien hatte ich Gelegenheit, während eines fast 14tägigen Aufenthaltes in Curaçao, von welchem zehn Tage auf das wenig bekannte und fast unbewohnte Ostende der Insel entfielen, mich mit dem geologischen Bau dieses Teiles der Insel und mit der wichtigen, dort auftretenden Phosphatlagerstätte vertraut zu machen. Es gibt von Curaçao eine von K. MARTIN aufgenommene geologische Karte im Maßstabe 1:150 000, die im Jahrgang 1887 der *Tijdschrift van het Nederlandsche aardrijkskundig Genootschap* mit Profilen und einem kurzen Text veröffentlicht ist. Ausführlichere Mitteilungen finden sich von demselben Verfasser in der im gleichen Jahre im Verlage von P. J. BRILL in Leiden erschienenen Abhandlung: „Geologische Studien über Niederländisch-Westindien auf Grund eigener Untersuchungsreisen“.

Die Karte MARTINS zeigt in dem mir genauer bekannt gewordenen Osten der Insel einige unzutreffende Darstellungen. Der Grund dürfte einmal in der mangelhaften topographischen Kartenunterlage liegen, die MARTIN zu Gebote stand, sodann in der Schwerzugänglichkeit und Unbewohntheit dieses Teiles der Insel. In beiden Punkten hatte ich es erheblich besser; erstens stand mir eine neue ausgezeichnete topographische Karte 1:20 000 mit Schichtlinien von 5:5 bzw. von 10:10 m zur Verfügung, die ich durch freundliche Vermittlung des Kollegen STEENHUIS noch am letzten Tage vor der Ausreise in Antwerpen erhielt; und zweitens hatte ich in dem Dampfer „Mimi Horn“, der zehn Tage in dem kleinen Hafen Newport zum Phosphatladen lag, einen ausgezeichneten Stützpunkt für Wanderungen im Osten der Insel, in welchem sich nur eine einzige,

von Negern bewirtschaftete Farm Fuik befindet. Dazu kommt als dritter Vorteil, daß es heute möglich ist, mit Hilfe des Autos rasch auch in entlegenere Teile der Insel zu kommen.

Die 65 km lange Insel Curaçao gehört mit Aruba und Bonaire zu einer Inselreihe, die sich in einem Abstande von 50—100 km entlang der venezolanischen Küste von Osten nach Westen erstreckt und mit ihrem aus metamorphen und Eruptivgesteinen sowie aus Sedimenten der oberen Kreide bestehenden Kern den venezolanischen Küstengebirgen eng verwandt ist. Auf Curaçao finden sich von älteren Bildungen nur Diabas und Gesteine der Kreideformation; letztere fehlt im Osten der Insel völlig, so daß dort nur Diabas und die für die ganze Insel so außerordentlich bezeichnenden quartären Korallengesteine sich finden. Letztere nehmen einen 1—2½ km breiten, fast ununterbrochenen Küstenstreifen, ersterer das dazwischen liegende, 2—6 km breite Gebiet ein.

Die folgenden Schilderungen beziehen sich ausschließlich, soweit nichts anderes besonders bemerkt wird, auf den in der beigegebenen geologischen Karte Tafel IX dargestellten östlichen Teil der Insel, begrenzt im Süden vom Spanischen Wasser, im Norden von der St. Joris-Bai.

Der Diabas ist ein überall tief verwittertes, grünlich-braunes Gestein; die Verwitterung hat aber in dem trockenen Klima keine Verlehmung zur Folge gehabt, sondern ausschließlich einen mehr mechanischen Zerfall in einen bald feineren, bald gröberen Grus, der in zahlreichen Gruben zum Wegebau gewonnen wird. In ihnen sieht man, auch wenn sie mehr als 10 m hohe Wände besitzen, wie unter Fort Nassau bei Willemstad, daß die gleiche tiefe Verwitterung das gesamte Gestein erfaßt hat. Außerdem zeigen die Aufschlüsse, daß der grünlich-braune, genau wie verwitterter Basalt aussehende Diabas von einem Netzwerk dunkler, gebräunter, 3—6 cm dicker Maschen durchzogen wird, die ein Seitenstück zu der kugeligen Absonderung unserer Diabase zu sein scheinen.

Der Diabas bildet im allgemeinen eine Hügellandschaft mit sanft welligen Formen und mit gleichmäßiger Abdachung nach allen Seiten. Ihre Höhe liegt meist zwischen 20 und 40 m. Nur zwischen dem Tafelberge und dem Seroe Blanco erhebt sich ein kleines Diabasgebirge, der östliche Signalberg, zu 106 m Höhe westlich und 86—98 m östlich vom Landhause Fuik. Südlich davon

breitet sich eine weite Ebene aus, die meist tiefer als 20 m ü. M. liegt und sich gelegentlich bis zu 1 und 2 m Meereshöhe senkt. Dadurch entstehen Depressionen, in denen abfließende Regenwasser eine dünne Schlammsschicht erzeugt haben. Solche Stellen werden von den Negern für Hirse- und Maiskulturen verwendet. Alle übrigen Flächen sind mit Büschen und niedrigen Bäumen bestanden, die durchaus den Charakter der Steppenvegetation besitzen. Die auffälligsten Formen darunter sind 5—12 m hohe Säulenakazien (*Cereus*), eine Menge dorniger Akazienarten, Kalabassenbäume, ein himmelblau blühender, niedriger Baum mit kurzen, gelben Schoten (wohl eine Rutacee) und als „Unterholz“ ungeheure Mengen stachelbewehrter, $\frac{1}{2}$ —1 m hoher Opuntien. Die höheren Diabasberge sind vielfach mit Gras und nur ganz dünn mit Busch bestanden, und auf ihnen finden sich bis kopfgroße Kugelkakteen (*Mamillaria*) mit roten Stacheln; das Ganze eine zwar sehr merkwürdige, aber für den von den spärlichen Wegen abweichenden Forscher wenig erfreuliche, stachelige, dornige Pflanzenwelt. Zahlreiche Bäume, insbesondere die Akazien und Kalabassenbäume, haben unter der Einwirkung des Nordostpassates ihre Zweige einseitig wie Fähnen nach SW gestreckt und können deshalb als Kompaßbäume gelten.

Im Osten der Insel liegt unmittelbar auf dem Diabas der Korallenkalk. Im Westen schieben sich meist Schichten der Kreideformation (Kieselschiefer, Sandsteine, Mergel, Rudistenkalke) dazwischen, die ich aber nicht kennengelernt habe. Ich habe die Auflagerungsfläche an einer Anzahl von Stellen genau beobachten können. Unter Fort Nassau bei Willemstad, am südlichen Ufer des Schottagatt, liegt unmittelbar auf dem Diabas mehrere Meter mächtiger, fester Korallenkalk, der die Korallenstruktur noch scharf und deutlich erkennen lässt. Darüber folgt, hinter dem nördlichsten Schuppen an der St. Annabai sehr gut aufgeschlossen, ein sandiges Trümmergestein von mehreren Metern Mächtigkeit, aufgebaut aus zu Sand zerriebenem Diabas mit zahlreichen abgerollten Diabastücken und Korallenkalkbrocken. Diese sandigen Trümmergesteine wechseltlagern mehrere Male mit derben Riffkalken. Auf der Westseite der Mündung der St. Annabai in das Schottagatt beobachtet man etwas andere Verhältnisse. Dort wechseltlagern mit den Riffkalken grobe, weiße Kalkbrekzien mit zahllosen prächtig erhaltenen Trümmern

von Madreporen und mit Stöcken von Mändrinien und anderen Korallen sowie zahlreichen Bivalven und Gastropoden. Ich sammelte von letzteren innerhalb weniger Minuten ein Dutzend verschiedener Arten, die aber den Reichtum der Ablagerung bei weitem nicht erschöpfen. Von diesem Trümmergestein durch eine Korallenkalkbank getrennt und von einer ebensolchen überlagert, findet sich eine viele Meter mächtige, linsenförmige Einlagerung eines festen Konglomerates, in welchem neben Diabasbruchstücken anscheinend auch Sandsteine und Kieselschiefer der Kreide massenhaft vertreten sind. Das Bindemittel des Konglomerates besteht aus kohlensaurem Kalk. Am Priesterberge, westlich von Willemstad, und am Tafelberge bei Newport im O der Insel liegt der massive Korallenkalk unmittelbar auf dem Diabas, von geschichteten Zwischenlagen habe ich an beiden Stellen nichts bemerkt.

Die Korallenkalke umrahmen mit einem Bande z. T. hoch aufragender Berge die gesamte Insel. Das Band ist an einem Dutzend Stellen der Südküste, aber nur an zweien der Nordküste zerrissen, und zwar teils durch spätere Erosion, in der Hauptsache aber durch ursprüngliche tiefe Kanäle, die durch das Korallenriff hindurch zu mehr oder weniger ausgedehnten Binnenwassern führen, die vollkommen normal gesalzenes Meerwasser enthalten, morphologisch aber richtige Binnenseen darstellen. Ein Wasseraustausch zwischen Meer und Binnenwasser durch Gezeitenströmungen findet nur in geringem Umfang statt, da der Unterschied zwischen Ebbe und Flut im karibischen Meer kaum $\frac{1}{2}$ m beträgt.

Die Erosionsrinnen, die beispielsweise im Osten den Tafelberg vom Magazinberg, den Predigtstuhl von der Piedra Boca oder den Westteil des Tafelbergs vom Seroe di Boca trennen, sind 100—500 m breit und in die Diabasunterlage eingeschnitten; teils entwässern sie nur zum offenen Meere, teils sowohl ins Meer wie ins Binnenwasser; in letzterem Falle bildet sich eine Talwasserscheide, die in den Schichtlinien der topographischen Karte nicht ganz klar zum Ausdruck kommt. Dagegen bilden die Rinnen, die die Binnenwässer mit dem Meere verbinden, steil abfallende, tiefe Täler. So ist die St. Annabai, eine flußartige, 150—180 m breite, 1600 m lange Rinne, zu deren beiden Seiten die Hauptstadt Willemstad liegt, am Eingang 27, in der Mitte 24,3 und am Nordende 23,6 m tief, so daß in dieser schmalen submarinen Schlucht bei

einem Zusammenstoß vor einigen Jahren ein großer Dampfer versinken konnte, ohne die Schiffahrt irgendwie zu stören. Die Rinne, die das weiter östlich liegende Spanische Wasser mit dem Meere verbindet, hat ebenfalls an der Mündung 30 m, am Nordende 15,6 m Tiefe bei 160—280 m Breite. Die an diese tiefen Rinnen anschließenden Binnenwässer sind ebenfalls äußerst bemerkenswert. So bildet das Schottegatt bei Willemstad ein ungemein buchten- und inselreiches Gewässer, dessen Tiefe in der größeren Hälfte seiner Fläche zwischen 10 und 20 m beträgt. Durch eine von N nach S in der Mitte sich vorschließende, reich gegliederte flache Halbinsel, auf welcher heute die die liebliche Landschaft entstellenden Tanks und Fabrikanlagen der Curaçao Petroleum Maatschappij liegen, wird das Schottegatt in eine kleine westliche und größere östliche Hälfte geteilt, die beide wieder durch ein halbes Dutzend Halbinseln und mehr als ein Dutzend Inseln eine weitere reiche Gliederung erfahren. Während der Südrand von hohen, steil abfallenden Korallenkalkbergen begleitet wird, werden die übrigen Seiten von flachen Diabasgebieten eingenommen, aus denen sich erst in 1—2 km Abstand beträchtlichere Diabashügel von 25—50 m Höhe erheben. Ganz ähnlich verhält sich das Spanische Wasser westlich vom Tafelberge, welches durch acht Halbinseln ebenfalls eine äußerst reiche Küstenentwicklung bei 6—15 m Tiefe besitzt. Hinter dem Reichtum der Südküste an solchen Binnengewässern tritt die Nordküste mit der einzigen St. Jorisbai im Ostlande stark zurück. Neben ihr wäre höchstens noch die Bartoolbai im Nordwesten der Insel zu nennen, deren zugehöriges, an sich schon unbeträchtliches Binnenwasser heute in eine nur noch nach schwerem Regen unter Wasser stehende Sandfläche verwandelt ist. Aber eine Übereinstimmung dieser beiden nördlichen Binnenwasser mit denen der Südküste ist vorhanden: beider flußartiger Mündungsstiel wird von Korallenkalken, das verbreiterte Binnenwasser dagegen von Diabasgebieten begrenzt.

Wie schon bemerkt, umziehen die Korallenkalkberge die gesamte Insel als ein Band; nur im mittleren Teile der Insel, wo deren Breite sich auf 5 km verengt, stoßen die beiden Bänder mit ihren Innenrändern zusammen und Korallenkalke überziehen hier die Insel in ihrer ganzen Breite. Dagegen findet sich im Innern der Insel, losgelöst von den beiden Küstenräumen, eine mit Korallensand bedeckte Bergplatte nur in dem hohen nord-

westlichen Teile der Insel auf dem westlichen Tafelberge und an der Nordküste auf der Ronde Klip. Ich selbst habe diesen Teil der Insel nur vom Schiffe aus gesehen, aber MARTIN gibt im Bilde der Karte wie im Profile die Zugehörigkeit zu den Korallenkalkbergen ausdrücklich an. Diese Beobachtung ist von Wichtigkeit für die Deutung der Bewegungen, die die Insel in junger Zeit erfahren hat.

Die Form der vom Korallenkalk eingenommenen Berge ist durch ihre immerfort sich wiederholende Asymmetrie außerordentlich bezeichnend und verleiht der Insel — man mag sich ihr nähern, von welcher Seite man will — ihr einzigartiges Gepräge. Alle Korallenkalkberge steigen vom Meere nach dem Lande zuerst ganz allmählich an, bilden dann zwischen 10 und 25 m Meereshöhe breite ebene Terrassen, fangen dann an unter Winkeln von 15 bis 30° schnell zu steigen; die niedrigen bis zur höchsten Erhebung, die höheren mit Einschaltung einer oder mehrerer dazwischen liegender Verebnungsflächen. Ist die höchste Erhebung erreicht, so bildet sich nicht etwa eine ebene Platte, sondern der Berg fällt sofort steil, vielfach senkrecht, bisweilen überhängend, nach der Landseite hin ab, bis mit Beginn der Diabas- bzw. Kreideunterlage wieder eine flachere Abböszung beginnt. Riesenhoftte abgestürzte Blöcke in wüstem Chaos bilden den Übergang von den gewaltigen, steil aufragenden Klippen des anstehenden Kalkes zu den flacheren Formen seiner Unterlage. In der gesamten Osthälfte der Insel überragen die Korallenkalkberge das Diabashinterland, so daß man an das Bild einer Diabaswanne mit stark verbeultem Boden und verschieden hohen Kalkwänden erinnert wird. Die gute topographische Karte gestattete es mir besser, als es K. MARTIN möglich war, diese Verhältnisse in einigen bezeichnenden Profilen (Abb. 1) von der Küste in das Innere zur Darstellung zu bringen¹⁾. Man mag der Küste Curaçaos sich nähern, von welcher Seite man will, immer wird man überrascht durch das Bild der steil zum Innern abfallenden spitzen Kalkberge, die sich wie Kulissen einer hinter den anderen stellen und in der Projektion auf dem Horizont gelegentlich das Bild einer großartigen Säge zu geben vermögen.

¹⁾ In den 3 Profilen ist die tiefere Korallenkalkterrasse von der höheren, schräg gestellten in der Darstellung nicht unterschieden worden. Die Schichtungslinien müßten hier horizontal verlaufen.

Die Höhe, bis zu der sich die einzelnen Kalkberge über den Meeresspiegel erheben, ist großen Schwankungen unterworfen, die keinerlei Gesetzmäßigkeit aufweisen. In der folgenden Umrisskarte (Abb. 2) habe ich von allen wichtigen Einzelbergen nach der großen Karte die Höhe eingetragen. Danach erreicht die größte Höhe der nördliche Tafelberg mit 229 m; es folgen der östliche Tafelberg mit 198 m, der Seroe Kortape mit 174,9 m, der Seroe

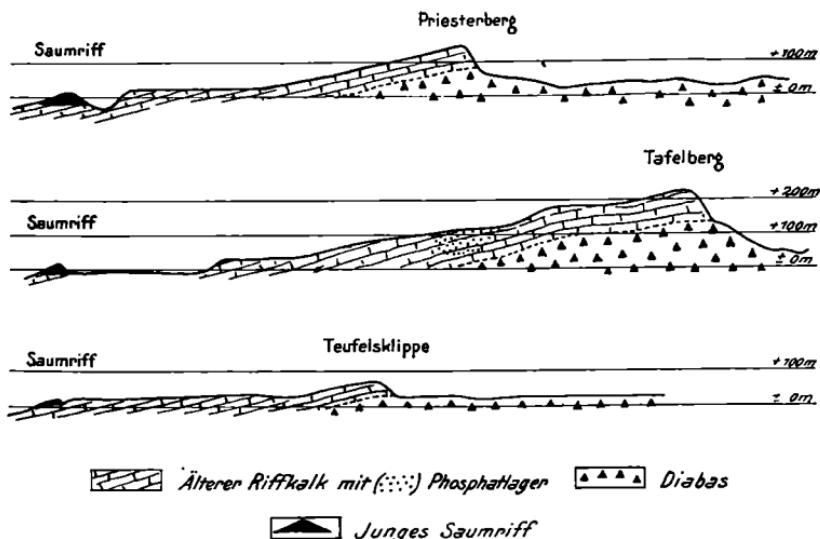


Abb. 1. Lagerung der Korallenkalke im östlichen Teile von Curaçao.

Pascoe mit 173 m, der Seroe Dakwe mit 148, der Seroe Kloof mit 140, der Seroe Rondo und der Seroe Kommandant mit 130, der Priesterberg und der Veerisberg, beide westlich nahe von Willemstad, mit 135 und 131 m, der Seroe Juana mit 113 m und die Ronde Klip mit 129 m; alle übrigen erreichen 100 m Höhe nicht, sondern gehen ausnahmsweise bis auf 25 m herunter; die meisten Höhen liegen zwischen 40 und 80 m. Da, wo die Korallenkalkdecke über die ganze Insel hinweg reicht, liegt ihr Scheitel zwischen 70 und 80 m. Beziehungen zwischen den Höhen an der Nord- und Südküste bestehen nicht: dem gewaltigen östlichen Tafelberge bei Newport entspricht keine analoge Höhe an der Nordküste und das gleiche gilt für alle übrigen Höhen: sie liegen regellos und anscheinend willkürlich

durcheinander. Daraus lassen sich also keinerlei Schlüsse über die Hebungs- und Senkungerscheinungen der Insel ableiten.

Zwischen dem stark geneigten oberen Teil der Korallenkalkberge und dem Strande liegt vielfach eine flache, niedrige, bis etwa 25 m Meereshöhe reichende Stufe mit recht ebener Oberfläche. Sie fehlt im nördlichen Teile der Insel nirgends und ist in der topographischen



Abb. 2.

Karte dort vom Ost- bis zum Nordende als „kahle, steinige Fläche“ bezeichnet. Auch auf der Südküste ist sie fast überall vorhanden: auf ihr liegen u. a. die Nachbarstädte Willemstad und Otrabanda. Ihre Breite beträgt meist 300 bis 600 m, erlangt aber an vielen Stellen der Nord- und Südküste, so bei Willemstad, Newport, an der Hatoküste 1 km und am Ostkap sogar $1\frac{1}{2}$ km. An einer Anzahl von Stellen der Südküste fehlt diese Vorstufe, sie ist durch die Brandung zerstört, und die Steilküste wird von der schräg gestellten höheren Riffstufe gebildet, was tektonisch sofort seinen Ausdruck im Auftreten geneigter Schichten im

Steilufer findet. Solche Stellen sah ich im Vorbeifahren längs der Küste zwischen der Plaja Boto und der Boca Sint Marta an der Südküste im nordwestlichen Teil der Insel. Auf der Karte habe ich diese Stufe als jüngeren quartären Korallenkalk ebenso wie K. MARTIN, aber mit wesentlich anderer Begrenzung, ausgeschieden. Insbesondere habe ich die ausgedehnten Gebiete jüngeren Quartärs der MARTINSchen Karte südlich und östlich von Fuik auf Grund einer Durchquerung auf zwei verschiedenen Wegen durch Diabas ersetzt, der hier überall mit seinem Schutte die Oberfläche bildet, während Kalkstein oder andere Diluvialbildungen vollkommen fehlen.

Der Korallenkalk der jüngeren Stufe scheint allenthalben noch unverändert zu sein; man sieht auf seiner Oberfläche wie in jedem Querschnitte noch auf das schönste die Korallenstruktur; dagegen ist der ältere, schräg gestellte Korallenkalk stellenweise vollkommen umgewandelt und hat seine zoogene Struktur bis auf den letzten Rest verloren. Ich bin aber nicht in der Lage, anzugeben, welche Teile umgewandelt und welche es nicht sind. Die gehobenen älteren Riffkalke beiderseits der St. Annabai bei Willemstad zeigen jedenfalls noch in allen ihren Schichten von der Auflagerung auf dem Diabas bis hinauf zur Höhe von Fort Nassau (66 m) die Korallen in allen Einzelheiten ihrer Struktur wohlerhalten, so daß man in den kleinen Steinbrüchen die herrlichsten Korallenstücke sammeln kann, und daß man auf den mit diesem Kalke gepflasterten Straßen allenthalben die schönsten Korallenquerschnitte sehen kann. Dagegen sind andere Kalkberge, wie der gewaltige östliche Tafelberg in seinem schräg gestellten Teile, einer so vollkommenen Metamorphose unterworfen worden, daß die zoogene Struktur nahezu spurlos verschwunden ist. Ich habe in den umkristallisierten Kalken nur zwei undeutliche Abdrücke von Bruchstücken eines grobgerippten Zweischalers gefunden. Auf den umgewandelten Korallenkalk sind die Gebiete beschränkt, in denen auf Curaçao Phosphorit gefunden wird. Darauf werde ich später noch zu sprechen kommen.

Der echte, nicht umgewandelte Korallenkalk zeigt die typischen Eigenschaften aller Korallenkalke: einen hohen Grad von Durchlässigkeit und zahlreiche größere und kleinere Hohlräume, die sich besonders an den Steilabbrüchen überall erkennen lassen; aber auch an der Oberfläche sieht man bisweilen kleine Öffnungen,

die den Zugang zu Höhlen von oft mehreren Metern Länge und Höhe bilden. In ihnen pflegen zahlreiche Fledermäuse tagsüber zu ruhen. Die Namen Seroe di Cueba und Seroe Spelunk weisen auf den Höhlenreichtum solcher Kalkberge hin. In manchen dieser Höhlen finden sich Kalksinterkrusten an den Wänden sowie Stalaktiten und Stalagmiten. Der Höhlenreichtum ist nicht verwunderlich, denn das Regenwasser verschwindet restlos in den porösen, klüftigen Kalken und vermag eine außerordentlich kräftige, lösende Wirkung auszuüben. Wasserläufe, Täler und Erosionsrinnen fehlen deshalb im Kalke selbst, und wo talähnliche Bildungen den Gürtel der Kalkberge unterbrechen, kommen sie aus dem Innern der Insel, aus den Diabas- und Kreidegebieten.

Die Verwitterung und Abtragung der Kalke erfolgt in der Hauptsache durch Lösung. Wohl sind die Gehänge unter den Steilabstürzen der Innenseiten der hohen Kalkberge mit gewaltigen, oft weit über haushohen Blöcken überstreut, aber die Hauptarbeit leistet doch das Wasser durch Lösung. Das tritt besonders schön in die Erscheinung in der wundervollen Karrenbildung auf den höheren Kalkbergen. Hier drängen sich steile, schmale Rippen von $\frac{1}{4}$ bis 1 m Höhe eng aneinander und erzeugen eine Oberfläche, die um so schwieriger zu passieren ist, als eine äußerst feindselige Vegetation gerade solche Gebiete beherrscht. Wer eine Begehung in solchem Karrenfelde ausführt, muß genagelte Bergschuhe tragen, denn nur mit ihrer Hilfe ist es möglich, auf den zackigen Karrenrippen festen Fuß zu fassen. Ins Wanken zu geraten, ist gefährlich, denn bei dem unwillkürlichen Versuche, an der Vegetation einen Halt zu suchen, greift man entweder in die festen, scharfen Stacheln von Säulenakten oder von Opuntien oder in die ebenso unangenehmen Dornen von Akazien und Mimosen oder in die furchtbar brennenden Nesselhaare einer ungemein bösartigen, buschigen Solanee. Beim Eindringen in solches Gebiet muß man strategisch verfahren und vom Ausgangspunkte aus sich den günstigsten, am wenigsten von feindseligen Pflanzen bedeckten Weg für die nächsten 10—20 m aussuchen und so fortfahren, bis das gesteckte Ziel erreicht ist. In jeder kleinen Hohlform der Kalkoberfläche hat sich eine Opuntie, eine *Mamillaria*, ein *Cereus* oder ein anderer unfreundlicher Stachelträger niedergelassen; ihre Stacheln durchbohren das Leder gewöhnlicher Schuhe und sind nur gegenüber starken

Bergschuhen machtlos. Die Besteigung eines höheren Korallenkalkberges ist also nicht ganz harmlos, besonders wenn man die Temperatur von 27—30° C im Februar in Betracht zieht.

Die Flora ist eine echte Steppenflora von tropischem Charakter, reich an allerlei Kletterpflanzen, vor allem schön blühenden Winden; gruppenweise finden sich Aloepflanzen, vor deren leuchtend gelben, zylinderbürstenartigen Blüten schimmernde Kolibris mit schwirrendem Flügelschlag in der Luft stehen, oder an denen gelb und schwarz gezeichnete Meisen emsig auf und ab klettern. Über den Kalkboden huschen zahllose farbenprächtige Eidechsen, und alle Gewächse sind weiß gesprenkelt von Myriaden von Schalen einer schneeweissen, gerippten Schnecke, *Pupa uva L.* Auf den Dividivibäumen, einer Akazie, deren Früchte als Gerbstoff dienen, sitzen sie in solchen Mengen, daß es beim Schütteln klingt, als wenn bei uns in einem Maikäferflugjahr ein Ahorn- oder Pflaumenbaum geschüttelt wird.

Beim Aufstiege zum Fort Nassau bei Willemstad sah ich in einer Geländefalte auf dem dünnen Kalkhang typische Roterde, Laterit; dies ist auch die einzige Stelle im Kalkgebiete geblieben; im Diabasgebiete habe ich in den von mir genauer begangenen Flächen ebenfalls keinen Laterit gesehen, wohl aber in größerer Entfernung im Innern der Insel ausgesprochen rote Böden mehrfach beobachten können. Der Grund für das Fehlen von Laterit im Kalkgebiete wurde mir klar, als ich einen der seltenen tieferen künstlichen Aufschlüsse sah: unter einer Decke hellen Kalkes von etwa 1 m Mächtigkeit folgte eine 1—2 m starke leuchtendrot gefärbte Zone und darunter wieder heller Kalk. Die bei der Lösung des Kalkes entstehende Roterde wandert demnach sogleich nach ihrer Entstehung mit den verrottenden Regenwassern in die Tiefe und wird dort auf allen Klüften und Spalten wieder niedergeschlagen, während an der Oberfläche nichts ihre Anwesenheit verrät.

Die eben geschilderten Verwitterungsvorgänge hängen eng mit den hydrologisch-meteorologischen Verhältnissen der Insel zusammen. Curaçao gehört zu den „Inseln unter dem Winde“ und erfreut sich deshalb nicht der häufigen Niederschläge der übrigen zu den „Inseln über dem Winde“ gehörenden Antillen. Die holländischen Inseln an der venezolanischen Küste sind so niederschlagsarm, daß es auf ihnen keine Quelle und keinen dauernd fließenden Bach oder Fluß gibt. Nur bei

den recht seltenen starken Regengüssen füllen sich für kurze Zeit die trockenen, wenig entwickelten Erosionstäler. Die Insel hat infolgedessen angeblich auch fast kein eigentliches Grundwasser, sondern ihre Bewohner sind auf die Aufspeicherung von Regenwasser in Zisternen und großen zementierten Tanks angewiesen. Eine eigentliche Regenzeit gibt es nicht, die Niederschläge erfolgen höchst unregelmäßig, und es war eine seltene und viel beachtete Ausnahme, daß während der 12 Tage meines zweiten Aufenthaltes in Curaçao fast täglich ein mehr oder weniger kräftiger Regenguß bis zu ein- oder gar zweistündiger Dauer erfolgte. Trotz der bei einer Wärme von 27—35° sehr starken Verdunstung muß doch im Gebiete der Korallenkalke eine ziemlich beträchtliche Aufspeicherung von Grundwasser erfolgen, und zwar an der Grenze von Korallenkalk und Diabas und in den Klüften des letzteren, und ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß es möglich ist, die Insel oder wenigstens die Hauptstadt Willemstad mit Grundwasser zu versorgen.

Die Mächtigkeit der Korallenkalke ist bei weitem nicht so groß, wie man aus der Höhe der mächtigen Kalkberge schließen könnte. Sie erheben sich um so höher, je stärker ihre Unterlage ansteigt, und ihre wahre Mächtigkeit läßt sich nur ermitteln, wenn man von dem Steilabfalle der Landseite ausgeht und den Höhenunterschied zwischen der Auflagerungsfläche und der Höhe, bis zu welcher die Riffe sich erheben, feststellt. Auf diese Weise konnte ich die Mächtigkeit des Korallenkalkes bei Willemstad unter Fort Nassau zu 40 m, am Nordabfalle des Tafelberges zu ungefähr 50 m bestimmen. An der Seroe di Boca, dem nächsten nach Westen hin folgenden Kalkberg südlich vom Spanischen Wasser, beträgt die Mächtigkeit etwa 40 m. In den drei Kalkbergen westlich von Willemstad, dem Seroe Domi, Seroe Pretoe (Priesterberg) und Veerisberg dürfte die größte Mächtigkeit ebenfalls zwischen 30 und 50 m liegen. Viel geringer sind die Mächtigkeiten offenbar in der tieferen Stufe, in der ich östlich und westlich vom Tafelberge Mächtigkeiten von rund 5—10 m in der Nähe des zutage tretenden Diabases beobachteten konnte.

Ich komme nun zu dem m. E. schwierigsten Problem von Curaçao, zur Erörterung der tektonischen Bewegungen, durch welche die Korallenkalke in ihre heutige Lage gelangt sind, und zur Erklärung des Unterschiedes der Lagerung der schräg gestellten oberen und

der horizontal lagernden unteren Stufe. K. MARTIN nimmt einfache vertikale Bewegungen an und zwar zuerst eine positive Strandverschiebung von mehr als 200 m und dann eine negative von mindestens 218 m. Letztere Zahl gewinnt er aus der Höhe des höchsten Korallenkalkberges, des westlichen Tafelberges (die in Wirklichkeit nach der neuen Karte 229 m beträgt). MARTIN nimmt also an, daß die Schrägstellung der älteren Korallenkalkformation nicht durch tektonische Einflüsse erfolgt, sondern primär ist. Gegen diese Annahme aber lassen sich einige gewichtige Bedenken ins Feld führen: Am nachdrücklichsten spricht gegen eine einfache senkrechte Hebung der Umstand, daß die riffbildenden Korallen sich von der Oberfläche des Meeres nur 30 bis höchstens 50 m entfernen. Da die gehobenen, schräg gestellten Riffe Curaçaos bis 200 m Höhe emporragen, ihre tiefsten Teile aber nur wenige Meter über dem heutigen Meeresspiegel liegen, so müßten letztere vor der Hebung in fast 200 m tiefem Wasser entstanden sein, was nach obigem ausgeschlossen ist. Ferner ist die Schrägstellung der Riffe nicht äußerlich, sondern spiegelt sich auch in ihrer inneren Struktur ab: die sandigen Einlagerungen im unteren Teile des Riffes besitzen Neigungen zum Meere hin, die viel zu hoch sind, als daß sie primär hätten entstanden sein können. Und schließlich spricht auch die überall wiederkehrende gleichmäßige Mächtigkeit des schräg gestellten Riffes von 30—50 m für seine ursprünglich horizontale Lagerung in einem flachen Meere. Da mit der Annahme einer gleichmäßigen senkrechten Hebung sich also die Lagerungsverhältnisse nicht in Einklang bringen lassen, so bleibt nur die Möglichkeit einer Faltung, die sich in Gestalt einer kuppelförmigen Aufwölbung vollzogen haben muß. Wir kennen leider nur ein von den Küstenbergen abgelöstes Korallenkalkvorkommen im inneren Teile der Insel, das ist die Ronde Klip im mittleren Teile der Insel. Ihre Lage paßt gut zu der Annahme einer Aufwölbung. Dieser Faltungsvorgang muß sich aber in den verschiedenen Teilen der Insel mit sehr verschiedener Stärke vollzogen haben, die wir aus der heutigen Höhe der einzelnen gehobenen Riffteile ableiten können. Dann hätten wir zwei Maxima der Aufwölbung, die durch die Lage der beiden hohen Tafelberge im N und O gekennzeichnet werden, dann vier Gebiete mit ebenfalls sehr

beträchtlicher Hebung ganz im N bei Westpunt, an der Ostküste südlich von Boca Ascension, westlich von Willemstad zwischen Piscadera Bai und Schottegatt und schließlich in der Gegend der Ronde Klip. Alle übrigen Gebiete sind weniger als 100 m hoch gehoben.

Es erhebt sich nun, wenn wir eine ungleichmäßige Aufwölbung annehmen, die Frage, ob die Korallenkalkdecke ursprünglich über die ganze Insel hinwegreichte, ob demnach nördlicher Tafelberg und Ronde Klip als der Abtragung entgangene Zeugengebirge aufzufassen sind, oder ob die heutige Verbreitung der Riffkalke annähernd dieselbe ist, wie unmittelbar nach der Hebung. Sicherlich ist das letztere der Fall, denn es ist ganz ausgeschlossen, daß eine Kalkdecke von 30—50 m Mächtigkeit über dem größten Teile der Insel so restlos abgetragen sein sollte, daß keine Spur davon mehr zu finden ist und daß gerade die durch ihre steilen Böschungen für Denudation besonders gut geeigneten Küstenberge dieser Abtragung erfolgreichen Widerstand geleistet hätten. Dann müßte man für die Zeit vor der Hebung folgenden Zustand des Inselgebietes annehmen: ein etwa 60—70 km langes, schmales, elliptisches Ringatoll, aus dessen nördlichem Teile sich eine Insel, der heutige St. Christoffelberg, etwa 150 m hoch erhob. In der Mitte verschmolzen das nördliche und südliche Riff zu einer ausgedehnten Platte. Natürlich lassen sich auch gegen solche Annahme Bedenken geltend machen: das Fehlen von Riffkalken an den Abhängen des kleinen Gebirges des Sint Christoffelberges im N der Insel, während sie doch auf der Höhe des Tafelberges sich in großer Mächtigkeit bildeten, das Fehlen aller marinen Lagunenbildung im Innern der Insel, wo wenigstens in dem mir genauer bekannt gewordenen östlichen Teile auf den ausgedehnten Diabasgebieten nirgends eine Spur davon zu finden ist. Dagegen liegt eine starke Stütze für die oben entwickelte Auffassung in dem Vorhandensein der zahlreichen Binnengewässer und der sie mit dem Meere verbindenden schmalen, tiefen Wasserstraßen. Die letzteren stellen offenbar die bei den heutigen Atollen überall zu beobachtenden Rifflücken dar, durch die das Wasser innerhalb des Atolls, die Lagune, mit dem offenen Meere in Verbindung bleibt, und haben offensichtlich ihre Lage und Gestalt vom Beginne der Riffbildung an nahezu unverändert durch alle Hebungen hindurch beibehalten.

Die jüngste Korallenkalkbildung ist ein schmales Saumriff, welches im östlichen Teile der Insel an der Südküste von Willemstad bis zum Oostpunt mit wenigen Unterbrechungen sich erstreckt. Dieses Saumriff hat eine Breite von 30—100 m, erhebt sich bis zu 2 m über dem Meeresspiegel und wird bei jedem stärkeren Seegange von den Wogen auf der Luvseite überspült. Es besteht aus festem Korallenkalk im Kerne, ist aber mit zahllosen gröberen und feineren, mehr oder weniger von der Brandung abgerollten Geröllmassen bedeckt, die fast ausschließlich aus zertrümmerten Korallen, starkschaligen, gegen die Brandung widerstandsfähigen Gastropoden und Bivalven, Spongien, Kalkalgen und anderen Riffbewohnern bestehen. Das Riff ist meist durch eine bald breitere, bald schmälere Lagune von der Insel getrennt, auf längeren Strecken aber auch ihr unmittelbar angegliedert. Solche breiteren Lagunen sind im O bei Newport die Fuikbai, der Lagoen Blanco, der Awa Blanco und der Awa di Oostpunt. Aber auch da, wo das Saumriff sich unmittelbar an die Insel anlegt, schieben sich vielfach noch ganz schmale, nur wenige Meter breite, aber bis zu 1 km lange Wasserstreifen dazwischen, oder eine kleine, langgestreckte Senke auf der Landseite des Riffes deutet darauf hin, daß eine solche Abtrennung früher vorhanden war. Die größeren Lagunen, wie die Fuikbai, die durch eine schmale Lücke im Riff Verbindung mit dem Meere haben, bilden vorzügliche natürliche Häfen. Die Fuikbailagune hat auf weite Erstreckung 10—25 m Wassertiefe und bietet Raum für ganze Flotten. Das Vorhandensein dieses Saumriffes beweist uns eine letzte senkrechte Hebung der Insel um einen Betrag von 2—3 m. Das Saumriff selbst kann sich durch Einschiebung langgestreckter, ganz schmaler Lagunen verdoppeln. An der Nordküste ist das Saumriff überall unmittelbar der mittleren Stufe angeschweißt.

Aus den bisherigen Beobachtungen läßt sich folgende Entstehungsgeschichte der Insel Curaçao ableiten: Während der Oberen Kreide lag das Gebiet unter Meeresbedeckung. Zu Beginn des Tertiärs tauchte es hervor und blieb nun Land während der ganzen Tertiärzeit; denn wir finden keine Spur von Tertiärablagerungen auf der Insel. Während dieser Zeit wurde in großen Teilen der Insel, besonders in der Osthälfte, die Kreideformation teils ganz abgetragen, teils weitgehend reduziert und auch der Diabas wurde wohl noch weitgehend durch Ausräumung

entfernt. Es muß dadurch zur Entstehung einer langgestreckten Wanne mit z.T. etwas erhöhten Rändern gekommen sein. Am Ende des Tertiärs tauchte das Land aufs neue unter und es begann die Herrschaft der Korallentiere, die auf den erhöhten Rändern der versenkten Wanne ein Riff aufbauten, welches ein elliptisches Becken einschloß und dieses in wechselnder Breite umgab. In diesem Zustande muß das Gebiet des heutigen Curaçao große Ähnlichkeit mit Teilen der Bahamas besessen haben. Dann erfolgte im Quartär die erste Hebung, die in Gestalt eines im einzelnen sehr verwickelt gebauten geschlossenen Gewölbes oder Domes sich vollzog. Dadurch kamen die Schichten der Kreideformation und die älteren Korallenkalke in ihre periklinale Lagerung, es entstanden die unsymmetrischen Kalkberge, die der Insel ihr Gepräge verliehen. Sie lagen aber nach dieser ersten Hebung etwa 30 m niedriger als heute. Die gehobenen Korallenriffe waren von einem Dutzend tiefer, schon vorher vorhanden gewesener Rinnen durchschnitten, durch welche der Ozean mit der das Innere ausfüllenden Lagune in Verbindung stand. Während der Hebung wurden diese alten Kanäle durch das aus der riesigen Lagune ausfließende Wasser offen gehalten und vertieft. Wahrscheinlich lag damals alles Gebiet der inneren Insel, was heute unter + 30 m liegt, unter Wasser, vor allem also die große Diabasebene im O; alle die heute noch vorhandenen Binnengewässer besaßen eine größere Ausdehnung als heute. Im Innern der Lagune erfolgte keine nennenswerte Sedimentbildung. Auf der Außenseite des gehobenen Riffes, auf dem flach nach allen Seiten abfallenden Sockel der Insel, setzte sich die Korallenkalkbildung fort und neue ausgedehnte Kalkmassen wurden erzeugt. Dann erfolgte eine zweite Hebung um rund 30 m, durch welche der jüngere, flach lagernde äußere Korallenkalkgürtel der Insel erzeugt wurde.

Durch die zweite Hebung wurde die Lagune im Innern der Insel stark verkleinert und annähernd auf den Umfang der heutigen Binnengewässer eingeeengt. Auf der Außenseite der Insel begann nun auf langen Strecken ein der Küste paralleles, von ihr höchstens ein paar hundert Meter entferntes, meist aber sich ihr auf 100 und weniger Meter näherndes Saumriff sich zu bilden. Jetzt aber begannen auch innerhalb der Lagune im westlichen Teile des Schottergatt in dem ruhigen Wasser der Lagune Korallenrasen

sich zu bilden; eine letzte, relativ sehr junge Hebung von höchstens 3—4 m brachte diese letzteren Bildungen, die einige der westlichen Halbinseln des Schottagatt überkleiden, an die Oberfläche und gliederte auch das Saumriff mehr oder weniger eng an die Insel an. Wann diese drei, in ihrer Stärke immer mehr abnehmenden Hebungen erfolgten, läßt sich bei dem Mangel anderer gleichaltriger Ablagerungen nicht sagen. Um dies zu ermitteln, müßte man wohl die jüngere Entwicklungsgeschichte der ganzen westindischen Inseln berücksichtigen. So kann ich auch nicht sagen, ob K. MARTIN recht oder unrecht hat, wenn er die erste Hebung in das ältere, die zweite in das jüngere Quartär verlegt. Die dritte, kleinste Hebung erwähnt er nicht. Aus dem Erhaltungszustande der Korallen selbst in den ältesten Teilen des Riffes muß man allerdings wohl auf große Jugendlichkeit schließen.

Ich komme zum letzten Teile meiner Mitteilungen, zu einer Besprechung des mächtigen Kalkphosphatlagers, welches im östlichen Teile der Insel Gegenstand eines lebhaften Steinbruchbetriebes ist. Die mir bekannt gewordenen beiden Phosphatlagerstätten Curaçaos liegen im östlichen Teile der Insel, die eine im oberen Teile des östlichen Tafelberges, die andere 3 km weiter westlich auf dem als Duivelsklip bezeichneten Korallenberge. Nur ein kleiner Teil des Tafelberges ist in Phosphorit umgewandelt. Wie das Profil S. 343 zeigt, besteht der Berg in seinem schräg gestellten ältesten Teile aus einem unteren, stark ansteigenden Abschnitte, der von 25—90 m Meereshöhe reicht, einer mittleren, flach geneigten Stufe zwischen 90 und 120 m und einer oberen, wieder stark ansteigenden Stufe, die von 120—200 m Höhe emporreicht. Die mittlere Stufe ist es, die phosphorisiert ist; die Länge dieser Verebnungsstufe beträgt über 1000 m, ihre durchschnittliche Breite 250 m; daraus berechnet sich die Fläche des Phosphoritlagers zu etwas über 25 Hektar. Durch zwei oder drei Versuchsschächte auf der Sohle des Bruches ist die Mächtigkeit der Ablagerung zu rund 20 m festgestellt. Dann ergibt sich das Volumen des gesamten Lagers zu 5 Millionen Kubikmetern, so daß hier also ein ganz enormer Vorrat aufgespeichert ist. Die jährliche Förderrung beträgt seit dem Ende des Weltkrieges, also seit 1919, jährlich etwa 100 000 t, die fast ausschließlich durch die Reederei Horn in Flensburg verschifft und zu etwa 20% in Deutschland verarbeitet werden. Das Werk beschäftigt im

ganzen etwa 400 Arbeiter. Eine 1500 m lange Drahtseilbahn mit 100 m Gefälle führt den gewonnenen Phosphorit in einen Steinbrecher, der die Masse in bis faustgroße Stücke zerkleinert. Aus dem Brecher, der nur dann arbeitet, wenn Schiffe zum Laden bereit liegen, gelangt der zerkleinerte Phosphorit auf ein Band ohne Ende, auf welchem er durch Vermittlung einer verschiebbaren Brücke bis über die Bunker des Schiffes geführt wird, in die er durch einen Trichter unmittelbar hineinfällt. Vorher wird das verladene Gut auf dem Band automatisch fortlaufend gewogen. Die Gewinnung im Bruche erfolgt, soweit das Gestein von zahlreichen Klüften durchsetzt ist, mit Brecheisen von Hand, da, wo der Phosphorit große massige Felsen bildet, durch Schießen mit Dynamit.

Bis zum Jahre 1918 war die Ausbeutung unbedeutend, erst seit jener Zeit wird ein planmäßiger, energischer Abbau getrieben. Das Werk ist im Besitze einer Aktiengesellschaft, deren Aktien sich teils in englischer, teils in deutscher Hand befinden.

Der Tafelberg ist in seinem älteren, höheren Teile von den gleichalten Kalkbergen, z. B. bei Willemstad, dadurch verschieden, daß die zoogene Struktur nahezu völlig verschwunden ist, daß das Gestein eine vollkommene Umwandlung erfahren hat und z. T. in kristallinen Kalk, z. T. in Phosphorit umgewandelt ist. Während die untere und obere stark geneigte Stufe aus kohlensaurem Kalk bestehen, ist die mittlere in phosphorsauren Kalk umgewandelt. Nach der Tiefe hin scheint die Umwandlung da aufzuhören, wo die lockeren Korallensande des ursprünglichen Profils beginnen, die in den unteren 10—15 m des alten Riffes sich finden. Die Versuchsschächte haben, wenigstens nach Angabe des Betriebsführers, unter dem Phosphorit „weißen Sand“ angetroffen, der kaum etwas anderes sein kann, als der von mir unter Fort Nassau bei Willemstad in mehreren Lagen beobachtete lockere Sand. Die Umkristallisation und die Phosphoritisierung hat nicht nur die zoogene Struktur des Korallenkalkes vollkommen verwischt, sondern auch den ursprünglich sehr durchlässigen, mit großem Porenvolumen behafteten Korallenkalk in ein vollkommen kompaktes massiges Gestein verwandelt. Die ehemaligen Klüfte des Gesteins, durch welche die phosphorhaltigen Lösungen sich bewegten, sind ausgefüllt wie mit Adern das Gestein durchziehenden farbigen Phosphate n, die auf zahlreichen Drusenräumen mit der charakteristischen traubig-

gen Oberfläche der Gelmineralien auskristallisiert sind. Unter diesen Mineralien finden sich solche von hellavendelblauer Farbe recht häufig, solche mit grünen und gelben Farbtönen ebenfalls häufig, braune bis schwarze Mineralien seltener, rote nur sehr wenig. Rein weiße, nicht in Trauben, sondern in kleinen Kristallen ausgebildete Mineralien scheinen ausschließlich aus Kalkspat zu bestehen. Auch hellroter Mangan-spat kommt vor.

Die Umwandlung des Korallenkalkes im Phosphat ist auf ausgedehnte und mächtige Guanolager zurückzuführen. Die obere Terrasse des Tafelberges war ein Brutplatz, der wahrscheinlich Jahrtausende hindurch von Vögeln benutzt wurde. Als solche können, da Möwen, Enten und Gänse im Karibischen Meere kaum vorkommen und die dort häufigen Komorane Baumbrüter sind, nur Pelikane in Frage kommen, und zwar der braune Pelikan, *Pelecanus fuscus* L., der in den mittelamerikanischen Küstengewässern ungemein häufig ist.

Die chemische Untersuchung des von mir gesammelten reichlichen Materials an Phosphoritmineralien und ihre mineralogische Prüfung ist noch nicht abgeschlossen.

Der Phosphorit selbst ist in seiner Hauptmasse grau gefärbt, doch finden sich auch abweichende Färbungen, wie grauweiß, rötlich, graugelb und rein weiß. Den Durchschnittsgehalt des Lagers an Phosphorsäure ergeben am besten die beim Löschen der Dampfer ausgeführten Durchschnittsanalysen. Beim Löschen in Hamburg werden mit großer Sorgfalt Durchschnittsproben durch Ausscheiden jeder 50. Tonne der Ladung gewonnen, die auf Kalziumtriphosphat, Wasser, Eisen und Tonerde untersucht werden. Die außerordentliche Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung ergibt sich aus den mir von der Firma EMIL HAUENSCHILD in Hamburg freundlichst übermittelten Analysentabellen über die Ablieferungen der einzelnen Jahre, die ich im folgenden zusammengezogen wiedergebe.

Jahr	Zahl der Analysen	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	H_2O	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	Höchster Wert für $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	
					Durchschnitt	Niedrigster Wert für $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$
1920	28	87,66	0,91	0,73	88,565	85,675
1921	31	87,25	1,23	0,805	88,755	86,19
1922	32	86,27	1,64	0,795	87,39	85,14
1923	34	86,77	1,30	0,810	87,66	85,54
1924	40	86,25	1,30	0,835	87,28	84,79
1925	20	86,328	0,937	0,677	87,49	84,31

Danach ist die größte Differenz unter 185 Schiffs-ladungen $88,755 - 84,79 = 3,965\%$. Gegen 1920 und 1921 hat der Gehalt an Phosphat um etwa 1% abgenommen. Als Vergleich seien nach DAMMER und TIETZE, Die nutzbaren Mineralien, Stuttgart 1914, einige Zahlen für andere durch Korallenkalkmetamorphose entstandene Phosphoritvorkommen gegeben:

Ort	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$
Christmasinsel	83,53 %
Palauiinseln	86,76 %
Nauru . .	82,20 %
Malden Island	79,45 %

Danach gehört der Curaçaophosphorit zu den höchst-wertigen sogenannten „Inselphosphaten“.

Geologische Übersichtskarte
von
Ost-Curaçao

Aufgenommen 1925 von K. Keilhack.

Diabas Älteres schräggestelltes Korallenrif phosphatisiert Jüngeres horizontales Rif

Junges Schwemmland
Sauvif Alluviales

Schichtlinien von 20 zu 20m

