

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

IX. Band.

15. Februar 1890.

Nr. 24.

Inhalt: **Sluiter**, Ueber die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Brantweinbai, und über neue Korallenbildung bei Krakatau. — **Klebs**, Nachtrag zu dem Aufsatz: Zur Physiologie der Fortpflanzung. — **v. Lendenfeld**, Neuere Arbeiten über Anthozoen. — **Zwaardemaker**, Das Olfaktometer. — **Geissler**, Beiträge zur Frage der Geschlechtsverhältnisse der Geborenen. — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften:** Physikalisch - medizinische Sozietät zu Erlangen.

Ueber die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Brantweinbai, und über neue Korallenbildung bei Krakatau.

Von **Dr. C. Ph. Sluiter** in Batavia.

Unsere Kenntnis der Einflüsse, welche die Entstehung, den Bau und die nachherige äußere Gestaltung der Korallenriffe bestimmen, ist in den letzten Jahren außerordentlich bereichert. Die Erfahrungen, welche Murray¹⁾ während der Challenger-Expedition machte, und die genauen Beobachtungen, welche A. Agassiz²⁾ während der drei Expeditionen der „Blake“ auf den Florida-Riffen anstellte, haben vieles über die Verhältnisse, welche das Entstehen und Weiterwachsen der Koralleninseln beeinflussen, aufgeklärt.

Seitdem bekanntlich Semper³⁾ schon vor vielen Jahren die Schwierigkeiten hervorhob, welche er bei der Anwendung der Darwin'schen Senkungstheorie auf die Entstehung der Korallenriffe der Pelew-Inseln erfuhr, sind derartige Bedenken gegen die Anwendung der Darwin'schen Senkungstheorie auch andern Forschern aufge-

1) J. Murray, On the Structure and Origin of Coral Reefs and Islands. Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh. Vol. X. 1880. p. 505. Idem: Narrative of the Cruise of the Challenger. Vol. I and II.

2) A. Agassiz, Three Cruises of the United States Coast and Goedellie Survey Steamer „Blake“. Bull. of the Mus. of comp. Zool. at, Harvard College. Vol. XIV. p. 52.

3) C. Semper, Zeitschrift für wiss. Zoologie, Bd. XIII, S. 558 und „Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere“, 2. Teil, S. 39.

stiegen, wie Murray während der Challenger-Expedition, ferner Guppy⁴⁾ während seines Aufenthalts auf den Solomon-Inseln u. s. w. Schon früher hatten A. Agassiz, Le Conte und andere darauf hingewiesen, dass die Floridariffe jedenfalls nicht durch Senkung entstanden sein könnten.

Diejenigen Naturforscher, welche in den Tropen die Korallenriffe genauer beobachtet haben, müssen wohl allmählich zu der Ueberzeugung gelangen, dass, wie genial, einfach und anregend auch die ältere Darwin'sche Theorie sei, sie doch einerseits in vielen Fällen ganz und gar nicht mit den beobachteten Thatsachen in Einklang zu bringen ist und anderseits auch die Annahme der großen Senkungen, wie sie die Darwin'sche Theorie annimmt, zur Erklärung der eigentümlichen Gestalt der Riffe sehr wohl entbehrt werden kann.

Wenn nun auch die zuerst von Murray angeführten Ursachen im großen und ganzen die Bildung der Korallenriffe in der Tropenwelt bestimmen werden, so sind doch immerhin in den verschiedenen Gegenden mehrere lokale Verhältnisse in betracht zu ziehen zur Erklärung der Entstehung und Gestalt der Riffe an bestimmten Lokalitäten. Aus diesem Grunde glaube ich, dass die nachfolgenden Mitteilungen über einige Korallenriffe des Indischen Archipels, welche zum Teil nur eine Bestätigung der Murray'schen Ansichten sind, nicht ohne Wert sein dürften.

Bis jetzt sind die Korallenriffe des Indischen Archipels nur noch sehr wenig Gegenstand einer genauern Untersuchung gewesen. Hauptsächlich gilt dies für den westlichen Teil des Archipels. Gewöhnlich stellt man sich die Korallenriffe in dem hiesigen Teile der Javasee als zu unansehnlich vor. Wenn Dana in seinem klassischen Buche „Corals and Coralislands“ p. 265 auch von Java sagt: „it has but few coral patches about its shores, although affording long lines of coast for their growth“ und dieses zu den Gegenden rechnet, wo „coral reefs are quite inconsiderable“, so ist diese Vorstellung der Sachlage für die Nord-Küste Javas wenigstens als ziemlich übertrieben anzusehen. Wenn auch allerdings die Riffe in der Javasee nicht die Dimensionen annehmen, welche man zum Beispiel bei den Südseeinseln und im Indischen Ozean findet, so braucht man sich doch nur eine Karte der Javasee anzusehen um sich von dem Reichtum an Koralleninseln und Riffen daselbst zu überzeugen.

In der Bai von Batavia hat das Meer überall eine sehr geringe Tiefe, etwa zwischen 12 bis 20 Faden variierend. Der Meeresboden fällt allmählich ab, so dass in der eigentlichen Bai nur Tiefen von 5 bis 12 Faden gefunden werden. Bei den „Agnieten“ und „Hoorn-Inseln“ besteht aber eine tiefere Senkung des Meeresbodens, welche bei der Insel „Pajong“ sogar 50 Faden erreicht, eine Tiefe, welche nur in der Sundastraße wieder gefunden wird. Der Meeresboden

4) H. B. Guppy, The Solomon Islands. London 1887.

besteht überall aus einem feinen Schlamm, dem nur stellenweise etwas mehr Sand beigemischt ist, während kleinere und größere Korallen-
debris, Muschelschalen und Steine (siehe unten), mehr oder weniger
reichlich in und auf dem Schlamm liegen. Nur nahe am Strande
findet man auch festeren Thon, welcher öfters etwas gelblich ist.
Der Niederschlag auf dem Boden der Bai von Batavia stammt wohl
größtenteils von den Flüssen her, welche in dieselbe ansünden.

Betrachten wir jetzt etwas genauer die eigentliche Bai von Batavia,
welche wir uns an der Nordseite durch eine Linie von „Ontong Djawa“
bis zur Landzunge von „Krawang“ aber etwas nördlich von der Insel
Edam abgegrenzt denken können. Diese ganze Bai nimmt einen
Raum von etwas mehr als 130 Quadratseemeilen (eine Seemeile auf
1850 M berechnet) ein. Schon bei dem ersten Blick auf die Karte (S. 741)
muss es auffallen, dass nur in der westlichen Hälfte der Bai sich
zahlreiche Korallenriffe aufgebaut haben, indess in der östlichen Hälfte
die Riffe völlig fehlen. Etwas östlich von dem Hafen von „Tandjong
Priok“ kommen nur noch zwei kleine in Entstehung begriffene Riffe
vor, die „St. Nicolaas Klippe“ und die „Brunda Klippe“.

Es ist nun allerdings nicht schwer eine Erklärung für diese aus-
schließliche Ansiedlung der Korallen in der westlichen Hälfte der
Bai zu finden. An der Ostseite mündet nämlich der ziemlich große
Fluss „Tjitarum“ mit mehreren Mündungen in die Bai aus. Alle übrigen
Flüsse, welche ihr Wasser in die Bai ergießen, sind im Vergleich
mit dem „Tjitarum“ nur unbedeutende. Diese für die Korallenbildung
nachteilige Wirkung des Flusswassers wird aber noch durch einen
zweiten Faktor unterstützt. Selbstverständlich wird nur während des
Regenmonsouns das aus den Flüssen strömende Wasser einen solchen
Einfluss auf den Salzgehalt des Meereswassers ausüben können, dass
es hemmend auf die Bildung von Korallenriffen einwirkt. Da nun
aber grade während des Regenmonsouns ein starker Nord-West-Wind
weht, wird das mit vielem Flusswasser gemischte Wasser in die
östliche Hälfte der Bai hineingetrieben, wodurch dieser Teil für
Korallenentwicklung ganz und gar ungeeignet wird. In dem west-
lichen Teil der Bai liegen etwa 30 gesonderte Koralleninseln und
Riffe. Unter diesen kommen alle mögliche verschiedene Stadien vor,
von den ersten Anfängen eines Riffes, das sich noch gar nicht über
den angrenzenden Meeresboden erhebt, bis zu den dicht bewaldeten
Inseln mit Barrièreriffen.

Die Frage, welche sich hierbei wohl zuerst aufdrängt, ist: wie
siedeln sich die jungen Korallen zuerst auf dem Schlamm-
boden an? Gewöhnlich stellt man sich vor, dass Korallen sich nur
auf felsiger oder irgend einer festen Unterlage aufbauen. Es kommen
nun aber weder felsige Stellen in der Bai vor, noch auch solche An-
häufungen von Muschelschalen oder dergleichen, dass daraus eine
feste Bank als Untergrund für das Riff hervorgehen könnte. Hin-

gegen liegen auf dem Schlamm des Meeresbodens stets, wie schon oben gesagt, kleinere und größere Steine und bei den zahllosen Dredschungen, welche ich in der Bai von Batavia ausgeführt habe, ist es mir wiederholt aufgefallen, dass auf diesen Steinen junge Kolonien von Korallen aufgewachsen waren. Auch andere nicht Schlamm bewohnende Tiere, wie Amphinomiden, auf Korallen lebende Ophiuren, *Chitons* etc. fand ich öfters in kleinen Exemplaren an diesen verstreut auf den Schlamm liegenden Steinen! Die Chance, dass diese Korallenkolonien am Leben bleiben und sich weiter entwickeln werden, ist allerdings eine sehr geringe, aber es lässt sich doch denken, dass zuweilen Kolonien auf mehreren derartigen Steinen, welche neben einander liegen, unter günstigen Umständen am Leben bleiben und den ersten Anfang eines Rifves bilden können. — Wie nun derartige günstige Anhäufungen von Steinen mitunter entstehen können, habe ich in der That während der letzten Jahre nach der Katastrophe von Krakatau erfahren. Im ganzen westlichen Teil der Javasee fanden sich während der ersten Zeit nach dem Ausbruch, nämlich im August 1883, größere und kleinere Anhäufungen von Bimstein, unter welchen öfters Stücke von 2 Quadratdecimeter und mehr vorkamen. Auch heutigen Tags noch findet man solche vielfach auf den Inseln der Bai von Batavia angespült. Es hielten sich gewöhnlich diese Bimsteinstücke als schwimmende Schollen zusammen, und erst allmählich, nachdem die poröse Masse ganz mit Meereswasser gefüllt ist, sinken die Steine unter. Solche Bimsteinfragmente liegen nun in nicht geringer Zahl auch auf dem Boden der Javasee und der Bai von Batavia. Oefters habe ich in den letzten Jahren derartige Brocken gedredst, und ich zog zuweilen zwei und drei zugleich mit dem Schleppnetze herauf. Auf mehreren derselben hatten sich Korallenkolonien angesiedelt und zwar: *Madrepora arbuscula* Dana, *Porites mucronata* Dana, *Montipora stylosa* Ehr. und *Montipora lima* Lam., welche Stücke in dem hiesigen Museum aufbewahrt sind. Schon im Jahre 1885 fand ich auf diese Weise Madreporen mit Aesten von 7 cm Länge und Montiporen, welche schon Krusten von etwa 1 quadratdecimeter Oberfläche bildeten. Auf noch schwimmenden Bimsteinstücken habe ich jedoch niemals junge Korallen angesiedelt gefunden.

Wenn nun derartige Stücke in größerer Anzahl, nicht zu weit von einander entfernt, auf dem Boden liegen, können sie einen ersten Anfang für ein Riff bilden. Einen derartigen allerersten Anfang eines Rifves kenne ich in der Bai von Batavia zwischen den beiden Koralleninseln „Enkhuizen“ und „Leiden“. Die Dredsehe wird hier nur sehr wenig und schwach von den kleinen Korallenstücken festgehalten. Zum Teil besteht der Boden hier noch aus Schlamm und es kommen mitunter auch die Schlamm bewohnenden Tiere noch vor, wie z. B. *Holothuria squamifera* Semp., *Maretia planulata* Gray,

Schlamm bewohnende Anneliden etc. Diese Tiere sind aber nur solche, welche auch sonst im Schlamm unweit der Riffe vorkommen. Diejenigen aber, welche nur in dem ganz weichen Schlamm gefunden werden, wie *Haptodactylapunctata* Sluit., *Lovenia subcarinata* Gray etc. kommen nicht vor. Die *Madrepora*- und *Porites*-Arten sind wohl die ersten Ansiedler und die kräftigsten Aufbauer des Riffes! Dann kommen auf diesen jungen Riffen vielfach große Aleyonarien vor, welche zwar nicht direkt zu der Riffbildung beitragen können, aber doch indirekt nicht ohne Einfluss sind, da sie beim Absterben eine Menge Kalkspicula hinterlassen, welche die kleinen Oeffnungen und Spalten in den Steinen ausfüllen können. Außerdem sind diese Aleyonarien die gewöhnlichen Wohnorte zahlreicher Ophiuren, so wie kleiner Echiniden, *Temnopleurus*, und kleiner Synaptiden, welche alle in großer Menge auf dem Stiel derselben umherkriechen und auch zu dem Ausfüllen der kleinern Löcher und Spalten das ihrige beitragen können. Von diesem jungen Riffe möchte ich besonders hervorheben, dass es sich auf dem gewöhnlichen Schlamm-boden und auf der mittlern Tiefe der Umgebung von 10 bis 11 Faden, angesiedelt hat.

Ein etwas älteres Riff, obgleich auch noch sehr jung, liegt zwei Seemeilen östlich vom Hafen von Tandjong Priok, die „St. Nicolas Klippe“ und eine halbe Seemeile süd-östlich von diesem liegt noch ein zweites, die „Brunda-Klippe. Oberhalb dieser beiden Riffe steht noch $4\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{2}$ Faden Wasser, und da die mittlere Meerestiefe in der unmittelbaren Umgebung $6\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2}$ Faden beträgt, so haben sich diese beiden Riffe schon etwa 2 Faden hoch aufgebaut. Auch auf mehreren andern Stellen der Bai von Batavia kommen derartige kleinere und größere Riffanfänge vor, welche sich auf sehr verschiedene Höhen über dem Meeresboden erheben, deren Durchmesser etwa zwischen 20 und 200 Meter schwankt. Die Fauna wird nun reicher und reicher und allmählich tritt die Tierwelt auf, welche gewöhnlich die Riffe bevölkert. Ich erwähne hierzu noch, dass einige große Aleyonarien, namentlich ein paar *Xenia*-Arten, besonders häufig auf allen diesen jungen Riffen gefunden werden.

So lange die Riffe auch bei tiefster Ebbe, wenn auch nur 1 Fuß tief, noch unter Wasser bleiben, sind in der Mitte des Riffes die Korallen noch lebendig. In diesem Zustande befinden sich für den Augenblick in der Bai von Batavia die beiden Riffe „Neerstuk“ oder „Djambatan“ und die „Neptunus-Klippe“. Erst dann fängt endlich der mittlere Teil des Riffes an abzusterben, und häufen sich dort der Korallensand, die Korallenbruchstücke, Muschelschalen etc. an, was unterstützt durch die langsame Hebung der Nord-Küste Javas, zum ersten Anfang einer Koralleninsel führt. Dieses Stadium findet man z. B. bei dem Riffe „Vader Smit“, das schon für einen ganz kleinen Teil bei eintretender Ebbe trocken gelegt wird. Nachdem jetzt dieser

erste Anfang einer Insel gebildet ist, fangen die von Murray hervorgehobenen Einflüsse an zu wirken, wodurch die auch bei den Inseln in der Javasee allgemein verbreiteten Barrièreriffe entstehen.

Ich möchte hierzu noch bemerken, dass ich bei den hiesigen Riffen, welche bei tiefster Ebbe noch etwa einen Fuß tief unter Wasser bleiben, nicht ganz die Vorstellung Murray's bestätigt gefunden habe, dass nämlich dann schon die Riffe gewöhnlich eine Atollform besitzen, verursacht durch die ungenügende Zufuhr von Nahrung. Die beiden schon oben erwähnten Riffe „Djambattan“ und „Neptunus“, welche jetzt einen Durchmesser haben von 500 und 600 Metern, zeigen keine Atollform, da gegenwärtig noch bis in die Mitte des Riffes die lebendigen Korallen gefunden werden, und das ganze Riff in der Mitte, hoch aber am Rande niedriger ist. Das Emporwachsen des Riffes hat also stärker in der Mitte als am Rande stattgefunden. Der Unterschied der Zufuhr von Nahrung am Rande und in der Mitte ist hier also nicht von so großem Einfluss gewesen, dass die Korallen in der Mitte des Riffes wegen Nahrungsmangel absterben mussten. Die von Murray erwähnten kleinen Atolle von 3 bis 50 Fuß Diameter, wie solche bei den Bermudas vorkommen, und welche dadurch entstanden sind, dass das Meerwasser den mittlern Teil des Riffes aufgelöst hat, indem nur wenig neue Korallen hinzugewachsen sind, kommen hier in der Javasee nicht vor. Ueberall wo ich die jungen, niemals trocken gelegten Riffe hier kenne, kommt der mittlere Teil des Riffes zuerst ganz nahe an die Oberfläche bis zu etwa 1 Fuß, um erst dann abzusterben, und durch Anhäufung von Sand, Muschelschalen, Korallenbruchstücken etc., wahrscheinlich unterstützt durch langsame Hebung des Bodens, den ersten Anfang einer Koralleninsel zu bilden. Dass, wie von Darwin und Murray hervorgehoben wird, der Rand des Riffes, zu einer Zeit, wo dasselbe noch sogar mehrere Faden unter Wasser liegt, in viel günstigerer Lage sein würde als der mittlere Teil, und dadurch zuerst in die Höhe wachsen, und ein Atoll bilden würde, trifft jedenfalls bei den hiesigen Riffen nicht zu. Wahrscheinlich hängt dies wohl mit dem gewöhnlich sehr ruhigen Wasser der Javasee zusammen, wodurch die pelagische Fauna sich gleichmäßiger über das Riff verteilen kann. Ich fand auch wirklich den Reichtum an pelagischen Tieren auf der Mitte des Riffes nicht geringer als am Rande.

Es ist nun, nach dem oben gesagten wohl nicht zu bezweifeln, dass auch die größern Inseln, sowohl in der Bai von Batavia als in der Javasee, auf die gleiche Weise entstanden sind. Auch sie haben sich ursprünglich auf dem Schlammboden in der mittlern Tiefe der Umgebung von 6—20 Faden angesiedelt. Wenngleich diese Inseln sich nun auch von der mittlern Meerestiefe aus aufgebaut haben, so sind sie doch in dem Laufe der Zeit durch das große Gewicht der weiter wachsenden Korallen allmählich in den mehr oder weniger

weichen Schlamm Boden hineingesunken, sie haben sich, um einen Vergleich mit Hafengebäuden zu machen, ihr eigenes Fundament geschaffen!

Um über das Einsinken in den Boden Klarheit zu erlangen, wäre es sehr erwünscht durch Bohrungen die Tiefe der Korallenschicht und den Untergrund einiger Koralleninseln kennen zu lernen. Es sind mir aber leider nur sehr wenige derartige Bohrungen bekannt. Im Dezember 1875 und während der ersten Monate von 1876 wurde auf der kleinen Insel „Onrust“ in der Bai von Batavia, wo damals ein Dock für die Kriegsmarine sich befand, eine artesische Bohrung ausgeführt. Das Resultat wurde im „Jaarboek van het Mynwezen in Nederlandsch Oost Indië“, 1877, 2. Teil, p. 190 mitgeteilt. Das für den Augenblick uns interessierende Ergebnis war, dass von oben nach unten bis 10,3 Meter Korallendebris mit Thon gemischt, dann 9,5 Meter Korallen mit Muschelschalen und Thon, und endlich ein nicht sehr fester brauner Thon gefunden wurde. Es wird nicht genau angegeben, ob der Reichtum an Korallendebris allmählich abnimmt, was aber wohl wahrscheinlich ist. Die Gesamtdicke der Korallenschicht beträgt aber jedenfalls 20 Meter, während in der Umgebung dieser Insel das Meer eine Tiefe von etwa 11 Meter hat. Man würde sich also vorstellen können, dass die ältere abgestorbene Korallenschicht hier etwa 9 Meter in den weichen Schlamm Boden hineingesunken wäre. Da aber der Boden der Insel etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Meter über dem Meeresniveau liegt, welche Aufhöhung durch Hebung und Anhäufung von Korallendebris etc. entstanden ist, so wird das Hineinsinken auf etwa 7 Meter anzuschlagen sein.

Aus dieser Bohrung, so wie aus meinen Dredschungen in der Bai von Batavia geht jedenfalls hervor, dass die Vorstellung, welche sich der Mineu-Ingenieur H. A. Mansfeldt¹⁾ von der Entstehung der zahlreichen Inseln nördlich von Batavia machte, derzufolge die Korallenriffe sich auf trachytische Durchbrüche durch die jüngeren Schichten angesiedelt haben würden, nicht richtig sein kann, da ohne Zweifel die jungen Korallen sich hier unmittelbar auf den Thon- und Schlamm Boden niedergelassen haben.

Obgleich nun bisher leider keine andern auf Koralleninseln angestellte Bohrungen bekannt sind, kann ich doch durch die große Freundlichkeit des Haupt-Ingenieurs, Herrn J. W. Yzermann, eine höchst interessante Reihe von Bohrungen durch das Strandriff in der „Brandewynsbaai“ unweit Padang, an der West-Küste Sumatras, mitteilen, welche einen Einblick in das Verhalten der untern Fläche des Riffes gestatten.

Das Riff bildet noch ein Strandriff und erreicht an den breitesten Stellen, nämlich bei der tiefsten Einbuchtung der Bai eine

1) H. A. Mansfeldt, Geologische gesteltheit der Residentie Batavia. Jaarboek van het Mynwezen in Nederl. Oost-Indië, 1873, 2. Deel, p. 105.

Breite von ungefähr 300 Metern. Etwas von der Küste entfernt, liegt das vom Strandriffe gesonderte Riff „Pasir ketjil“, welches schon für einen ganz kleinen Teil trocken gelegt wird. Die Tiefe der Bai schwankt zwischen etwa $7\frac{1}{2}$ und $8\frac{1}{2}$ Metern, der Boden besteht größtenteils aus Schlamm mit zahlreichen Schalen von *Operculina complanata*. An der Küste liegt ein Saum von etwa 100 Metern Breite, welcher aus abgestürztem vulkanischen Material besteht und an den vulkanischen Andesitfelsen grenzt, welcher ziemlich steil emporsteigt.

Da über dieses Riff hinüber ein Hafendamm aufgebaut werden sollte, war es notwendig über den Untergrund des Riffes Sicherheit zu erlangen. Nach den gewöhnlichen Darstellungen hatte man gehofft und gemeint, dass die Korallen direkt auf den Andesitfelsen aufgebaut wären, so dass man nur die Abfalllinie des Berges nach unten zu verlängern hätte, um die untere Grenze des Riffes zu finden. Durch die 15 Bohrungen, welche zur Untersuchung des Bodens gemacht wurden, stellte sich aber heraus, dass man sich sehr getäuscht hatte.

Auf dem beigegebenen Profil (S. 747) sind die Resultate der Bohrungen eingetragen. Um die Karte nicht zu groß zu machen und um doch der Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit keinen Eintracht zu thun, habe ich den Maßstab der Abstände auf 1:2000, den der Höhe auf 1:400 eingezeichnet. Die gleichartigen Schichten, welche bei den verschiedenen Bohrungen erhalten wurden, habe ich durch Linien mit einander vereinigt, mittels verschiedener Zeichnung die verschiedenen Schichten angegeben und auf diese Weise ein verhältnismäßig genaues ideelles Bild eines Querschnittes durch das Riff der Brantwein-Bai erhalten.

Der Abfall des Andesitfelsen ist ziemlich steil. Etwa 90 Meter vom Strande entfernt kommt der Andesit in einer Höhe von 9 Metern über dem Padang-Niveau an die Oberfläche. Die Bohrung Nr. 1, welche etwa 30 Meter von dieser Stelle entfernt ist, gab zuerst eine 6 Meter dicke Schicht von dunklem grauen Thon und Steinen, dann $2\frac{1}{2}$ Meter stark, gelben Thon mit Steinen und dann wieder den Andesitfelsen, welcher hier $3\frac{1}{2}$ Meter unter dem Padang-Niveau liegt. Der Abfall des Berges ist hier also $12\frac{1}{2}$ Meter auf 30 Meter. Bei den Bohrungen Nr. 2 und 3 wurde der Andesitfelsen auf einer Tiefe von 5 und 6 Meter unter dem Padang-Niveau gefunden, so dass auf die 30 Meter lange Strecke zwischen Nr. 1 und 3 ein Abfall gefunden wird von nur $6 - 3\frac{1}{2} = 2\frac{1}{2}$ Metern. Bei der Bohrung Nr. 4, am Rande des Strandes, 25 Meter von Nr. 3 entfernt wurde auf einer Tiefe von 16 Metern noch kein Andesitfelsen gefunden, was also wenigstens einen Abfall von $16 - 6 = 10$ Meter auf 25 Metern entspricht. Bei keiner der folgenden Bohrungen ist Andesit oder ein anderes vulkanisches Gestein gefunden. Ueberall bestand der Boden

unter dem Riffe aus Schlamm mit verschiedenen Beimischungen. Das erste Resultat, das unmittelbar aus den Bohrungen hervorgeht, ist also, dass das Riff sich nicht auf den Andesitfelsen aufgebaut hat, sondern direkt auf den Schlamm- oder Thonboden.

Das ganze ungefähr 300 Meter breite Riff ist verhältnismäßig dünn. An dem äußersten Rande, zwischen Bohrung Nr. 12 und 13 ist es nicht, wie es nach der Vorstellung Darwin's und anderer zu erwarten sein sollte, am dicksten, sondern sogar bei weitem am dünnsten. Das allgemeine Resultat aller Bohrungen ist, dass zuerst an der Oberfläche immer ausschließlich größere und kleinere Korallenstücke gefunden wurden, fast ganz ohne jegliche Beimischung von Schlamm oder Sand. Diese Korallenschicht hat die größte Mächtigkeit bei Bohrung Nr. 8, etwa 130 Meter vom Strande entfernt, wo sie fast 11 Meter dick ist. Sowohl nach dem Meere als nach dem Strande zu, wird sie allmählich dünner, um nur noch bei Nr. 5 bis zu einer Dicke von fast 7 Metern anzuwachsen. Am äußersten Rande, 300 Meter vom Strande, hört das Riff, wie gewöhnlich, plötzlich auf, fast senkrecht. Am Strande sind bei Bohrung Nr. 4 die letzten ungemischten Korallen gefunden.

Auf diese Schicht von Korallen ohne Beimischung folgt eine Schicht von Schlamm oder Thon mit mehr oder weniger reicher Beimischung von Korallenstücken. Die Dicke dieser Schicht variiert. Sie ist bei den Bohrungen Nr. 5, 6 und 9 am dicksten, wo sie 6—7 Meter beträgt, bei Nr. 4, 7, 8 und 12 am dünnsten, und zwar 2 bis 2½ Meter. Unter dieser Schicht liegt zuletzt der mit verschiedenen Beimengungen gemischte Schlamm, welchen wir uns etwas genauer anzusehen haben.

Bei Bohrung Nr. 4 lag unter der Schicht „Korallen mit Schlamm oder Thon“ eine ziemlich feste Schicht grauer Thon mit Sand gemischt. Bei Nr. 5 und 6 wurde unter dieser zweiten gemischten Korallenschicht weicher grauer Thon gefunden, bei Nr. 7 fester grauer Thon, bei Nr. 8 zuerst Schlamm mit viel, darunter mit wenig Korallensand, bei Nr. 9 sehr weicher Thon oder Schlamm, bei Nr. 10 wieder Schlamm mit Sand, bei Nr. 11 Schlamm mit Schalen von *Operculina complanata*, bei Nr. 12 endlich wieder Schlamm mit Sand. — Herr R. D. M. Verbeek der bekannte Beschreiber der Krakatau-Eruption, war so freundlich den Schlamm, welcher den Korallen als Unterlage dient, zu untersuchen. Es ergab sich, dass dieser Schlamm aus äußerst fein verteiltem und zum Teil verwittertem Gries der Andesitfelsen besteht, welche die Küste bilden, gemischt mit Schalen von Foraminiferen. Jüngerer Bimsteinsand scheint sehr wenig in dem Schlamm vorzukommen. Der Sand zwischen dem Schlamm besteht größtenteils aus Feldspath von Andesit. Wahrscheinlich ist also die „Brandewynsbaai“ ein während der Tertiärzeit eingestürzter Krater. Der Meeresboden ist zuerst von dem vulkanischen Schutt bedeckt worden,

und nachher haben sich Foraminiferen mit diesem vulkanischen Schlamm gemischt. Obgleich kein Tiefseenederschlag, stimmt dieser Schlamm doch überein mit dem von Murray und Benard¹⁾ als „Volcanic Muds and Sands“ bezeichneten Bodensatz.

Bei der Betrachtung des Profils fällt es nun sofort auf, dass dort wo weicher Schlamm unter den Korallen liegt, wie bei den Bohrungen Nr. 5, 6 und 9, die Schicht der „Korallen mit Schlamm“ verhältnismäßig sehr dick ist, nämlich 6—7 Meter, dort hingegen wo der Schlamm mit Sand gemischt ist, wie bei den Bohrungen Nr. 4, 8, 10, 11 u. 12, oder dort wo die Unterlage einen festen Thon darstellt, wie bei Nr. 7, die Schicht „Korallen mit Sand oder Schlamm“ nur dünn ist, 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ Meter. Es liegt nun weiter auf der Hand, dass die Grenze zwischen der Schicht reiner Korallen und der mit Schlamm gemischten Korallenschicht, ungefähr den ursprünglichen Meeresboden darstellt. Die zuerst auf dem vulkanischen Schutt sich aufbauenden Korallen, sind aber durch das Gewicht des weiter wachsenden Riffes tiefer und tiefer in den Meeresboden hineingedrängt, und zwar in den weichen Schlamm fast dreimal tiefer als in den festen Thon oder in die Mischung von Thon mit Sand.

Man könnte sich zwar auch vorstellen, dass die untere Grenze der mit Schlamm gemischten Korallen den ursprünglichen Meeresboden darstelle, und nachher der Schlamm sich zwischen den Korallenästen niedergeschlagen hätte. Es wäre dann aber nicht einzusehen, weshalb nur während der ersten Zeit dieser Schlamm sich mit den Korallen gemischt hätte, indem nachher gar kein Niederschlag von Schlamm mehr zwischen den Korallen gefunden wird! Auch bliebe dann die ungleiche Dicke dieser Schicht unverständlich, während sie sich auf die von mir vorgeschlagene Weise ganz ungezwungen erklären lässt. Es gleicht das ganze Verhalten etwa demjenigen, welches bei dem Bauen eines Dammes auf weichem Boden vorkommt, wo auch zuerst ein ziemlich großer Teil der eingestürzten Materialien (Steine und Korallen) mehr oder weniger tief in den weichen Boden hineinsinken und eine feste Fundierung darstellen. Auch das Korallenriff hat sich seine eigne Fundierung in dem Schlamm Boden geschaffen.

Bei der Betrachtung des Profils fällt noch unmittelbar auf, dass die größern, massiveren Korallenblöcke mehr an der Oberfläche liegen, dass das losere Material aber, die Madreporen- und Porites-Aeste, die unterste, also die ältere Schicht bilden. Die letztern sind also auch hier die ersten Ansiedler gewesen.

Zum Schluss kann ich über die ersten Anfänge derartiger Küstenriffe noch einige Beobachtungen mitteilen, wodurch sich auch der

1) S. Murray and A. Benard, Nomenclature, Origin and Distribution of Deep Sea Deposits. Proc. Roy. Society of Edinburgh, Vol. XII, 1884, p. 509.

Zustand des Riffes am Rande des Strandes bei den Bohrungen Nr. 3 und 4 erklärt.

Durch die große Freundlichkeit des Hauptinspektors der Leuchttürme im Indischen Archipel, Herr J. S. von Drooge war es mir und Dr. M. Treub zweimal möglich, für ein paar Tage die in jeder Hinsicht so äußerst interessante Insel „K Krakatau“ in der Sundastraße zu besuchen, und zwar im November 1888 und im Juli 1889. Unter den zahlreichen wichtigen Naturerscheinungen, welche sich auf dieser seit dem Ausbruch im August 1883 so berühmten Insel dem Naturforscher darbieten, war es mir auch von besonders großem Wert, die erste Ansiedlung der Korallen am Strande zu studieren.

Schon vor dem Ausbruche hatte ich die Insel im Jahre 1880 besucht und an verschiedenen Stellen schöne, wenn auch ziemlich schmale Küstenriffe gefunden. Von allen diesen ist selbstverständlich nach der Katastrophe von 1883 nichts übrig geblieben. An der Nordseite ist die größte Hälfte der Insel eingestürzt, und ist dort also ohne Zweifel eine neue Küstenlinie entstanden. Auf allen übrigen Seiten der Insel ist aber eine solche Menge Bimstein herabgefallen, dass auch dort überall eine neue Grenze der Insel gebildet wurde.

Die frühern Küstenriffe sind also zerstört worden und mit einer wenigstens 20 Meter dicken Schicht von Bimstein bedeckt. Auch der ganze Meeresboden ist mit einer Schicht von 10 bis 20 und mehr Meter von Bimstein, vulkanischer Asche oder Bimsteinsand bedeckt, so dass auch auf dem Meeresboden von dem ursprünglichen Leben nichts übrig geblieben sein kann¹⁾. Da ich über die neue Meeresfauna von Krakatau in kurzer Zeit einiges mitzuteilen gedenke, so will ich hier nur die neuen Ansiedlungen von Korallen besprechen. Bekanntlich liegt an der Nordseite der Insel die fast senkrechte Wand, welche einen Querschnitt durch den höchsten Berg „Rakata“ darstellt. Der östliche Ausläufer dieser Wand, von Herrn Dr. R. D. M. Verbeek als „Schwarze Klippe“ bezeichnet, bildet zugleich die östliche Grenze einer kleinen Bai, welche sich an der Nordostseite der Insel befindet.

In dieser kleinen Bai, welche eine Oeffnung von ungefähr 2000 Meter hat, habe ich die ersten Anfänge eines zukünftigen Riffes gefunden. Die Tiefe der Bai variiert von 4 bis 15 Faden und der Boden ist ganz mit vulkanischer Asche oder Bimsteinsand und größern und kleinern Bimsteinstücken bedeckt. Als ich im November 1888 zum ersten Mal Krakatau wieder besuchte, fand ich an der Westseite der oben erwähnten „Schwarzen Klippe“ auf den abgestürzten Basaltsteinen einen Saum von Korallen, welcher schon ein Meter breit war. In der Hauptsache war dieser Anfang des Strandriffes aus *Madrepora nobilis* Dana aufgebaut, deren Aeste schon eine Länge von 2 bis 2½ Decimeter erreicht hatten. Außerdem kamen einzelne Aeste von

1) Vergl. R. D. M. Verbeek, „K Krakatau“. Batavia 1885. p. 118 u. fg.

Porites mucronata Dana und *Favia affinis* M. Edw. Es waren nicht vereinzelt stehende Aestchen, sondern die Korallen bildeten schon einen zusammenhängenden Saum, welcher schon dem Meere die eigentümliche hellgrüne Farbe oberhalb des Riffes erteilt. Die Dicke des Saumes kann man im Mittel auf etwa 2 Decimeter anschlagen. Das Alter dieses jungen Riffes beträgt selbstverständlich höchstens fünf Jahre. In der Bai selbst fand ich schon eine ziemlich reiche neue Fauna, welche ich demnächst genauer zu beschreiben gedenke, aber die größern Bimsteinstücke waren damals (November 1888) noch sehr arm an Tieren. Nur ganz vereinzelt fand ich ganz kleine Kolonien von Montiporen von höchstens einem Quadratcentimeter Umfang. Auch Spongien, Seefedern, Würmer fanden sich nur erst ganz vereinzelt und dann nur in winzig kleinen Exemplaren, da die Steine auch noch fast gar nicht mit Algen bewachsen waren. Wahrscheinlich waren diese Bimsteinstücke erst vor kurzer Zeit hinunter gesunken. Durch das Schlagen der Wellen wurden noch fortwährend größere Mengen von Asche und Bimstein am Straude abgeschlagen, die zum Teil schon in der Bai sanken, wodurch die ältern Stücke wieder bedeckt wurden, und die eventuell auf den ersten angesiedelten Tiere wieder abstarben. Während meines zweiten Besuches im Juni 1889 fand ich den Zustand in der Bai einigermaßen geändert. Das junge Riff an der Westseite der „Schwarzen Klippe“ war nicht nur nicht weiter gewachsen, sondern war sogar zum größten Teil dadurch zerstört, dass von der fast senkrechten Wand des Basaltfelsens ziemlich viel Steine herabgefallen waren und das Riff zum Teil bedeckt hatten. Auch nach dem Meere zu hatte das Riff sich nicht weiter ausgebaut, und war jedenfalls nicht direkt von dem felsigen Untergrund auf den mit vulkanischer Asche und vulkanischem Schutt bedeckten Boden der Bai vorgertückt.

Anderseits aber fand ich bei dem Dredschen in der Bai, dass fast alle größern Bimsteinstücke, welche die Dredse heraufbrachte, schon reichlich mit Korallen bewachsen waren. Größere, bis 2 Decimeter lange Aeste von *Madrepora nobilis* Dana, *Madrepora arbuscula* Dana und bis 1 Decimeter lange Aeste von *Porites mucronata* Dana waren schon ganz gemein. Reichlich verästelte Bäumchen von *Seriatopora elegans* M. Edw. bildeten schon ganze Korallenwäldchen. Die *Montipora stylosa* Ehr. hatte schon zahlreiche größere Bimsteinstücke mit einer 3 mm dicken Kruste umgeben, auf einer Oberfläche von mehreren Quadratdecimeter. Auch die *Lophoseris Pavonia*, *L. explanulata* Lom. bildete schon vielfach halbmondförmige 2 bis 3 mm dicke Platten von 1 Quadratdecimeter Oberfläche, welche an den größern Bimsteinstücken hingen. Alle diese Korallen gehören zu den reichlich verästelten Arten, welche nach dem Absterben leicht zerstückeln und die eigentümlichen aus kleinen Korallendebris bestehenden Schichten bilden. Die massivern Arten kamen noch so gut wie gar nicht vor, nur ganz kleine Stücken von *Favia affinis*

M. Edw. fand ich zuweilen. Auch *Fungia*, *Astrea* etc. fehlten noch ganz. Uebrigens waren die Binsteinstücke mit den Kalkgehäusen von Serpuliden bewachsen und von ihnen durchbohrt, oder verschiedene Muschelschalen waren an denselben festgewachsen, so dass öfters hierdurch zusammen mit der Korallenkruste, von dem Binsteinkern nicht mehr zu entdeeken war.

Da nun in der ganzen Bai sich diese erste Korallenansiedlung ziemlich gleichartig verhielt, so ist es wahrscheinlich, dass das zukünftige Riff sich nicht, vom Strande her beginnend, ausbauen, sondern allmählich emporwachsen wird, und die ganze Bai sich ungefähr gleichzeitig mit dem Riffe füllen wird. Nachdem das Riff der Oberfläche ziemlich nahe gerückt ist, werden die Murray'schen Einflüsse zu wirken anfangen, und allmählich ein Barrière-Riff, das nach dem Meere zu weiterwächst zu stande bringen. Nach einiger Zeit erst werden sich auch die massivern Korallenarten auf den Debris der losern Arten ansiedeln — und das typische Riff ist fertig.

Kehren wir jetzt noch einmal nach der „Brandewynsbaai“ zurück, so finden wir eine sehr große Uebereinstimmung mit den eben beschriebenen Verhältnissen bei Krakatau. Auch dort haben sich wahrscheinlich die ersten jungen losen Korallen auf den Andesitfelsen angesiedelt, aber auch dort ist durch den Absturz der Felsen das Riff wieder zum Teil zerstört, so dass man bei Bohrung Nr. 3 die abgestorbenen Korallendebris mit Andesitfelsen gemischt findet. Nachher scheint auch in der „Brandewynsbaai“ die ganze Breite des jetzigen Riffes so ziemlich gleichzeitig entstanden zu sein und sich zwar wie bei Krakatan zuerst nur aus loserem Material aufgebaut zu haben. Bei den Bohrungen Nr. 4–8 wurden ja an der Oberfläche bis zu 4–8 Metern feste schwere Korallenstücke gefunden, und darunter kleinere und zerstückelte Aeste. Nur bei Nr. 9 und 10 kam auch oberhalb der größern Stücke noch eine dünne Schicht von kleinern Aesten vor.

In den übrigen Teilen des Indischen Archipels scheinen sich diese beiden Arten von Korallenbildungen öfters zu wiederholen. Nach derselben Art wie die Inseln in der Bai von Batavia scheinen mir alle Inseln in dem nordwestlichen Teil der Javasee entstanden zu sein. Meine eigne Erfahrung erstreckt sich nur noch auf den südlichen Teil der „Tausend Inseln“. Aber auch der nördliche Teil zeigt, nach den ausführlichen Seekarten zu urteilen, genau dieselben Verhältnisse. Ohne Zweifel haben sich auch hier die Korallen auf den Schlammboden niedergelassen, und zwar wieder in einer Tiefe von 16–20 Faden. In dem südlichen Teil finden sich aber schon mehrere ältere Riffe, welche bereits die Atollform angenommen haben. Auch die größern Inselgruppen: die „Agnieten-Inseln“ und die „Hoorn-Inseln“, so wie die Insel „Groote Kombuis“ oder „Pulu Lantjang“ sind schon beträchtlich ältere Riffe, welche sehr deutliche Atolls

bilden. Es ist allerdings bei den „Agnieten“- und „Hoorn“-Inseln nicht unmöglich, dass dort ein anderer Zustand besteht, wegen der ziemlich plötzlichen tiefen Senkung des Meeresbodens bis zu 50 Faden. Vielleicht kommt hier ein unterseeischer Kraterrand vor, auf welchen die Korallen sich angesiedelt haben. Leider weiß ich über den Untergrund dieser Inseln nichts mitzuteilen. Bei den „Kariman-Djawa“-Inseln und bei der Insel „Bawean“ scheinen die Korallenriffe, so viel nach den neuern Seekarten zu urteilen ist, mehr direkt, wie bei dem ersten Riffe bei der „Schwarzen Klippe“ bei Krakatau, auf den vulkanischen abgestürzten Steinen aufgebaut zu sein. Wenigstens gilt dies für die Bai von „Sangkapura“ an der Südseite der Insel, wo mehrere große Steine in der Bai liegen, von welchen aus die Riffe weiter gewachsen sind. Zum Teil aber sind sie auch, wie bei der „Brandewyns baai“ direkt auf dem vulkanischen Schlammboden entstanden.

In der Sundastraße kommt bei der Insel „Dwars in den Weg“ ein ganz kleines Riff in der Bai an der Südwestseite der Insel vor, wo die Korallen sich unmittelbar auf den im Meere liegenden vulkanischen Steinen niedergelassen haben. Sonst trifft man noch an der Westseite von „Prinsen Eiland“ ein nicht unbedeutendes Strandriff an, sowie an der Westseite der Insel „Sebuku“.

Schließlich möchte ich Resultate der oben mitgeteilten Beobachtungen noch kurz zusammenfassen:

- 1) Die hemmende Wirkung des Flusswassers auf die Bildung von Korallenriffen tritt bei der Verbreitung der Koralleninseln und Riffe in der Bai von Batavia deutlich hervor.
- 2) Auf Schlammboden können sich, ganz frei vom Strande, die allerersten Anfänge von Riffen und Koralleninseln dadurch bilden, dass die jungen Korallen, und zwar die loseren Arten, sich auf zufällig dort hingekommenen oder gesunkenen Steinen, Muschelschalen und namentlich Bimsteinstücken ansiedeln.
- 3) Durch das Weiterwachsen dieser jungen Korallenstöckchen werden die Steine allmählich mehr und mehr beschwert, wodurch dieselben in den Schlamm hineinsinken. Hierdurch wird im Laufe der Jahre in dem weichen Schlamm eine Fundierung geschaffen, auf welcher das nachherige Riff ruht. Bei einer Meerestiefe von etwa 8 Metern ist ein Riff, das bis an die Meeresoberfläche herangewachsen ist, bis etwa 7 Meter in den Schlamm hineingesunken. Das Riff macht sich also eine eigne Fundierung.
- 4) Die Riffe in der Javasee legen sich gleich von Anfang an in ziemlich großen Flächen an, nämlich von circa 500 Metern Durchmesser, von der mittlern Meerestiefe gleichmäßig bis nahe an das Wasserniveau emporwachsend, ohne die Atollform anzunehmen. Erst nachdem sich das Riff der Oberfläche bis weniger als 1 Fuß genähert hat, fangen die von Murray her-

vorgehobenen Einflüsse an zu wirken, und es werden in den meisten Fällen Koralleninseln mit Barrière-Riffen, zuweilen, aber selten, Atolle gebildet.

- 5) Barrière-Riffe in der Nähe vom felsigen Strande, brauchen sich nicht vom Strande aus gebildet zu haben, indem sie sich hier zuerst ansiedelten, sondern können öfters in größerer horizontaler Ausdehnung gleichzeitig vom Boden einer Bai aus sich aufbauen, um nachher zu einem Barrière-Riffe zu werden (Krakatau, Brantweinbai, Bawean).
- 6) Die Dicke der Barrière-Riffe kann durchgehends ziemlich gleichmäßig oder sogar am äußersten Rande beträchtlich dünner sein als am Strande. Jedenfalls ist die Dicke des Rifves am Rande nicht zu finden durch Verlängerung des Abhanges der Felsenwand nach unten zu.
- 7) Die Tiefe der Einsenkung der zuerst angesiedelten und nachher abgestorbenen Korallen in den Meeresboden ist abhängig von der Beschaffenheit des letzteren. Auf weichem Schlamm besitzt eine etwa 9 Meter dicke Schicht Korallen eine in den Schlamm eingesenkte Fundierung von 7 Metern Dicke. Auf festem Thon sinkt eine 7 Meter dicke Schicht von Korallen nur 2 Meter tief ein. In reichlich mit Sand gemischtem Schlamm weist eine Schicht von $10\frac{1}{2}$ Meter Korallen eine Fundierung von nur 2 Metern auf.
- 8) Bei der Bildung neuer Riffe auf schlammigen und vulkanischen Meeresboden, siedeln sich zuerst die loseren Arten *Madrepora*, *Porites* etc. an, und erst nachher bauen die massivern Arten *Astraca* etc. auf den erstern weiter. —

Nachtrag zu dem Aufsatz: Zur Physiologie der Fortpflanzung.

In dem kleinen Artikel, welcher in dieser Zeitschrift, Bd. IX, Nr. 20—21 erschienen ist, teilte ich mit, dass bei dem Wassernetz (*Hydrodictyon*) die äußeren Bedingungen darüber entscheiden, ob die ungeschlechtliche oder geschlechtliche Fortpflanzung eintritt. Die Kenntnis dieser Bedingungen gestattet willkürlich die Alge zu der einen oder der andern Art der Fortpflanzung zu zwingen. Indess hob ich hervor, dass die Versuche noch nicht nach allen Beziehungen beweiskräftig waren, insofern nämlich die Gametenbildung nicht unter allen Umständen hervorzurufen war. Die Ausnahmen bestanden darin, dass die Netze, welche Gameten bilden sollten, entweder indifferent blieben oder aber Zoosporen bildeten; das letztere geschah stets, wenn die Netze vorher in Nährsalzlösungen kultiviert worden waren. Indifferente Netze resp. Zellen derselben sind meistens nicht recht lebenskräftig und müssen, um es wieder zu werden, in Nährsalzlösungen für einige Zeit gebracht werden, wodurch sie natürlich

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1889-1890

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Sluiter C. Ph.

Artikel/Article: [Ueber die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Branntweinbai und über neue Korallenbildung bei Krakatau, 737-753](#)