

Über ein holozänes Korallen- und Mangrovenvorkommen nahe Santa Marta, Kolumbien

Von

AXEL VON ERFFA und JÖRN GEISTER

Mit 7 Abbildungen im Text und auf 1 Beilage sowie 3 Tafeln

Resumen

En el mes de Noviembre 1969 olas largas procedientes de un huracán en el NW del Mar Caribe causaron temporalmente la erosión de la "Punta La Loma", una punta de arena situada en la playa frente al aeropuerto "Simón Bolívar" de Santa Marta. Como resultado de este suceso afloró el sustrato de esta punta, el cual está formado de una granodiorita encostrada por corales arrecifales y cubierta por una arena cementada. En la fauna coralina están representadas solamente especies recientes conocidas de la costa colombiana del Caribe. También se encontraron algunos moluscos y abundantes restos litificados de raíces de mangles. Todos estos fósiles se observaron a un nivel no más de 1 m encima de la línea de bajamar. Debido al levantamiento considerable que sufrió el macizo de la Sierra Nevada durante el Pleistoceno y a la preservación excelente de los fósiles la edad de los depósitos se calcula como post-Pleistoceno es decir Holoceno. Para la formación de los depósitos de la "Punta La Loma" se propone la siguiente sucesión de eventos:

1) Colonización del sustrato granodiorítico por algas calcáreas incostrantes y por una fauna iniciadora de corales arrecifales dominada por la especie *Siderastrea radians*. La casi exclusiva presencia de este coral en la base del depósito indica un ambiente ecológico poco favorable — es decir fuera del óptimo — para el crecimiento de arrecifes.

2) Encima de esta asociación se formó una pradera de corales florecientes en la cual abundan las siguientes especies: *Diploria strigosa*, *D. clivosa*, *Porites porites*, *Siderastrea* ssp. Menos frecuentes son *Stephanocoenia michelini*, *Porites astreoides*, *Solenastrea bournoni*, *Oculina diffusa*, *Isophyllia multiflora*, *Millepora* sp. y otras.

La diversidad y abundancia de esta fauna indica un mejoramiento considerable de los factores ecológicos en este período. Algunas colonias hemisféricas de *Diploria* ssp. alcanzan 2 m de diámetro.

3) Una nueva degradación del ambiente ecológico causa sucesivamente la muerte de dicha pradera de corales. La fase final está otra vez caracterizada por el predominio de *Siderastrea radians*.

4) Sedimentación de arena y crecimiento de mangles en los sedimentos sobre los corales.

5) Levantamiento de la costa seguido por la resedimentación de las arenas y refracción de las raíces de mangle en la zona de la resaca. Litificación de los sedimentos.

6) Los afloramientos de corales están cubiertos actualmente por arena de playa o por dunas y se encuentran descubiertos solamente durante temporadas de erosión fuerte causada por el oleaje.

Zusammenfassung

Eine ungewöhnlich starke Dünung, welche von einem Hurrikan im nordwestlichen Karibischen Meer verursacht wurde, erodierte im November 1969 vorübergehend den Strand am Sandhaken "Punta La Loma" vor dem Flughafen von Santa Marta. Dabei zeigte sich, daß das Substrat des Hakens aus Granodiorit besteht, welcher von Riffkorallen besiedelt wurde. Letztere sind heute weitgehend von einer verfestigten Sandlage überdeckt, welche zahlreiche Bruchstücke von Mangrovenwurzeln enthält. Alle angetroffenen Korallen sind von der rezenten Fauna der karibischen Küste Kolumbiens bekannt. Die Fossilablagerungen erheben sich bis maximal 1 m über den Niedrigwasserspiegel. Sie sind sehr wahrscheinlich holozänen Alters. Dafür spricht die offensichtlich noch nicht erfolgte Rekristallisation der Korallenskelette. Auch die aus anderen Untersuchungen bekannte, sehr beträchtliche quartäre Heraushebung der Sierra Nevada läßt eigentlich nur an ein holozänes Alter der Korallen denken.

Summary

In November 1969 high swell from a hurricane in the northwestern Caribbean Sea caused temporary beach erosion at the "Punta La Loma", a sandy spit situated in front of the airport of Santa Marta. The erosion revealed the substrate of the spit which is formed of granodiorite incrustated by reef corals and covered with cemented sand, in which numerous remains of lithified roots have been found. All the corals belong to species presently known from the Recent fauna of the Caribbean coast of Colombia. Based on their internal structure the lithified roots have been attributed to mangroves. The fossil deposits are situated up to 1 m above low tide level. Their age has been estimated as Holocene. This is supported by the obvious lack of recrystallization of the corals. The considerable uplift of the Sierra Nevada that occurred during Pleistocene time, too suggests a very young i. e. Holocene age of the fossils.

Einleitung

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Beobachtungen wurden im Winterhalbjahr 1969/70 während eines Forschungsaufenthaltes an der Nordküste Kolumbiens bei Santa Marta gemacht. Zu Beginn dieses Zeitraumes verursachte ein tropischer Wirbelsturm in der Karibischen See starke Dünung, die bei Santa Marta aus NNW auf die Küste traf und dadurch an der „Punta La Loma“ am Nordende des Flughafens von Santa Marta den Sandstrand schnell erodierte. Dabei kam ein Vorkommen fossiler Korallen und Mangrovenwurzeln zum Vorschein, das maximal nur etwa 1 m über den mittleren Wasserstand ragte. Dieses Vorkommen konnte ca. 10 Wochen lang beobachtet und dreimal vermessen

werden, um die durch Erosion und Zusedimentieren aufgetretenen Veränderungen aufzuzeichnen. Danach war es wieder erneut durch frische Strandsedimente verdeckt. Es wurden für eine spätere Bestimmung Fossilien aufgesammelt. Die Häufigkeit der einzelnen Korallenarten wurde im Gelände geschätzt. Die Auswertung des Sammlungsmateriales und der Daten erfolgte an den Geologischen Instituten der Universitäten Gießen und Bern.

Lage des Fundpunktes

Der Fundpunkt liegt auf der „Punta La Loma“, unmittelbar westlich vor dem Nordende der Rollbahn des Flughafens „Simón Bolívar“ von Santa Marta. Die „Punta La Loma“ bildet an der allgemein N—S-verlaufenden Küste zwischen Santa Marta und Ciénaga einen nach SW gerichteten Landvorsprung (Abb. 1). Sie besitzt die Form eines ungleichschenkligen Dreiecks, das etwa 120 m nach W über die allgemeine Küstenlinie hinausragt.

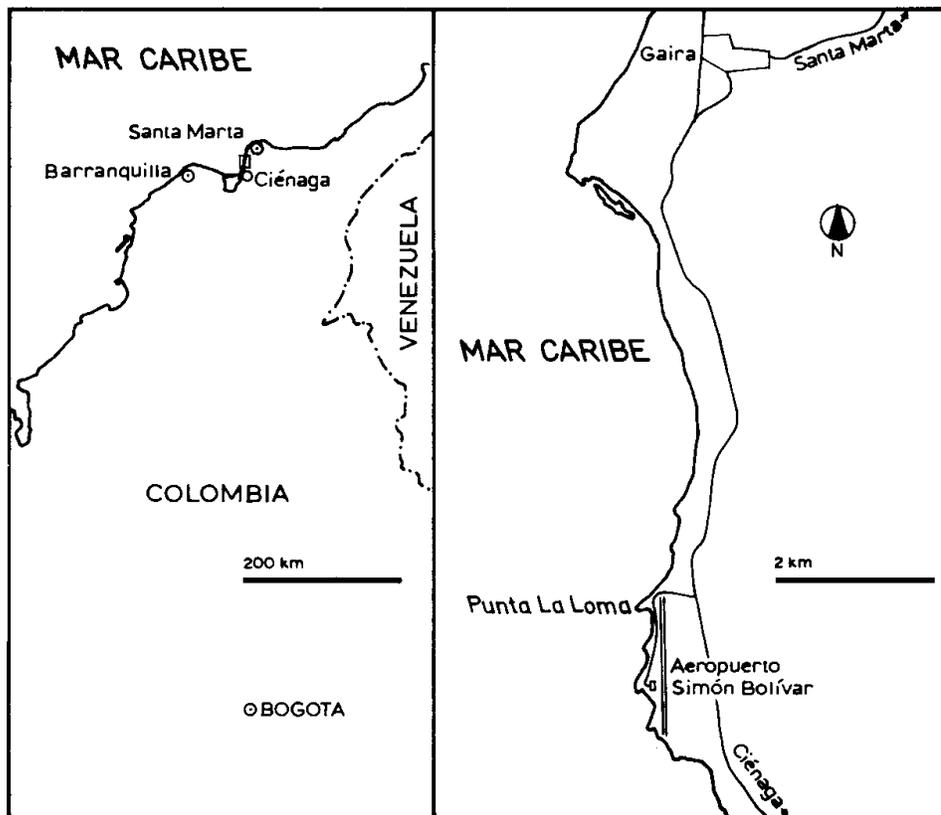


Abb. 1. Lage der „Punta La Loma“ am Flughafen von Santa Marta.

Die Küste im weiteren Bereich des Flughafens gliedert sich in mehrere kleine Buchten mit Sandstränden und Küstenvorsprüngen, die sich aus Sand oder aus dem Granodiorit des Batholithen von Santa Marta aufbauen. Hinter der Küste schließt sich eine etwa 2 km breite, leicht zur See hin geneigte Verebnung an, welche zu den Vorbergen der Sierra Nevada überleitet. Sie könnte als gehobene Brandungsplattform gedeutet werden. Die Verebnung ist mit den teilweise umgelagerten Verwitterungsprodukten des Granodiorites überdeckt. Entwässert wird dieses Gebiet durch periodisch wasserführende Bäche. Der Strandsand stammt zum Teil aus den Ablagerungen dieser Bäche, zum Teil auch von den bis zu 20 m hohen, aktiven Kliffen im Granodiorit südlich des Flughafens. Vor der Küste liegt ein sehr flacher Schelf, der erst ca. 2 km W der „Punta La Loma“ 10 m Wassertiefe erreicht.

Beschreibung der äußeren Gestalt der „Punta La Loma“ und der Fundumstände der Fossilien

Nur dem Zufall und einer nicht sehr häufigen meteorologischen Situation ist es zu verdanken, daß das Korallenvorkommen der „Punta La Loma“ entdeckt wurde. Während einer Strandbegehung im August 1969 war davon nichts zu ahnen. Die „Punta La Loma“ erschien damals als ein durch Meeresströmungen und Wind aufgebauter Sandstrandhaken.

Ein tropischer Wirbelsturm, der im November 1969 durch die nordwestliche Karibische See zog, verursachte eine starke Dünung, die den Sandstrand vor der Düne der „Punta La Loma“ rasch erodierte. Am 16. 11. 1969 war der in Abb. 2 (oben) dargestellte Zustand erreicht. Der an dieser Stelle sonst über 10 m breite Sandstrand nördlich und südlich der Düne sowie der lange, sandige Strandhaken waren fast ganz verschwunden. Dabei wurde die Unterlage des Strandes freigelegt, die unerwarteterweise aus einem zusammenhängenden Korallenvorkommen besteht, das auf ca. 50 m Länge und 20 m Breite aufgeschlossen lag.

Das Korallengestein bildet eine Platte, die nach W gegen das Meer hin leicht einfällt. Die Ränder dieser Platte sind steil und ragen etwa 1 m über den Niedrigwasserspiegel. Ihre Oberfläche zeigt ein Relief mit verschieden großen Becken und Rinnen, die durch Rücken und Buckel im Dezimeterbereich voneinander getrennt sind. Die Vertiefungen waren mit gut bis mäßig sortierten Grob- bis Mittelsanden gefüllt, in denen gerundete Molluskenreste nicht selten waren.

Die Platte selbst besteht aus Korallenstöcken verschiedenster Größe, zwischen denen sandiges Sediment zur Ablagerung kam, das heute kalkig verfestigt vorliegt. Der Kontakt der Korallenplatte mit dem Liegenden war unmittelbar südlich der Westspitze der Düne aufgeschlossen. Dabei

zeigte sich, daß das Liegende von Granodiorit gebildet wird. Die Erosion hatte zu diesem Zeitpunkt auch schon am Südrand der Düne eingesetzt und verstärkte sich noch im Laufe der nächsten Wochen.

Am 22. 11. 1969 waren die Korallenplatte und weitere Granodiorit-Aufschlüsse auch im E freigelegt worden (Abb. 2, Mitte und Abb. 3). Es war jetzt zu erkennen, daß die Korallen nach E — zum Festland hin — zahlenmäßig abnehmen. Auch das Westende der „Punta La Loma“ war noch mehr freigespült worden. Auf diese Weise wurde auch westlich einer etwa 8 m breiten, tiefen Rinne eine weitere, große Korallenplatte von mehr als 20 m Durchmesser freigelegt. Damit war das Korallenvorkommen der „Punta La Loma“ auf eine Längserstreckung von annähernd 100 m aufgeschlossen. Etwa 100 m weiter E der Dünenspitze fanden sich darüberhinaus noch in einer ebenfalls von Sediment freigespülten Rinne verschiedene Korallen der beiden Arten *Phyllangia americana* und *Astrangia solitaria*, die dem Granit unmittelbar aufsaßen. Da die Kalkplatte nach SW leicht einfällt, ist anzunehmen, daß sie sich auch noch unter Wasser zumindest in diese Richtung fortsetzt. Ihre gesamte Ausdehnung konnte allerdings wegen extremer Wassertrübung auch durch Tauchen nicht ermittelt werden.

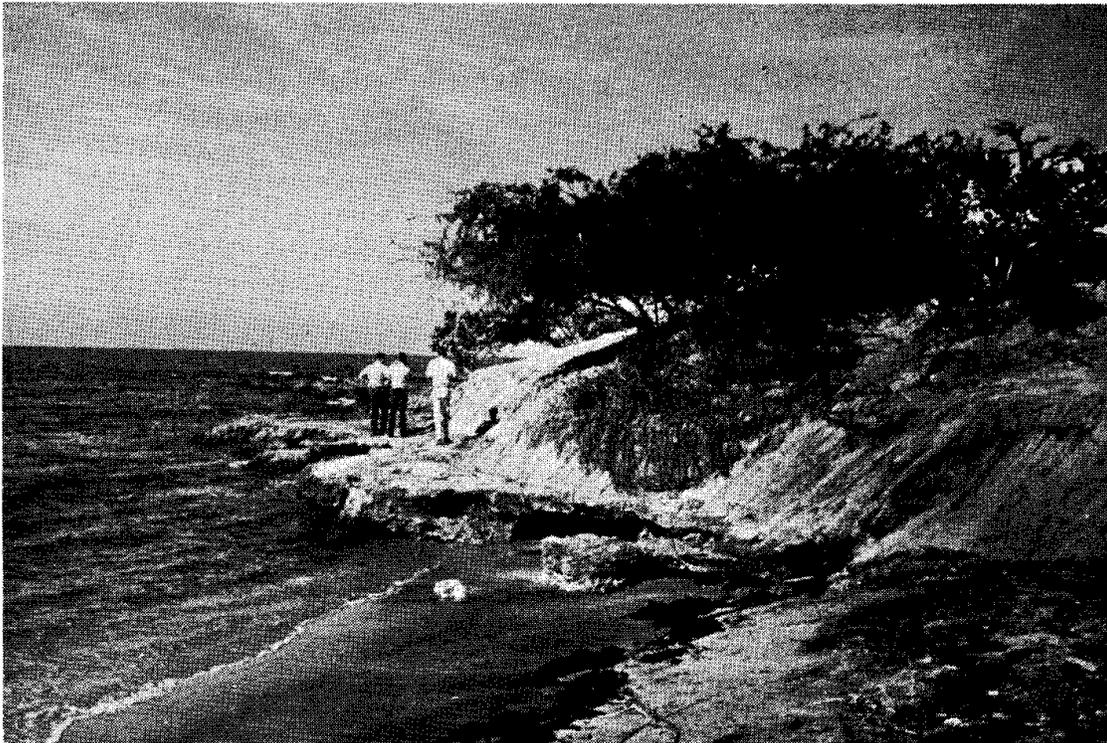


Abb. 3. Das durch Erosion freigelegte Korallenvorkommen südlich der Düne an der „Punta La Loma“ (fot. A. v. ERFFA, 22. 12. 1969).



Abb. 4. Die „Punta La Loma“ völlig zusedimentiert (fot. A. v. ERFFA, 8. 9. 1970).

Die Darstellung auf Abb. 2 (unten) zeigt, daß der Höhepunkt der Erosion bereits am 3. 1. 1970 überschritten war. Südlich und westlich der Düne hat sich noch nicht viel geändert, aber die trockenzeitliche „Brisa“ (vgl. HERRMANN 1970) ließ die Düne in der Folgezeit südwestwärts wachsen, und im Zusammenhang damit wurde auch der Strand nördlich der Düne wieder breiter. Dieser Vorgang setzte sich im Laufe der Trockenzeit fort. Schließlich war im September 1970 kein Hinweis mehr dafür zu finden, daß sich unter dem sandigen Strandhaken der „Punta La Loma“ ein größeres Vorkommen fossiler Riffkorallen befindet (Abb. 4).

Ökologische Bemerkungen zum fossilen Korallenvorkommen der „Punta La Loma“

Um einen Überblick über die systematische Zusammensetzung der Fauna zu erhalten, wurden im Frühjahr 1970 während verschiedener Besuche an der „Punta La Loma“ zahlreiche Korallenproben für spätere genaue Bestimmungen aufgesammelt. Die Liste dieser Korallenfauna ist in Tab. 1 wiedergegeben.

An den Ablagerungen der heutigen „Punta La Loma“ läßt sich eine gewisse zeitliche Abfolge der Besiedlung ablesen, die ihre Ursache in den

Tabelle 1

Liste der fossilen Korallen der „Punta La Loma“ bei Santa Marta

- Ordnung Milleporina HICKSON, 1901
 Familie Milleporidae FLEMING, 1901
Millepora sp. (Bruchstücke wahrscheinlich von *M. squarrosa* LAMARCK, 1816)
- Ordnung Scleractinia BOURNE, 1900
 Unterordnung Astrocoeniina VAUGHAN & WELLS, 1943
 Familie Astrocoeniidae KOPY, 1890
Stephanocoenia michelini MILNE-EDWARDS & HAIME, 1848
- Unterordnung Fungiina VERRILL, 1865
 Familie Siderastreidae VAUGHAN & WELLS, 1943
Siderastrea siderea (ELLIS & SOLANDER, 1786)
Siderastrea radians (PALLAS, 1776)
- Familie Poritidae GRAY, 1842
Porites astreoides LAMARCK, 1816
Porites porites var. *divaricata* LESUEUR, 1820
- Unterordnung Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943
 Familie Faviidae GREGORY, 1900
Favia fragum (ESPER, 1797)
Diploria clivosa (ELLIS & SOLANDER, 1786)
Diploria strigosa (DANA, 1846)
Colpophyllia natans (MÜLLER, 1775)
Solenastrea bournoni MILNE-EDWARDS & HAIME, 1849
- Familie Rhizangidae D'ORBIGNY, 1851
Astrangia solitaria (LESUEUR, 1821)
Phyllangia americana MILNE-EDWARDS & HAIME, 1848
- Familie Oculinidae GRAY, 1847
Oculina diffusa LAMARCK, 1816
- Familie Mussidae ORTMANN, 1890
Isophyllia multiflora VERRILL, 1902

sich ändernden ökologischen Bedingungen an der Landspitze gehabt haben dürfte. Die Besiedlung setzte mit der Bildung einer zusammenhängenden „Tapete“ von roten Kalkalgen (Melobesieae) ein, die an der Oberfläche des Granodiorites eine auffallende Überkrustung bilden. Auf dieser Kalkalgentapete setzten sich in der Folgezeit zahlreiche kleine, inkrustierende Kolonien vor allem von *Siderastrea radians* fest, welche ein loses Korallenpflaster bildeten. Erst in der darauffolgenden Besiedlungsphase traten zahlreiche Arten, darunter teilweise mit sehr großwüchsigen Kolonien hinzu. Es dominieren zahlreiche große Stöcke von *Diploria* ssp., die teilweise bis zu 2 m Durchmesser erreichen können. Vielfach kann beobachtet werden, daß die Pionierfauna von *Siderastrea radians* von den großen *Diploria*-Kolonien der zweiten Korallengeneration überwachsen werden und damit teilweise deren Substrat bilden. Auch ungewöhnlich

große Kolonien von *Siderastrea* ssp. und die kleinen Kolonien von *Favia fragum* sind jetzt recht häufig. Alle übrigen in Tab. 1 genannten Formen treten mehr oder weniger stark dahinter zurück. Nach dem Absterben der zweiten Korallengeneration nahm wieder eine Fauna fast ausschließlich von kleinen *Siderastrea radians* überhand und besiedelte die Oberfläche der großen Kolonien und z. T. deren Zwischenräume.

Siderastrea radians zeigt von den westindischen Korallenarten die besten Anpassungen an extreme Schwankungen der Umweltfaktoren. Sie besitzt vor allem hohe Toleranzen gegenüber den schädigenden Einflüssen von Salinitäts- und Temperaturschwankungen, Sedimentation, Abrasion sowie Sauerstoffmangel. Ihr fast alleiniges Auftreten zu Beginn und gegen Ende der Korallenbesiedlung der „Punta La Loma“ wird als Hinweis für relativ ungünstige Lebensbedingungen angesehen, die weit außerhalb des Optimums für die meisten Riffkorallen gelegen haben dürften. Aus der Dichte der Besiedlung und dem Artenreichtum im mittleren Abschnitt der Faunenabfolge als auch aus der dort ungewöhnlichen Größe zahlreicher Kolonien könnte man dagegen schließen, daß die Bedingungen für den Korallenwuchs zu jener Zeit relativ günstig gewesen sein müssen.



Abb. 5. Eine einzelne Kolonie von *Diploria strigosa*, aufgewachsen auf dem Granodiorit der „Punta La Loma“ (fot. A. v. ERFFA).

In der Fauna der „Punta La Loma“ überwiegen bei weitem massige und inkrustierende Korallenkolonien, welche stets *in situ*, vielfach auch unmittelbar auf dem Granodiorit aufgewachsen angetroffen wurden (vgl. Abb. 5). Zahlenmäßig stark zurück treten dagegen die verzweigten Formen (*Porites porites* var. *divaricata*, *Oculina diffusa* und *Millepora* sp.), welche lediglich als Bruchstücke in den heute verfestigten Sanden eingebettet wurden. Derartige Verhältnisse kann man rezent nicht selten bei einer Korallenbesiedlung auf Felsterrassen im küstennahen Flachwasserbereich beobachten. Liegen solche Terrassen ungeschützt gegen die offene See, dann sind sie oftmals einer saisonbedingten oder episodischen Einwirkung von Sturmwellen und Abrasion ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen zeigen sich inkrustierende und hemispärische Korallenkolonien besonders resistent. Die verzweigten Kolonien können lediglich in den ruhigen Intervallen aufsiedeln und gedeihen, werden jedoch bei Sturmwellen jeweils wieder zerstört. Solche Bedingungen dürften kennzeichnend für die ökologischen Bedingungen an der „Punta La Loma“ gewesen sein.

Das sehr häufige Auftreten von *Diploria strigosa*, einer an relativ starke Wellenexposition angepaßten Form, kann — gemessen an der Wellenexposition der heutigen Küstenlinie — als Hinweis dafür gewertet werden, daß die gesamte Fauna im flachen Wasser — kaum tiefer als 2 m — eher noch flacher gelebt haben dürfte.

Die laterale Erstreckung des Korallenvorkommens von über 100 m und die geringe Mächtigkeit von kaum mehr als 1 m zeigen, daß es sich trotz des Auftretens zahlreicher Korallen um kein echtes fossiles Korallenriff handelt. Viel eher dürften die Ablagerungen als Korallenrasen angesprochen werden.

Über einige Korallen der „Punta La Loma“

Bei den an der „Punta La Loma“ gefundenen und in Tab. 1 angeführten Korallen handelt es sich ausschließlich um Formen, die aus der rezenten Fauna des Karibischen Meeres gut bekannt sind. Auch wurden bereits alle Arten von der kolumbianischen Atlantik-Küste genannt. Auf einige der Korallen soll im Folgenden etwas näher eingegangen werden.

Siderastrea radians

Diese Koralle tritt an der Basis des Korallenvorkommens häufig in Form von bis zu mehr als 10 cm großen knollen- bis krustenförmigen Kolonien auf. Im mittleren Abschnitt der Faunenabfolge erreicht sie nicht selten Faust- bis Kopfgröße. Hier wurden außerdem 3 Stöcke von etwa 1,5 m Durchmesser festgestellt. Eine dieser Korallen zeigt eine „blumenkohlartig“ verzweigte Wuchsform, wie sie sonst nur bei manchen

Kolonien von *Montastrea annularis* beobachtet werden kann. Ein hiervon aufgesammelter Ast ist 6 bis 10 cm breit und erreicht mehr als 25 cm Länge (Taf. 1). Eine derartige Wuchsform scheint von *Siderastrea radians* bisher noch nicht beschrieben worden zu sein. *Siderastrea*-Kolonien dieser ungewöhnlichen Dimensionen sind uns rezent nur von der Art *S. siderea*, nicht aber von *S. radians* bekannt. Von *Siderastrea siderea* wurden an der „Punta La Loma“ nur verhältnismäßig kleine Exemplare aufgesammelt.

Porites porites var. *divaricata*

Kolonien dieser Art fanden sich nur in Form von Bruchstücken im verfestigten Sediment eingebettet. Die Korallenäste zeigen Durchmesser von 5 bis 9 mm. Es herrschen solche von 6 bis 7 mm vor. Damit ist die angetroffene Form etwas dickstiger als die typische var. *divaricata* und muß als Übergangsform zu var. *furcata* angesehen werden.

Diploria clivosa

Unter den zahlreichen *Diploria*-Kolonien, welche an der „Punta La Loma“ angetroffen wurden, fanden sich sowohl die Arten *D. strigosa* als auch *D. clivosa*. Ein Exemplar einer *Diploria*-Kolonie von vorerst problematischer Zuordnung wurde neben verschiedenen der oben genannten Formen aufgesammelt und soll im Folgenden kurz beschrieben werden:

Es handelt sich um ein Bruchstück einer massigen Kolonie von 20 cm Durchmesser und etwa 12 cm Höhe. Die Kolonie weicht von allen übrigen angetroffenen *Diploria*-Kolonien durch stark unterdrückte Mäanderbildung ab. Außerdem ist die Kelchwand stellenweise sehr schwach ausgebildet beziehungsweise fehlt ganz, so daß der Korallenstock in diesen Bereichen ein konfluentes Aussehen erhält.

Mäander sind auf der Kolonie nur sehr beschränkt ausgebildet und erreichen selten 25 mm Länge (Taf. 2, a). In diesen Bereichen ist eine etwa 1 mm dicke Kelchwand ausgebildet, welche deutlich in Erscheinung tritt. Die Breite der Täler schwankt zwischen 3 und 5 mm. Meist liegt sie bei 4,5 mm. Auf 1 cm Länge der Täler wurden 22 bis 30 Septen gezählt, mit den häufigsten Werten um 25. Die Septen sind alternierend kurz und lang. Die trabekuläre Kolumella ist schwächer entwickelt als bei der typischen *Diploria clivosa*, aber meist deutlich zu erkennen.

Der größere Teil der Kolonieoberfläche zeigt keine Mäanderbildung, sondern mono- bis trizentrische Kelche. Einzelkelche zeigen Durchmesser von 4 bis 8 mm mit häufigeren Werten um 6 mm. Es wurden 15 bis 36 Septen pro Kelch gezählt. Auch hier treten stets alternierend lange und kurze Septen auf. Die Kelchwand ist dünn und unscheinbar und vielfach auch weitgehend unterdrückt. Hier treten die Dissepimente meist deutlich im Bereich des gesamten Kelches in Erscheinung. Die Kolumella ist nur

sehr locker ausgebildet und scheint vielfach auch vollständig unterdrückt (Taf. 2, b—d).

Trotz einiger Bedenken wurde das vorliegende Stück zu *Diploria clivosa* gestellt. Die Bestimmung gründet sich dabei vor allem auf die Ausbildung des Kolonieabschnittes mit ausgeprägten Mäandern. Die Breite der Mäander entspricht etwa der Normalausbildung bei *Diploria clivosa*. Jedoch liegt die Anzahl der Septen pro cm mit 22 bis 30 etwas unterhalb der Norm. Auch ist die Kolumella für *D. clivosa* ungewöhnlich schwach ausgebildet. Die Skulptur der Septen hingegen entspricht wieder weitgehend derjenigen von typischer *D. clivosa*, so daß dieses „aberrante“ Exemplar jener Art zugeordnet wurde.

Solenastrea bournoni

Bemerkenswert ist das Auftreten von *Solenastrea bournoni* in der Fauna der „Punta La Loma“. Diese Art scheint rezent sehr untergeordnet an der karibischen Küste Kolumbiens aufzutreten, denn sie war bislang nur durch ein einziges abgerolltes Strandexemplar von der „Bahía Concha“ bei Santa Marta belegt, das in die Faunenliste von GEYER 1969 Eingang fand. *S. bournoni* findet sich weder in den umfangreichen Faunenlisten von ANTONIUS 1972 (Umgebung von Santa Marta), ERHARDT 1974 (Bahía Concha) und PFAFF 1969 (Islas del Rosario) noch von ERHARDT & MEINEL 1975 (Islas de San Bernardo). Auch von der karibischen Küste Panamas wird nur ein zweifelhafter Fund genannt (PORTER 1972: 112). Bekannt ist die Art allerdings aus dem Golf von Cariaco an der Nordküste Venezuelas (OLIVARES 1971: 75, Taf. 1 c und d). Von der „Punta La Loma“ liegt ein Bruchstück einer massigen Kolonie von ca. 10 cm Durchmesser und 11 cm Höhe vor (Taf. 3, a). Die Kelche zeigen Durchmesser von 2,5—3 mm und wären daher größtmäßig durchaus mit der Art *Solenastrea hyades* zu vergleichen. Jedoch stehen die Septen des dritten Zyklus frei und sind nicht wie bei *S. hyades* an ihren inneren Enden mit den Septen der ersten beiden Zyklen verwachsen (Taf. 3, b). Aus diesem Grunde ist die vorliegende Kolonie trotz ihrer verhältnismäßig großen Kelche zur Art *S. bournoni* zu zählen. Im Längsbruch zeigt die Kolonie die für *Solenastrea* charakteristische vesikuläre Ausbildung der Dissepimente (Taf. 3, c).

Im Gegensatz hierzu gehört der oben erwähnte Fund von „Bahía Concha“ zu einer äußerst kleinkelchigen Varietät von *S. bournoni*. Die Kelchdurchmesser liegen hier bei Beträgen von 1,5 bis 2 mm mit häufigeren Werten um 1,8 mm. Auch diese Kolonie besitzt eine typisch vesikuläre Ausbildung der Dissepimente.

Phyllangia americana

Die ahermatypische Koralle *Phyllangia americana* wurde von OLIVARES & LEONHARD (1971: 64; Taf. 8 c und d) erstmals an der Nordküste

Südamerikas nachgewiesen. Erst kürzlich wurde sie auch von Kolumbien (Bahía Concha) genannt (ERHARDT 1974).

An der „Punta La Loma“ tritt sie recht häufig in einer Spalte im Granodiorit auf, wo sie offensichtlich günstige Daseinsbedingungen gefunden hatte. Da es sich um eine sehr unscheinbare Art handelt, die im Riffbereich stets zurückgezogen und oft an der Basis großer Korallenkolonien lebt, wird sie bei Untersuchungen leicht übersehen. Es ist deshalb damit zu rechnen, daß sie in Zukunft noch an verschiedenen weiteren Orten nachgewiesen wird.

Außer den Korallen fanden sich in den auflagernden, zementierten Sanden zahlreiche Schnecken und Muscheln. Die Molluskensammlung ging jedoch schon vor der Bestimmung in Kolumbien zum größten Teil verloren. Uns blieben folgende Formen erhalten:

Diodora listeri D'ORBIGNY, 1853

Cassis tuberosa LINNÉ, 1758

Conus sp.

Petalochamus sp.

Pseudochama radians LAMARCK, 1819

Das gesamte Sammlungsmaterial wird im Staatlichen Museum für Naturkunde, Schloß Rosenstein, in Stuttgart verwahrt.

Versteinerte Mangroven-Wurzeln

In dem verfestigten, sandigen Sediment, das zwischen den massigen Korallenstöcken abgelagert wurde, fanden sich neben Bruchstücken verzweigter Korallen (vor allem von *Porites porites*) auch kalkige Stengel zunächst ungewisser Zuordnung in großer Menge. Diese sind meist fingerdick, oftmals auch dünner, gelegentlich verzweigt und können mehrere Dezimeter Länge erreichen. Die meisten Exemplare sind allerdings nur wenige Zentimeter oder Millimeter lang. Zunächst war die systematische Stellung dieser zweifellos organischen Stengelreste problematisch. Doch lag der Verdacht nahe, daß es sich um Pflanzenreste, und zwar möglicherweise um Mangroven-Wurzeln handelte.

Versteinerte Mangroven-Wurzeln zählen zu ausgesprochenen paläontologischen Raritäten. Nach unserer Kenntnis wurden sie bisher nur von Key Biscayne/Florida beschrieben (HOFFMEISTER & MULTER 1965). Dort steht ein Gitterwerk von kalkig erhaltenen Wurzeln der Schwarzen Mangrove *Avicennia nitida* im heutigen Zwischengezeitenbereich an. Dünnschliffe zeigten keinerlei Zellstrukturen. Mit Hilfe von ¹⁴C-Datierungen ermittelten die genannten Autoren für dieses Mangrovenvorkommen ein Alter von 1000 bis 2000 Jahren.

Von den stengeligen Bruchstücken der „Punta La Loma“ wurden Dünnschliffe angefertigt. Laut mündlicher Mitteilung von Dr. M. STURM,

Geologisches Institut der Universität Gießen, ist es zweifelsfrei, daß es sich bei den Resten aus Kolumbien um Mangroven-Wurzeln handelt. Eine nähere systematische Bestimmung war in diesem Fall jedoch nicht möglich, obwohl in sämtlichen Dünnschliffen deutlich pflanzliches Wurzelgewebe in seinem zellulären Verband zu erkennen ist. Die Tatsache, daß die Stengel auch in situ auf Korallen festgewachsen und diese umklammernd angetroffen wurden, unterstützt die Deutung als Mangroven-Wurzeln. Denn sie ist ein Hinweis dafür, daß die Wurzeln mit großer Wahrscheinlichkeit in salinarem Milieu wuchsen.

In Abb. 6 ist ein Dünnschliff durch eine solche Mangrovenwurzel von der „Punta La Loma“ wiedergegeben. Der Bildausschnitt zeigt eine axial geschnittene Wurzel in der Mitte und je eine weitere am oberen und unteren Rand der Abbildung. Diese lassen die charakteristische parallele Anordnung von Seitenwurzeln der Mangroven erkennen. Das aerenchymatische Gewebe ist an seiner zelligen Struktur noch gut zu erkennen (Bildmitte). Seine Erhaltung erlaubt erst die Deutung als Mangroven-Wurzeln. Auffallend sind ferner die zahlreichen Querschnitte kleinerer Wurzeln, welche offenbar nach Absterben der größeren Wurzel durch deren zentralen Hohlraum hindurchwuchsen (z. B. links auf dem Bild).



Abb. 6. Dünnschliff tangential durch eine Mangroven-Wurzel von der „Punta La Loma“; $\times 6.5$.

Anlässlich eines Besuches auf Key Biscayne im Jahre 1973 wurden ebenfalls Proben von den dortigen lithifizierten Mangroven-Wurzeln aufgesammelt. Zu Vergleichszwecken wurden auch hiervon Dünnschliffe angefertigt. Abb. 7 gibt einen Axialschnitt durch eine derartige fossile Mangroven-Wurzel von Key Biscayne wieder. Die quergeschnittene Seitenwurzel am linken Blattrand zeigt, daß es sich bei dem länglichen Körper in Bildmitte ebenfalls um eine Wurzel handelt. Zelliges Gewebe ist nicht mehr als solches zu erkennen. Das Einbettungsgestein besteht aus einem kalkig verkitteten Quarzsand mit zahlreichen organogenen Fragmenten.

Uns ist nur noch ein weiteres Vorkommen von lithifizierten Mangroven-Wurzeln bekannt. Dieses wurde 1974 von J. GEISTER in der pleistozänen Colotepec-Formation an der mexikanischen Pazifik-Küste gefunden. Die Mangroven-Wurzeln sind hier in einem Einschnitt der neuerbauten Küstenstraße am Ortsrand von Puerto Escondido/Oaxaca aufgeschlossen und liegen mehr als 30 m über dem heutigen Meeresspiegel. Die Colotepec-Formation wird von kalkig gebundenen, z. T. schräggeschichteten Quarzsanden aufgebaut, in denen örtlich zahlreiche, gut erhaltene Molluskenschalen und Korallenskelette gefunden wurden. Sie ist als mächtige, pleistozäne Strandbildung anzusehen. Bei dem hier

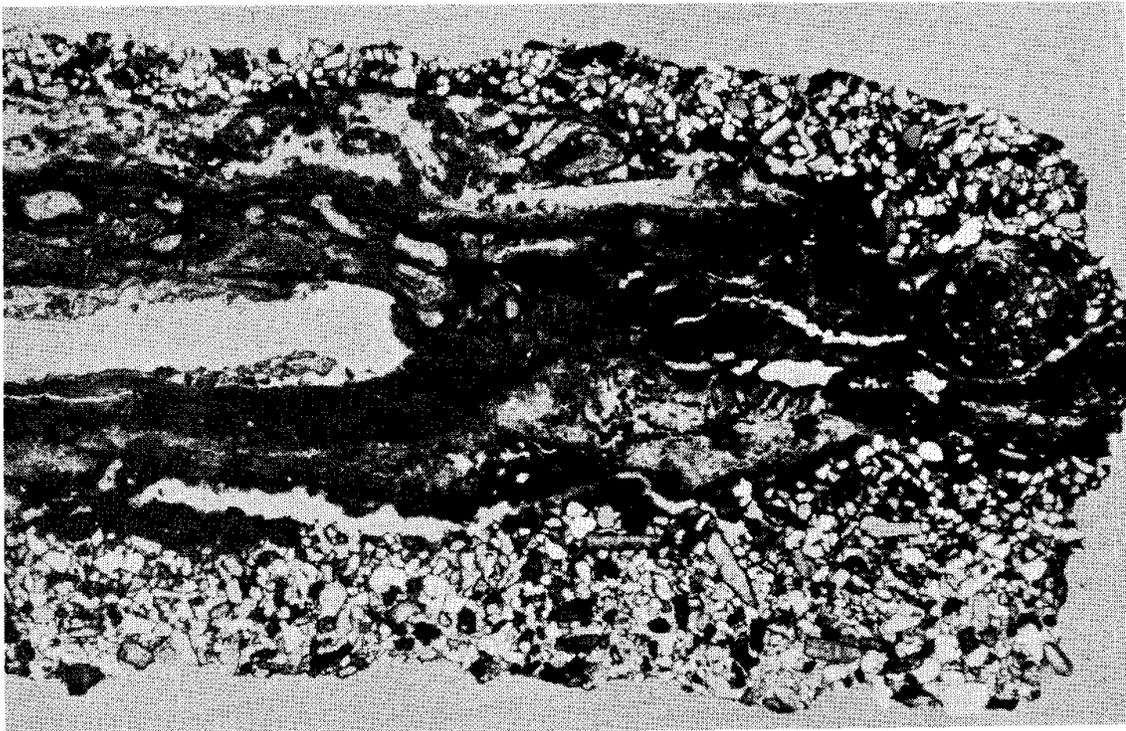


Abb. 7. Dünnschliff tangential durch eine Mangroven-Wurzel von Key Biscayne (Florida); $\times 25$.

angetroffenen Mangroven-Vorkommen handelt es sich ganz ähnlich wie bei dem Fundpunkt von Key Biscayne um ein Gitterwerk von Wurzeln, welches aus horizontal verlaufenden Seitenwurzeln und senkrecht dazu angeordneten Pneumatophoren bzw. geotropischen Wurzeln besteht. Diese Wurzelanordnung spricht dafür, daß es sich in diesem Fall wie auf Key Biscayne um Reste der Schwarzen Mangrove *Avicennia nitida* oder um eine nah verwandte Art handelt. Die Wurzeln sind hier gleichfalls verkalkt erhalten. Der Sand zwischen den Wurzeln ist stellenweise nicht verfestigt, so daß das Wurzelwerk sehr leicht freigelegt werden kann.

Da die Mangroven der „Punta La Loma“ nur als Fragmente vorliegen, war trotz relativ guten Erhaltungszustandes keine systematische Zuordnung der Reste möglich. Aus der Tatsache jedoch, daß die Mangroven-Wurzeln hier unmittelbar im Sediment zwischen und über den Korallenkolonien gefunden werden, ist zu ersehen, daß offensichtlich eine Pionierpflanze vorliegt, welche schon im flachen Wasser vor der Küste zu siedeln vermochte. Als eine solche Pionierform wird von DAVIS (1940: 323—331) die Rote Mangrove *Rhizophora mangle* genannt, während die Schwarze Mangrove *Avicennia nitida* erst im fortgeschrittenen Stadium der Verlandung in der Salzmarsch-Zone auftreten soll. Aufgrund dieser Überlegungen ist zu vermuten, daß es sich bei den Mangroven-Wurzeln von Santa Marta am ehesten um fossile Reste von *Rhizophora mangle* handeln dürfte, obwohl ein exakter Nachweis hierfür nicht erbracht werden kann.

Die Altersstellung der Korallenablagerungen der „Punta La Loma“

Alle an der „Punta La Loma“ nachgewiesenen Korallen- und Molluskenarten sind aus der heutigen Fauna des Karibischen Meeres wohlbekannt. Es kommt daher für die Ablagerungen nur ein quartäres Alter in Frage. Außerdem zeigt die ausgezeichnete Erhaltung und die offenbar noch nicht eingetretene Rekristallisation der Korallenskelette, daß die Ablagerungen wohl jünger als Pleistozän und daher eher holozänen Alters sind.

Terrassenablagerungen holozänen Alters kann man an der kolumbianischen Küste vor allem S von Cartagena beobachten. Sie lassen sich von der „Isla de Tierra Bomba“ vor Cartagena über die Halbinsel „Barú“ bis mindestens zu den Rosario-Inseln verfolgen. Es handelt sich dabei um nicht konsolidierte Gesteine, welche z. T. aus Riffkorallen in Lebensstellung bestehen, die neben zahlreichen Mollusken in eine lockere Matrix aus Kalksand eingebettet wurden. Die Mollusken zeigen vielfach noch ihre ursprüngliche Färbung, was ein Hinweis auf noch nicht eingetretene diagenetische Veränderung des Gesteins ist. Als Basis dieser Ablagerungen ist an der Küste der Halbinsel „Barú“ ein grau verwitternder, rekristallisierter Korallenkalk von wahrscheinlich altpleistozänem Alter auf-

geschlossen. Die Terrassenablagerungen erreichen auf den Rosario-Inseln ihre größte Höhe mit etwa 6 m ü. NN. und bilden dort das gesamte über Wasser anstehende Gestein dieser Inseln (vgl. PFAFF 1969, KAUFMANN 1971).

Altersbestimmungen nach der ^{14}C -Methode, welche von RICHARDS & BROECKER (1962) an einer Schale der Muschel *Codakia orbicularis* aus 2,7 m hohen Terrassenablagerungen der Insel „Tierra Bomba“ durchgeführt wurden, ergaben ein Alter von 2850 ± 150 Jahren vor heute. Da sich die Ablagerungen fast ohne Unterbrechung von Cartagena bis zu den Rosario-Inseln verfolgen lassen, kann man sie wohl insgesamt als etwa gleichaltrig ansehen. Aus diesem Grunde kann man auch für die Rosario-Inseln, welche aus gehobenen holozänen Korallenriffen aufgebaut werden, ein Entstehungsalter von rund 3000 Jahren annehmen.

Leider ist es nicht möglich, eine ähnliche Verbindung zwischen den Korallenablagerungen von Cartagena mit denen von Santa Marta herzustellen, da zwischen beiden Ablagerungen der Magdalena-Graben zu liegen kommt, für den Absenkungen von mehreren 1000 m im Pliozän nachgewiesen sind (BÜRGL 1967: 442), die möglicherweise bis in das Holozän abgeschwächt anhalten. So kann ein auch nur annäherndes Alter der fraglichen Korallen kaum auf diese Weise hergeleitet werden. Einen Anhaltspunkt gibt jedoch die starke Aufwärtsbewegung des Massivs der „Sierra Nevada de Santa Marta“ seit dem Mittel-Pleistozän (BÜRGL 1967: 442). Da die fossilen Korallen heute knapp oberhalb des Meeresspiegels anstehen und eine Vergesellschaftung bilden, wie man sie rezent vor allem im Bereich der ständigen Welleneinwirkung in weniger als 5 m Wassertiefe häufig antrifft, können die Korallen nur nach der letzten kräftigen Heraushebung abgelagert worden sein. Die geringe Heraushebung der Korallen der „Punta La Loma“ um höchstens wenige Meter dürfte deshalb wie auch diejenige der Rosario-Inseln erst im jüngeren Teil des Holozäns erfolgt sein.

Versuch einer Entwicklungsgeschichte des Korallen- und Mangrovenvorkommens der „Punta La Loma“

Auf der Basis der bereits weiter oben geschilderten Beobachtungen wird es möglich, eine gewisse Phasenabfolge in der geologischen Entwicklung des Korallenvorkommens der „Punta La Loma“ aufzustellen und zu diskutieren. Man kann folgende Entwicklungsstadien unterscheiden:

1. Die Plattform aus Granodiorit lag zum Zeitpunkt ihrer Erstbesiedlung durch Korallen mindestens 1 bis 2 m unter dem Meeresspiegel. Auf dem von roten Kalkalgen überkrusteten Substrat siedelte eine Pionierfauna von kleinen inkrustierenden Korallen. Das fast ausschließliche Auftreten von *Siderastrea radians* an der Basis der untersuchten Korallen-

lenablagerungen muß als Hinweis dafür angesehen werden, daß die ökologischen Bedingungen für diese resistente Art zwar hinreichend, für die meisten anderen Riffkorallen aber ungenügend waren. Immerhin dürfte Sediment auf der Granodiorit-Plattform weitgehend gefehlt und keine ständige extreme Wassertrübung vorgelegen haben. Bedingungen für den Wuchs eines Korallenriffes waren nicht gegeben.

2. Als sich in der Folgezeit die allgemeinen Bedingungen für das Wachstum von Riffkorallen verbesserten, traten auch noch empfindlichere Arten hinzu, die normalerweise nur bei relativ günstigen Lebensbedingungen vorkommen. Dies mag durch ein Aufhören jeglicher Sedimentzufuhr und damit dem weitgehenden Fehlen von Wassertrübe bedingt gewesen sein. Das damals klarere Wasser mag seine Erklärung darin finden, daß die Bäche der Küstenebene weiter entfernt in das Meer mündeten, und daß der Küstenlängstransport von Sedimenten diesen Bereich nicht erreichte. Es bildete sich ein üppiger Korallenrasen mit hemisphärischen Kolonien von bis zu 2 m Durchmesser. Die Ausmaße der angetroffenen größten Korallenstöcke sind ein Hinweis dafür, daß diese Periode einige 100 Jahre gedauert haben dürfte. Bei längerem Anhalten dieser Bedingungen hätte es durchaus an der „Punta La Loma“ zur Bildung eines echten Saumriffes kommen können.

3. An diese für die Riffkorallen günstige Periode schloß sich eine zunehmende Verschlechterung des Milieus an, so daß wieder die Korallen der Pionierfauna mit *Siderastrea radians* überhand nahmen und an der Oberfläche und in den Nischen des absterbenden Korallenrasens als dritte Korallengeneration siedelten.

4. Schließlich begann eine starke Sedimentzufuhr von Land her, die besonders aus feinen bis mittelkörnigen Sanden, oft auch aus kaum aufgearbeitetem Granodiorit-Grus bestand. Während der Akkumulation dieser Sedimente dürfte die Mangrove den Korallenrasen in Besitz genommen haben.

5. Durch Hebung in den Bereich der mittleren Wasserlinie gerieten die Ablagerungen der „Punta La Loma“ in die Brandungszone, was zu mehrfacher Umlagerung der Sedimente führte. Dabei zerbrachen die in Fossilisation übergehenden Mangroven-Wurzeln. Die Hin- und Herbewegung des Sandes schliff Facetten in die abgestorbenen Korallenköpfe. Kalkauslösung in den Korallenskeletten und anschließende Ausfällung im Decksediment führten schließlich zur Ausbildung einer schützenden Sandsteinplatte über die Korallenvorkommen.

6. Die heutige Situation ist gekennzeichnet durch einen unregelmäßigen Wechsel von längeren Perioden der Bedeckung des gesamten Korallenvorkommens durch Strand- und Dünenande mit kurzen Zeiten der Freilegung, welche von starker Erosion begleitet sind. Bei letzteren ist die Platte mit den in ihr enthaltenen Korallenstöcken der Zerstörung aus-

gesetzt, was man an den tiefen Rinnen und Wannen im Gestein erkennen kann. Dabei zeigt sich, daß die Korallenstöcke weniger widerstandsfähig sind als das sie umgebende Sediment. Dadurch kommt es zu einer Art Reliefumkehr. Die im lebenden Riff weit herausragenden Korallenstöcke werden zu Vertiefungen im einbettenden Sedimentgestein.

Schrifttum

- ANTONIUS, A.: Occurrence and distribution of stony corals (Anthozoa and Hydrozoa) in the vicinity of Santa Marta, Colombia. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 6, 89—103, Santa Marta 1972.
- BÜRGL, H.: The orogenesis in the Andean system of Colombia. — Tectonophysics, 4, 429—443, Amsterdam 1967.
- DAVIS, J. H., JR.: The ecology and geologic rôle of mangroves in Florida. — Pap. Tortugas Lab. Carnegie Inst. Washington, 32, 304—412, Washington 1940.
- ERHARDT, H.: Liste der scleractinen Korallen der Bahía Concha bei Santa Marta, Atlantikküste Kolumbien. — Senckenbergiana biol., 55, 399—407, Frankfurt a. M. 1974.
- ERHARDT, H. & MEINEL, W.: Die scleractinen Korallen der Insel Ceycen, Islas San Bernardo, vor der kolumbianischen Atlantikküste. — Philippia, 2 (4), 236—247, Kassel 1975.
- GEYER, O. F.: Vorläufige Liste der scleractinen Korallen der Bahía de Concha bei Santa Marta. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 3, 25—28, Santa Marta 1969.
- HERRMANN, R.: Deutungsversuch der Entstehung der „Brisa“, eines föhnartigen Fallwindes der nordwestlichen Sierra Nevada de Santa Marta, Kolumbien. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 4, 83—95, Santa Marta 1970.
- HOFFMEISTER, E. & MULTER, G.: Fossil mangrove reef of Key Biscayne, Florida. — Bull. Geol. Soc. Amer., 76, 845—852, Boulder (Colo.) 1965.
- KAUFMANN, R.: Beitrag zur subfossilen Molluskenfauna der Islas del Rosario, Kolumbien. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 5, 65—72, Santa Marta 1971.
- OLIVARES, M. A.: Estudio taxonómico de algunos madreporarios del Golfo de Cariaco, Sucre, Venezuela. — Bol. Inst. oceanogr. Univ. Oriente, 10 (2), 73—78, Cumaná 1971.
- OLIVARES, M. A. & LEONARD, A. B.: Algunos corales pétreos de la Bahía de Mochima, Venezuela. — Bol. Inst. oceanogr. Univ. Oriente, 10 (1), 49—70, Cumaná 1971.
- PFAFF, R.: Las Scleractinia y Milleporina de las Islas del Rosario. — Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 3, 17—24, Santa Marta 1969.
- PORTER, J. W.: Ecology and species diversity on opposite sides of the Isthmus of Panamá. — Bull. biol. Soc. Washington, 2, 89—116, Washington 1972.
- RICHARDS, H. C. & BROECKER, W.: Emerged Holocene South American shorelines. — Science, 141 (3585), 1044—1045, Washington 1963.

Anschriften der Autoren:

Dr. A. v. ERFFA, Hauptstraße 47, D-8782 Karlstadt, Deutschland.

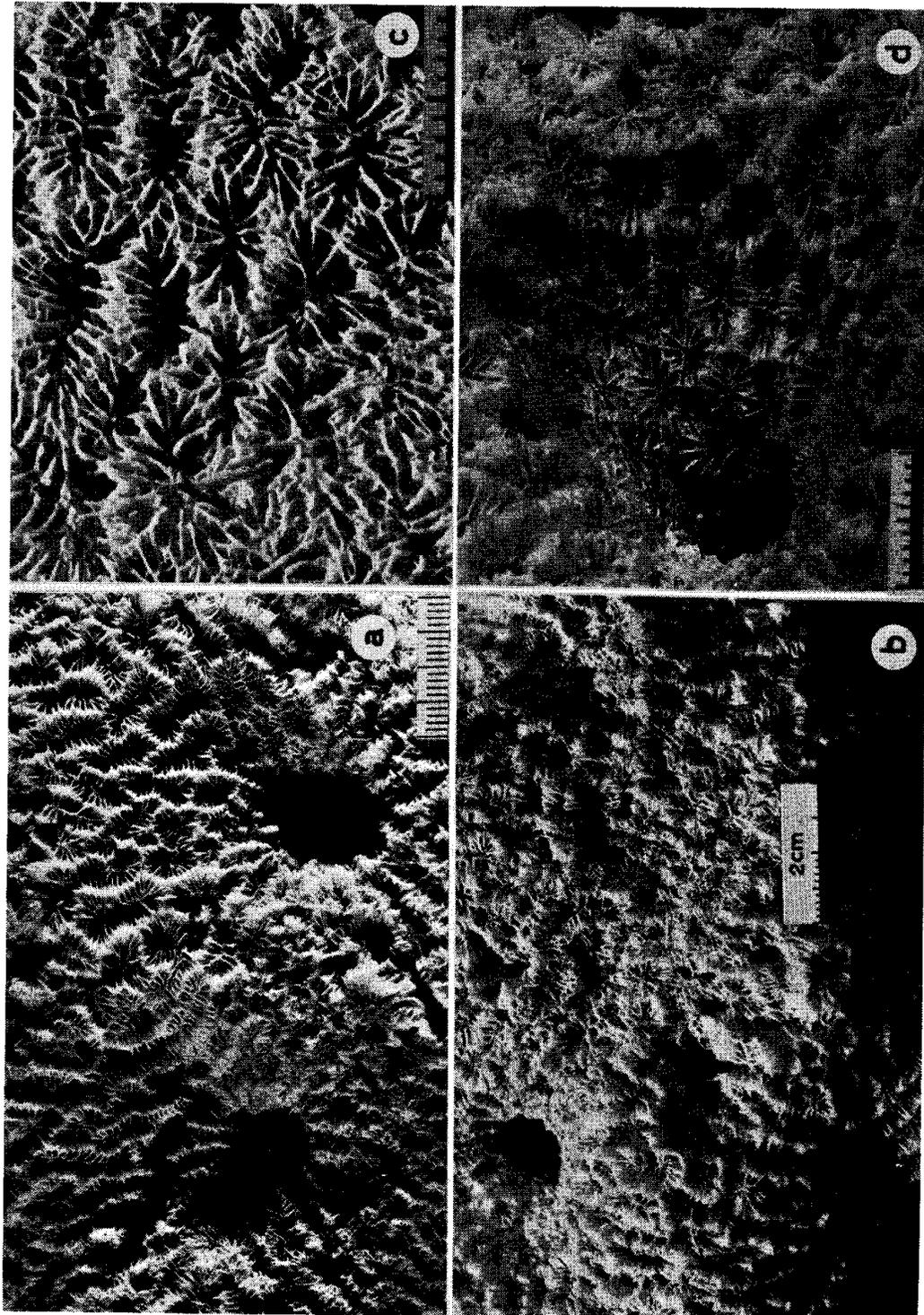
Dr. J. GEISTER, Geologisches Institut der Universität, Sahlistrasse 6, CH-3012 Bern, Schweiz.

Tafelerklärungen

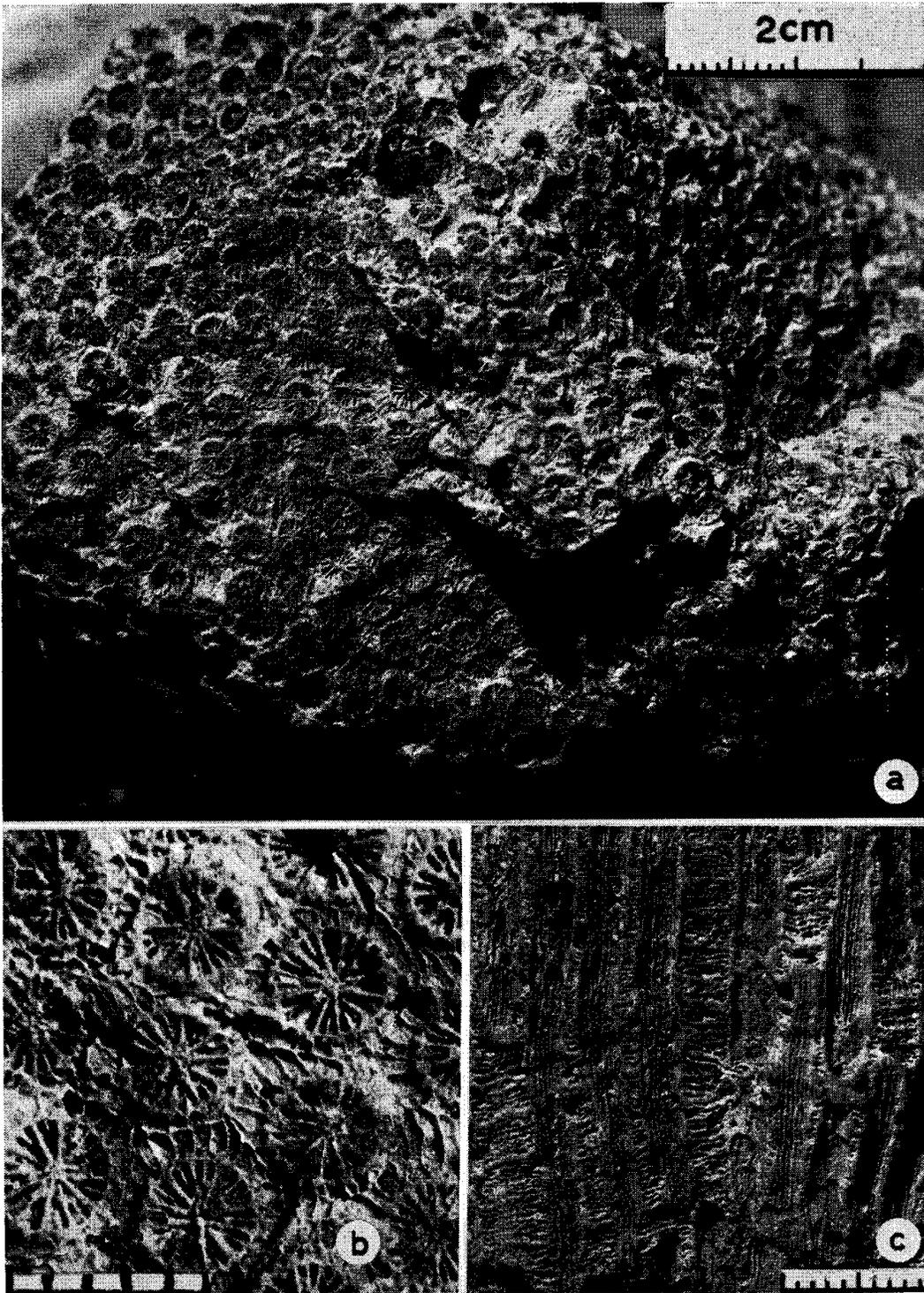
- Tafel 1. Bruchstück einer großen Kolonie von *Siderastrea radians* von der „Punta La Loma“. Die Kolonie bestand aus mehreren Verzweigungen, welche von einer gemeinsamen Basis ausgingen und so der Kolonie ein „blumenkohlachtiges“ Aussehen verliehen, ganz ähnlich, wie es bei bestimmten Kolonien von *Montastrea annularis* und seltener bei großwüchsigen Stöcken von *Siderastrea siderea* beobachtet werden kann (fot. U. ERNST).
- a. Es sind 2 Zweige von *Siderastrea radians* zu erkennen, welche von verfestigtem Sediment zusammengehalten werden. Insgesamt bestand die Kolonie aus zahlreichen, etwa konzentrisch angeordneten Verzweigungen. Maßstab 10 cm.
 - b. Kelchoberfläche derselben Kolonie. Maßstab 5 mm.
- Tafel 2. Kolonie von *Diploria clivosa* mit stark unterdrückten Mäandern von der „Punta La Loma“ (fot. U. ERNST).
- a. Ausschnitt der Kolonieoberfläche mit ausgebildeten kurzen Mäandern. Maßstab 2 cm.
 - b. Ausschnitt der Kolonieoberfläche mit überwiegend monozentrischen Kelchen und schwach entwickelten Kelchwänden.
 - c. Querschnitt durch die Kolonie an einer Stelle, an der ausschließlich mono- bis bizentrische Kelche ausgebildet sind. Die Kelchwand ist hier stark unterdrückt bzw. fehlt vollständig. Oberfläche gesägt. Maßstab 1 cm.
 - d. Ausschnitt der Kolonieoberfläche mit mono- bis trizentrischen Kelchen und überwiegend schwach ausgebildeter Kelchwand. Maßstab 1 cm.
- Tafel 3. Kolonie von *Solenastrea bournoni* von der „Punta La Loma“ (fot. U. ERNST).
- a. Übersicht über die Oberfläche der Kolonie.
 - b. Bruch durch die Kelche, Ausschnitt. Maßstab 5 mm.
 - c. Längsbruch durch die Kolonie. Man beachte die vesikulären Dissepimente der Exotheka. Maßstab 1 cm.



Tafel 1



Tafel 2



Tafel 3