

### **VIII. Haben Relikte der alten Flora und Fauna die Eruptionen von 1883 überdauert und Anteil an der Wiederbesiedelung der Krakatau-Inseln?**

Die Erforschung der neuen Flora der Krakatauinseln ist unter dem Eindrucke der von R. D. M. VERBEEK beschriebenen unsäglichen Verheerungen durch die Eruption von 1883, seinen Angaben über ungeheure, bis 60 und 100 m hoch abgelagerten Bimsstein- und Aschenmassen und bestimmten Aussagen über die völlige Vernichtung von Pflanzen- und Tierwelt begonnen worden. R. D. M. VERBEEK und M. TREUB waren von der Abtötung allen Lebens auf den drei Inseln völlig überzeugt. «En premier lieu», schreibt M. TREUB (1888, S. 214), «il est indispensable de prouver que la flore actuelle doit être considérée comme nouvelle et qu'elle n'est pas issue des restes de la végétation luxuriante qui occupait l'île avant l'éruption. Rien n'est plus facile d'ailleurs, que de fournir cette preuve. Lors de l'éruption les arbres terrassés ou brisés par de violentes rafales ont dû être à moitié carbonisés, vu la température extrêmement élevée qui a certainement régné sur toute l'île. Ensuite Krakatau a été couvert, depuis le sommet jusque bien au delà du niveau de la mer, d'une couche de cendres et de pierre ponce brûlantes. Cette couche a une épaisseur variant entre un mètre et soixante mètres. Dans ces conditions là il est clair qu'aucun vestige de la flore n'a pu subsister après le cataclysme. La graine la plus persistante et le rhizome le mieux protégé ont dû perdre à jamais toute vitalité.»

Die Forscher, die im Verlauf der beiden nachfolgenden Jahrzehnte nach Krakatau gekommen sind, hatten keine Ursache, die Richtigkeit der bestimmten Angaben von R. D. M. VERBEEK und M. TREUB anzuzweifeln. Auf den Resultaten M. TREUB's aufbauend, haben sie sich damit begnügt, den weiteren Verlauf der Neubesiedelung zu verfolgen. Der Gedanke allerdings, ob nicht doch einzelne Reste der alten Flora und Fauna erhalten geblieben oder sekundär wieder zur Entwicklung gekommen sein könnten, ist angesichts der überraschenden Fortschritte der Flora und Fauna, die jeweilen festzustellen waren, gewiss auf jeder dieser Exkursionen immer wieder eingehend diskutiert worden. So hat den Teilnehmern der 1905 ausgeführten Exkursion, an welcher TH. VALETON beteiligt war, wie auch uns 1906, der mächtig entwickelte Casuarinenwald an der Südostküste Krakataus nachhaltigen Eindruck gemacht. Zum Nachdenken regten auch das ent-

deckte hochstämmige Exemplar von *Cycas* an und die Feststellung, dass hinter Strandwald und Grassteppe an den Abhängen des Kegels stellenweise weitere Waldbildung zu beobachten war. Wir wussten aber, dass der Strandwald sich auf neuem, durch Anschwemmung entstandenem Terrain entwickelt hatte und wir machten keine direkten Feststellungen, die dafür gesprochen hätten, dass andere Teile der neuen Vegetation nicht ausschliesslich aus Neusiedlern zusammengesetzt wären. Auch C. A. BACKER bekannte sich ja in seiner Mitteilung über die botanischen Funde der Expedition von 1908, an welcher er mit seinen Begleitern immerhin in die Höhe von nahezu 400 m emporgelangt war, durchaus als Anhänger der allgemein verbreiteten Annahme einer völligen Vernichtung der Lebewelt Krakataus im Jahre 1883 und der seitherigen Entstehung einer neuen Flora und Fauna.

Erst 21 Jahre später hat C. A. BACKER die ganze Krakatauforschung einer strengen Kritik unterzogen und vor allem die ihr zugrunde liegende und früher auch von ihm vertretene Ansicht von der völligen Vernichtung der Vegetation durch die Eruptionen von 1883 bekämpft. Der Gedanke, dass zusammen mit pflanzlichen Ueberbleibseln auch Tiere die Katastrophe von 1883 überdauern haben könnten, ist völlig unabhängig von C. A. BACKER, nämlich schon 1925 durch R. F. SCHARFF, zum Ausdruck gebracht worden.

Beide Hypothesen haben naturgemäss in den beiden Forschern, die seit 1919 die Forschungen zum Krakatauproblem geleitet und zu so bedeutsamen Resultaten geführt haben, W. DOCTERS VAN LEEUWEN und K. W. DAMMERMAN, sachkundige Gegner gefunden. Es geht nicht wohl an, in einer zusammenfassenden Studie zum Krakatauproblem der Diskussion der beiden Hypothesen und ihrem Pro und Contra auszuweichen, sie soll aber mit Ruhe und Unbefangenheit durchgeführt werden. Der Besprechung und Diskussion der Hypothesen C. A. BACKER's und R. F. SCHARFF's lasse ich in einem weiteren, ziemlich umfangreich gewordenen Abschnitt eine Uebersicht über Ergebnisse der Erforschung von Besiedelungsvorgängen in anderen vulkanischen Gebieten folgen, welche geeignet erscheinen, die für Krakatau strittigen Fragen nach verschiedener Richtung zu klären.

### 1. C. A. Backer's Hypothese von der Überdauerung einzelner Bestandteile der alten Flora Krakataus.

An der aktiven, seit 1919 in gleichmässigen Intervallen und mit reicheren Hilfsmitteln als zuvor durchgeführten Krakatauforschung hat C. A. BACKER, trotzdem er damals als bester Kenner der Flora Javas und Krakataus vor allem dazu berufen gewesen wäre, leider keinen Anteil mehr gehabt. Mehr als ein Dezennium nach seiner zweiten Krakataureise, vermutlich sogar erst während oder nach dem wissenschaftlichen Kongress von Bandoeng im Jahre 1919, an welchem W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN über das Krakatauproblem referierte, ist er dagegen der Ueberprüfung der Frage näher getreten, ob wirklich die frühere Vegetation von Krakatau durch den Ausbruch von 1883 vollständig vernichtet worden sei. Nach eingehendem Studium der einschlägigen Literatur und der auf den früheren Exkursionen gesammelten Pflanzen, brieflichem Verkehr mit dem ersten geologischen Erforscher der Krakatauinseln, R. D. M. VERBEEK und verschiedenen anderen biologisch tätig gewesen Besuchern Krakataus und vor allem auf Grund zahlreicher eigener und fremder Beobachtungen in andern vulkanischen Gebieten kommt er in dem mit grossem Scharfsinn verfassten dritten Kapitel seines der Kritik der vorangegangenen Krakatauforschung gewidmeten Buches (1929, S. 33) zum Schluss: "It is entirely unproven and even unprobable that the old vegetation of Krakatao was totally destroyed by the eruption of 1883." Daher weigert er sich auch des bestimmtesten "to accept TREUB's argumentation that it appears from the composition of the flora of Krakatao in 1886 that it cannot have originated from the former vegetation. On the contrary, there are several indications that the new flora of Krakatao partly originated or, at least, may have originated from rests of the former one".

Gewiss gilt ganz besonders für die wissenschaftliche Forschung das Dichterwort: «Eine als Irrtum erkannte Meinung ohne falsche Scham aufzugeben, ist vielleicht die wunderbarste Kraftersparnis, die unserem Geiste gegönnt ist und zugleich die, von der wir am seltensten Gebrauch machen.» Ob aber C. A. BACKER's Kritik ganz dieser Denkweise entsprungen ist und uns dem angestrebten Ziel, der Wahrheit, viel näher gebracht hat?

Es kann nicht meine Aufgabe sein, alles Material eingehend zu diskutieren und mich mit allen Gründen auseinanderzusetzen, welche C. A. BACKER gegen die Gültigkeit der älteren «Sterilisationshypothese» vorzubringen hat. Wer sich um das in

Frage stehende Problem näher interessiert, wird ohnehin auf das eigene Studium von BACKER's Buch und die Kenntnisnahme der sich anschliessenden Diskussionen nicht wohl verzichten können. So beschränke ich mich auf die Besprechung der wie mir scheint wichtigsten Ausführungen C. A. BACKER's über die Möglichkeit der Ueberdauerung alter Florenbestandteile an den oberen Südostabhängen des Rakata.

Nach R. D. M. VERBEEK's eigenen Mitteilungen waren jene Partien von Krakatau von den ersten Ausbrüchen im Mai 1883 nur wenig in Mitleidenschaft gezogen worden und trugen 14 Tage vor der grossen Katastrophe vom 26.—28. August 1883 immer noch eine dichte Vegetation, die in diesen letzten Schreckentagen mit einer Schicht von Asche und Bimsstein überschüttet wurde, deren Mächtigkeit, verglichen mit den Küstenpartien der Insel, sehr viel geringer war und wohl nur zirka 2 m betrug. Zwei Monate später waren, ebenfalls nach den Originalmitteilungen von R. D. M. VERBEEK, durch Erosion überall Furchen und tiefe Schluchten in das lockere Auswurfmaterial gegraben und in deren Grunde der frühere Boden stellenweise freigelegt worden.

Die oberirdische Vegetation war, das gibt auch C. A. BACKER zu, auf der ganzen Oberfläche der Insel völlig oder grösstenteils vernichtet, sodass R. D. M. VERBEEK bei seiner Besteigung des Rakata auf dessen Westseite, wie er schrieb, wirklich keinen einzigen aufrechten Baum, weder lebend noch tot, sondern nur gefällte und verkohlte Stämme, antraf. Dagegen hält es C. A. BACKER nicht für erwiesen, dass auch für jene entblössten Stellen der oberen Abhänge auf der Südostseite des Rakata Gleiches zu gelten habe. "A thin covering, lasting no more (and probably rather less) than 2 months, may have destroyed many superterranean organisms, but must be considered insufficient to kill all deeply buried rhizomes, roots, seeds, spores, mycelia and bacteria, unless it can be proven that it has strongly heated the underground to a considerable depth and during a long time." Das aber ist nach seiner Ansicht nicht möglich. Die auf den unteren Partien der Krakatauinsel abgelagerten hohen Schichten von Auswurfmaterialien haben, wie R. D. M. VERBEEK einwandfrei nachgewiesen hat, hohe Temperaturen während Monaten beibehalten und dadurch sicherlich alle darunterliegenden pflanzlichen Keime abgetötet. Nicht so an den oberen Südostabhängen. C. A. BACKER weiss einleuchtende Gründe dafür anzufüh-

ren, dass entsprechend hohe Temperaturen in den dort niedergefallenen Materialien nicht oder nicht lange geherrscht haben können, und infolge der geringen Schichthöhe und der bald einsetzenden Erosion auch keine derartige Erhitzung des anstehenden Bodens erfolgt sein könne, dass alle darin enthaltenen Organismen zugrunde gehen mussten. Damit war, wie C. A. BACKER weiter entwickelt, ein von der bis anhin üblichen Darstellung wesentlich abweichender Verlauf der Besiedelung möglich: "After the rains had brought sufficient humidity and had washed away here and there the covering layer, probably in many localities at about the same time a new vegetation developed, consisting partly of remnants of the old one, for the rest originating from spores, seeds and fruits saved or introduced in some way or other."

Als Relikte der früheren Vegetation sind seiner Auffassung nach die wesentlichsten Elemente der Bergwälder an den Südostabhängen des Rataka aufzufassen. Dafür schien ihm auch der von ihm selbst 1908 festgestellte Umstand zu sprechen, dass der Bergwald in der Höhenlage von 300—400 m am besten entwickelt war und nach den tieferen Lagen hin die Höhe der Bäume abnahm. Daraus zog er, zwar noch nicht im Jahr 1908, wohl aber in seinem Buche von 1929, den wohl nicht nach jeder Richtung einwandfreien Schluss, dass die Waldbildung von oben nach unten fortgeschritten, der *Saccharumgürtel* also von seiner Innenseite aus allmählich überdeckt worden sei. "Taking into consideration that the ravine-trees and the undergrowth belonged to such species as are frequent in the forests of Java and may quite well have grown on Krakatao before the eruption, further that the original soil in part of the higher ravines was laid bare very soon after the eruption, we have doubtless to reckon with the possibility that this young ravine-forest, partly at least, was not introduced after the eruption but consisted of survivors of the catastrophe" (1929, S. 194).

Am einwandfreiesten hätte sich die Richtigkeit der Hypothese C. A. BACKER's etwa aus dem Nachweis ergeben, dass diese Abhänge zu einem Ausbreitungszentrum von Pflanzen mit stark entwickelten Rhizomen geworden seien. Unglücklicherweise sind nun gerade Pflanzen mit kräftigen Rhizomen, wie sie besonders vielen Zingiberaceen, Musaceen und Araceen zukommen, in der neuen Flora von Krakatau nur in sehr kleiner Artenzahl vertreten und für die beiden nachgewiesenen Zingiberaceen z. B. kommen auch nach C. A. BACKER's (1929, S. 285) eigenen Ausführungen andere Möglichkeiten des

Transportes nach Krakatau und ihrer dortigen Verbreitung stark in Frage.

Eine besonders grosse Widerstandsfähigkeit gegen schädigende vulkanische Agentien kommt auch einzelnen Farnen zu. G. R. WIELAND (1930) hat im Oktober 1929 mit begreiflicher Verwunderung festgestellt, dass am Rande eines vier Jahre alten Lavastromes am Kilauea (Hawaii) Farnbäume, die von einer 1—3 Fuss hohen Lavaschicht umflossen waren, an ihrer Basis wieder ausgeschlagen hatten. Die entstandenen, unregelmässigen Triebe waren bedeutend grösser als von Pflanzen zu erwarten war, welche in derselben Zeit aus Sporen und Prothallien hätten hervorgehen können. "No other plants or ferns of any kind whatever were to be noted round about, although the rough, deeply furrowed lavas should have favored soil forming and the growth of prothalli." Im Anschluss an diese Feststellungen entwickelt G. R. WIELAND die Gründe, welche die Erhaltung lebender Partien der oberirdischen Stämme und der unterirdischen Organe möglich erscheinen lassen und er leitet daraus in Beziehung auf andere vulkanische Gebiete ebenfalls den Schluss ab, dass "ferns do come up from beneath the ash when it is washed away by the rains".

Unter den auf Krakatau gefundenen Pteridophyten sind ebenfalls einige Farne, die, wie z. B. *Blechnum orientale*, *Diplazium polypodioides* und *Angiopteris evecta*, kräftige Rhizome aufweisen, für die also die Möglichkeit des Ueberdauerns an den ursprünglichen Standorten bis nach ihrer Freilegung infolge Wegschwemmung einer nicht zu hohen, bedeckenden Schicht in Erwägung gezogen werden kann. Wollte man sich nun die von C. A. BACKER geübte Methode der Kritik zu eigen machen, so wäre zunächst darauf hinzuweisen, dass über die Widerstandsfähigkeit der Rhizome genannter Farne gegen schädigende Einflüsse (i. b. hohe Temperatur, Trockenheit und chemische Einwirkungen) nichts Genaues bekannt ist und weiter, dass sich C. A. BACKER auch nicht der Mühe unterzogen habe, diesen Nachweis durch Experimente zu erbringen. Wäre dieser jetzt fehlende Nachweis aber erbracht, so wäre damit für diese Farne die Ueberdauerung der Katastrophe von 1883 auf Krakatau auch erst in den Bereich der Möglichkeit gerückt. Beweisen lässt sich die Ueberdauerung dieser Pflanzen an ihrem ursprünglichen Standort ebensowenig wie die Uebertragung von Sporen durch die Luft.

Für andere der an den gleichen Standorten auf Krakatau vorkommenden Farne wird man aber um die Annahme einer Herkunft aus zugetragenen Sporen nicht wohl herkommen können. Auch C. A. BACKER hält es für wahrscheinlich, dass selbst auf den in Frage stehenden, seiner Auffassung nach am wenigsten geschädigten Partien der Südostabhänge des Rakata alle Epiphyten, also auch die epiphytischen Farne, getötet worden seien.

“It is very probable”, schreibt er (1929, S. 232), “that most, if not all, epiphytic plants were killed by the eruption; if their seeds or spores have not survived (what nobody knows) they must have been introduced in some way or other. It is very tempting to ascribe this introduction to direct transport by the wind but as yet there exist no solid proofs for this hypothesis; other ways are possible, though perhaps less probable.” So müssten also immerhin die Samen und Sporen für die Entstehung der seit 1919 in den Wäldern der oberen Bergpartien festgestellten epiphytischen Moose, Pteridophyten und Angiospermen *n a c h t r ä g l i c h* und unabhängig von der Herkunft der sie tragenden Bäume von auswärts durch fremde Agentien hergebracht worden sein.

In diesem Zusammenhange sei noch auf den interessanten Umstand verwiesen, dass nach W. DOCTERS VAN LEEUWEN (1923, S. 153) die epiphytische Flora von Krakatau in gleichen Höhenlagen nicht nur in bezug auf die Artenzahl der höheren Pflanzen, Orchideen und Farne, sondern auch der Moose und Flechten bedeutend reicher ist als diejenige von Sebesy, trotzdem auf dieser Insel die frühere Vegetation nachgewiesenermassen nur teilweise vernichtet worden ist.

Ueberdauerung alter Florenbestandteile hält C. A. BACKER auch auf den ebenfalls schon früh wieder teilweise entblösten *B a s a l t f e l s e n* bei Zwarte Hoek und in ihren Klüften für sehr wohl denkbar. Dagegen ist er, wie ausdrücklich hervorgehoben sei, ebenfalls der Ansicht, dass die Vegetation der unteren Partien der Krakatauinsel, sowie sehr wahrscheinlich auch die gesamte Pflanzenwelt der beiden Inseln Verlaten- und Lang Eiland, die niedriger sind und mit höhern Schichten von Auswurfsmaterial überdeckt worden waren, *n e u* entstanden sei.

In dieser Studie, welche nur einen Ueberblick und nicht ein *A r c h i v* über das Gesamtproblem der Besiedelung von Krakatau geben soll, eingehender auf die scharfsinnigen und in viele Details gehende Beweisführung C. A. BACKER's einzutreten, war ohne starke Ueberschreitung des in Aussicht genommenen Umfanges nicht möglich.

Die BACKER'sche Hypothese hat neben sehr viel Bestechendem unverkennbar auch ihre schwachen Seiten. Auch sie erbringt keine Beweise, sondern legt, was der Autor seinen Vorgängern so sehr verübelt hat, ebenfalls nur *M ö g l i c h k e i t e n* und *W a h r s c h e i n l i c h k e i t e n* dar. Den bestimmten Angaben von R. D. M. VERBEEK und M. TREUB, von denen der erste auf Krakatau wäh-

rend 3 Jahren immerhin fünfmal und zwar in mehrtägigen Auf-  
enthalten nicht nur die Küstenpartien begangen, sondern auch den  
Gipfel des Rakata bestiegen hat, über die vollständige Vernich-  
tung der alten Pflanzenwelt wird der N a c h w e i s d e r M ö g -  
l i c h k e i t der Ueberdauerung unterirdischer Pflanzenteile auf  
einer relativ kleinen Fläche der Krakatauinsel gegenübergestellt.

Die Tragweite der BACKER'schen Hypothese von der Ueber-  
dauerung alter Florenbestandteile an den Abhängen des Rakata  
und im Gebiete der alten Lavaströme bei Zwarte Hoek wird über-  
dies durch die Resultate von Untersuchungen der neuesten Zeit  
wieder stark eingeschränkt.

Wenn es an den obern Partien des Rakata überhaupt zu einer  
Entblössung des ursprünglichen, anstehenden Bodens gekommen  
ist, so kann diese doch nur lokal gewesen sein. W. DOCTERS VAN  
LEEUWEN und andere Exkursionisten, denen die Besteigung des  
Rakatagipfels gelungen ist, haben an den o b e r s t e n Partien der  
Abhänge stellenweise noch hohe Lapillschichten vorgefunden.  
Speziell zur Feststellung der Verbreitung der Vegetation v o r der  
Katastrophe von 1883 hat der Geologe CH. E. STEHN im Juli 1929  
nochmals den Gipfel des Rakata und die Basaltfelsen von Zwarte  
Hoek eingehend untersucht. Dabei wurde festgestellt:

1. Aus dem Vorkommen verkohlten Holzes ist zu schlies-  
sen, dass vor 1883 der ganze Gipfel mit Pflanzen bedeckt war.
2. Der Gipfel des Rakata weist auch jetzt noch eine Bimssteinschicht  
von 5 m Mächtigkeit auf.
3. Die Bimssteinschicht des Gipfels lässt Produkte von sechs verschie-  
denen Eruptionen erkennen.
4. Ueber der Bimssteinschicht wurden noch Reste einer Blockschicht  
gefunden.
5. Auch die Lava- und Tuffbänke von Zwarte Hoek sind jetzt noch mit  
Bimsstein bedeckt. Auch hier wurden unter der Bimssteinschicht Reste der  
früheren Vegetation gefunden.

Die von CH. E. STEHN gesammelten Reste der Gipfflora von v o r 1883  
bestanden, wie C. G. G. J. VAN STEENIS (1930, S. 66) mitgeteilt hat, aus daumens-  
bis halbpulsdicken Stücken Holzkohle. Die an der Versuchsstation für das  
Forstwesen in Buitenzorg durchgeführte Untersuchung ergab einen so starken  
Verkohlungszustand, dass keine für die Bestimmung verwendbaren Strukturen  
mehr festgestellt werden konnten. „Het was“, wie C. G. G. J. VAN STEENIS weiter  
ausführt, „klare houtskool, en dit wijst wel op de hooge temperatuur, waarbij  
de droge destillatie plaats gehad moet hebben.“

Durch die Befunde von CH. E. STEHN darf nun wohl als sicher  
gestellt gelten:

dass der Gipfel des Rakata vor 1883 vollständig mit Pflanzen,



wahrscheinlich mit einer Strauchwildnis und Krummholz überdeckt war,

dass die während der Eruptionen von 1883 auf dem Gipfel gefallenen Bimsstein- und Aschenmassen mindestens 5 m Mächtigkeit erreichten und so heiss gewesen sein müssen, dass mit der Verkohlung der oberirdischen Pflanzenteile wohl auch eine Sterilisation des anstehenden Bodens und damit eine Abtötung aller Lebewesen erfolgte.

Die Befunde CH. E. STEHN's in der heutigen Gipfelpartie des Rakata stehen in einem gewissen Gegensatz zu den Angaben R. D. M. VERBEEK's, dass die Bimsstein- und Aschenschichten auf den Südostabhängen in den Höhenlagen von über 400 m nur eine geringe Mächtigkeit erreicht hätten und von Anfang an abgekühlt gewesen seien. Das Fundament, auf dem die Hypothese C. A. BACKER's hauptsächlich ruht, wird wesentlich erschüttert. Die Feststellungen CH. E. STEHN's sprechen unzweifelhaft gegen die Hypothese C. A. BACKER's, geben aber, darüber muss man sich ebenfalls klar sein, keinen positiven Beweis für die Richtigkeit der Annahme einer vorangegangenen totalen Vernichtung der Flora und Fauna von Krakatau.

## 2. Die Hypothese R. F. Scharff's von der Überdauerung von Elementen der früheren Tierwelt Krakataus.

Nicht viel anders als für die Pflanzenwelt liegen die Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten für die Entstehung der neuen Tierwelt. In der zoogeographischen Literatur ist der Gedanke, dass zusammen mit pflanzlichen Resten auf Krakatau auch Tiere die Katastrophe von 1883 überdauert haben könnten, zuerst von R. F. SCHARFF diskutiert worden. Soweit mir bekannt ist, hat er keinen aktiven Anteil an der biologischen Krakatauforschung genommen und kennt die in Frage kommenden Gebiete und ihre Lebensbedingungen nicht aus eigener Anschauung. Sein geistreiches, aber mit vier Druckseiten Umfang die vielen Seiten des zur Diskussion stehenden Problems nur oberflächlich streifendes Exposé basiert in seiner Anfechtung der von M. TREUB beschriebenen «Neubesiedelung» ersichtlich auf ungenügender Kenntnis der Verhältnisse. Er unterschätzt Wert und Umfang der von R. D. M. VERBEEK gemachten Feststellungen hinsichtlich der Vernichtung pflanzlichen und tierischen Lebens. Dies vor allem auf Grund seiner eigenen, gänzlich unrichtigen Annahme, dass VERBEEK erst im Jahre 1884 auf Krakatau an Land gegangen sei, während dieser schon auf der von R. F. SCHARFF vorgängig zitierten Exkursion vom

Oktober 1883 nicht nur die untern Partien der Insel eingehend studiert, sondern auch den Rakata bestiegen hat. Von der Küste bis zum Gipfel hat R. D. M. VERBEEK die Ueberdeckung und Vernichtung der alten Vegetation festgestellt. Vor der zusammen mit M. TREUB im Mai 1886 ausgeführten Exkursion hat R. D. M. VERBEEK Krakatau insgesamt viermal untersucht, und seine Angaben über die Vernichtung der alten Vegetation haben jedenfalls M. TREUB angeregt, die *neueste* Flora von Krakatau seinerseits einer Untersuchung zu unterziehen. Aus den Befunden R. D. M. VERBEEK's auf diesen vier vorangegangenen Exkursionen und längeren Aufhalten auf der Krakatau-Inselgruppe, die er in einem längeren Passus rekapituliert, hat M. TREUB (1888, S. 215) den Schluss gezogen: «Dans ces conditions là il est clair qu'aucun vestige de la flore n'a pu subsister après le cataclysme. La graine la plus persistante et le rhizome le mieux protégé ont du perdre à jamais toute vitalité». Mit seinem Satze «Aussitôt qu'il vit l'île, il décida, en effet, qu'aucune trace de la flore préexistante ne pouvait avoir persisté après le terrible cataclysme» lässt R. F. SCHARFF auch unbewusst erkennen, dass ihm über die wissenschaftliche Qualifikation M. TREUB's offenbar herzlich wenig bekannt gewesen ist. Vielleicht dass R. F. SCHARFF's zum mindesten eigenartiger Formulierung der TREUB'schen Angaben eine sinnverändernde Zusammenziehung mit einem Satz der vorangegangenen Seite des TREUB'schen Exposé's zu Grunde liegt, wo M. TREUB, nach Ausführungen über die von *Seeleuten* gegebenen, verschieden lautenden Aussagen über Vorkommen oder Fehlen einer neuen Flora auf Krakatau schreibt: «Lorsque nous approchions de Krakatau dans la matinée du 19 Juin 1886, nous ne tardions pas à distinguer d'assez nombreuses plantes; et cela non seulement près du niveau de la mer, mais tout aussi bien sur les hauteurs et même vers le sommet de l'île.» Auch die Tragweite und Berechtigung dieses Satzes konnte R. F. SCHARFF, weil mit den lokalen Verhältnissen nicht vertraut, kaum richtig einschätzen. Aus eigener zweimaliger Erfahrung ist mir bekannt, dass die Schiffe bei den Krakatauexpeditionen sehr nahe an der Nord-, Nordwest- und Nordostküste Krakataus entlang fahren und man vom Schiff aus nicht nur am Strand, sondern mit dem Fernglas auch an den Abhängen und Gräten und selbst auf dem Gipfel des Rakata die Pflanzenwelt recht gut übersehen und *Bäume und Sträucher von Stauden und Kräutern einwandfrei unterscheiden kann*.

Auch die Ausführungen R. F. SCHARFF's über die Möglichkeiten des Ueberlebens von Pflanzen an den Abhängen des Rakata basieren auf teilweise unrichtigen Vorstellungen und ungenügender Kenntnis der einschlägigen Literatur, i. b. des Werkes von R. D. M. VERBEEK. Die von R. F. SCHARFF angenommene vollständige Entblössung des Gipfels hat, wie schon gezeigt worden ist, nicht stattgefunden. Während auch C. A. BACKER die Flora der Küsten, i. b. der von den Exkursionisten von 1906 und 1908 besuchten Südostküste, als völlig neu betrachtet, sucht R. F. SCHARFF selbst für diese Teile der Insel das Ueberdauern früherer Florenbestandteile wahrscheinlich zu machen. Die Vorstellungen, die er dabei über die Bedeutung der Flutwellen vom 28. August 1883 für die Entstehung des neuen Küstensaumes und seine nachfolgende Besiedelung entwickelt, widersprechen mit der Annahme, dass die neuen Schichten der Küstenpartien durch die Flutwellen von Anfang an gekühlt worden seien und damit die völlige Vernichtung des Lebens vermieden wurde, wieder den direkten und in aller Ausführlichkeit dargelegten Feststellungen R. D. M. VERBEEK's zwei Monate nach der Eruption. Die flachen Gebiete der Krakatauinsel sind, wie auch C. A. BACKER ausdrücklich hervorhebt (1929, S. 20), fast überall mit einer viele Meter dicken Schicht sehr heissen Aschen- und Bimssteinmaterials überdeckt gewesen, aus dessen Spalten und Erosionsschluchten zwei Monate nach der Eruption hier und dort heisses Wasser oder Dampf entwich, so dass R. D. M. VERBEEK schrieb: "Two months after the eruption the masses of pumice were still very hot, every where steam escaped from small crevices; the barefooted natives tripped when coming near or on such a crevice." Man wird solche bestimmt gehaltene Angaben eines kompetenten Augenzeugen nicht einfach durch eine wenn auch noch so ingeniose, 42 Jahre später aufgestellte Vermutung ersetzen können! Auch der Verlauf der Küstenbesiedelung, ferner die Angaben darüber, dass auch nach 1886 die Küstenkonfiguration an allen drei Krakatauinseln fortwährende Aenderungen erfuhr und infolgedessen das Besiedelungsbild an wachsenden und schwindenden Küsten nicht immer denselben Typus der primären Strandbesiedelung aufwies, sprechen gegen die Richtigkeit der Ansichten R. F. SCHARFF's über den Verlauf der pflanzlichen Neubesiedelung.

So mag es also genügen, an dieser Stelle nur die von R. F. SCHARFF besonders eingehend diskutierte zoologische Seite des

Problems weiter abzuklären. Ich folge in der Darlegung der Prämissen und in der Diskussion der Hypothese R. F. SCHARFF's und ihrer Begründung weitgehend den Ausführungen K. W. DAMMERMAN's (1922 und 1929).

Unter der Voraussetzung, dass 1883 mit der Pflanzenwelt auch die ganze Fauna von Krakatau vernichtet worden sei, hält K. W. DAMMERMAN (1929, S. 83) die folgende Reihenfolge in der Neubevölkerung mit Tieren für am wahrscheinlichsten:

1. Detritusformen,
2. Pflanzenfresser,
3. Carnivoren und Parasiten.

“This only means”, fügt er erklärend bei, “that the animals have established themselves in such consecutive order and not that they reached the island in that sequence, for there are indications that right from the beginning all kinds of animals were arriving, including even parasitic and predaceous ones, but they could only get a footing in the order indicated as the island reverted more and more to normal conditions.” Nun steht gewiss der allgemeinen Annahme, es könnten die Larven von Insekten, sodann Spinnen, Erdwürmer, Mollusken, eventuell auch Reptilien im Erdboden, in Felsspalten und unter Felsen die Eruption und die nachfolgenden Monate überdauert haben, theoretisch nichts im Wege. Sie geht aber zunächst einmal über die Zeugenaussagen R. D. M. VERBEEK's und E. CORTEAU's aus den ersten Monaten nach der Eruption rücksichtslos hinweg. Sodann hat K. W. DAMMERMAN (1922, S. 73) durch die Untersuchung der Fauna von Sebesy den Nachweis geleistet, dass die Tierwelt nicht eine ebenso grosse Widerstandskraft gegen die Unbill vulkanischer Verschüttung aufzubringen vermag wie die Pflanzenwelt. Die Tierwelt von Sebesy nämlich ist, im Gegensatz zur Pflanzenwelt, fast ebenso weitgehend vernichtet worden wie auf Krakatau. Infolgedessen ergab die 1919—1921 durchgeführte Erforschung auch nur eine unbedeutend grössere Ausbeute (638 Spezies gegen 573 auf Krakatau). Die Anzahl der auf Sebesy festgestellten Insekten z. B. belief sich auf 474 Arten gegenüber 441 Arten auf Krakatau, wobei eine bemerkenswerte Uebereinstimmung in der Verteilung der Arten auf die verschiedenen Ordnungen auffiel. Nur die Lepidopteren und Orthopteren waren auf Sebesy bedeutend zahlreicher, von denen kaum anzunehmen ist, dass sie für die Ueberdauerung der Katastrophe von 1883 und

zur nachfolgenden sofortigen Vermehrung auf der verwüsteten Insel in besonders hervorragendem Grade befähigt gewesen seien.

Schliesslich lagen nach der Eruption von 1883 für allfällig überdauernde tierische Keime die Verhältnisse nach dem Erwachen zu neuem Leben nicht gerade einfach. Sie würden gleich wie neu auf die Inseln gekommene Tiere anfangs nur zum kleineren Teile die zur Erhaltung und Vermehrung notwendigen Bedingungen vorgefunden haben. Von diesem Gesichtspunkte aus macht K. W. DAMMERMAN (1929, S. 85) gegen die Hypothese R. F. SCHARFF's eine ganze Anzahl von Einwänden und Gegenbeweisen geltend, von denen hier wenigstens die wichtigsten in gekürzter Form wiedergegeben seien.

Nach R. D. M. VERBEEK's Versicherung war zwei Monate nach der Eruption nicht nur alles tierische, sondern auch alles pflanzliche Leben verschwunden. Nach Ablauf des ersten Jahres fand er auf Krakatau erst einige Gräser vor. Sollten also auch Tiere am Leben geblieben sein, wovon hätten sich dann die Pflanzenfresser und, wenn es noch solche gab, die Fleischfresser erhalten und vermehren sollen?

Auch das Vorkommen einiger besonderer Tier t y p e n in der jetzigen Fauna von Krakatau wird, wie K. W. DAMMERMAN ausführt, von R. F. SCHARFF zu unrecht als beweisend für die Ueberdauerung von Lebewesen auf Krakatau angenommen. Zunächst die E r d w ü r m e r. Haben sie die Eruption überdauert oder sind sie im späteren Verlauf der Besiedelung neu eingeführt worden?

Im Jahre 1908, 25 Jahre nach der Eruption, hat E. R. JACOBSON (1909, S. 54) auf Krakatau noch keine Erdwürmer nachweisen können, trotzdem er an mehreren geeigneten Stellen ganz besonders darnach suchte. Hätten aber Erdwürmer wirklich die Eruption überlebt, so wären sie 25 Jahre später, zu einer Zeit, da sich auf Krakatau vielerorts bereits eine ansehnliche Schicht verwesender Pflanzenreste und von Humus gebildet hatte, kaum mehr selten gewesen. Sie hätten also von einem so umsichtigen und erfolgreichen Faunisten, wie es E. R. JACOBSON offenbar gewesen ist, wohl gefunden werden müssen. Aus dem n e g a t i v e n Resultat seiner Bemühungen hat er Schlüsse abgeleitet, die der von R. F. SCHARFF 17 Jahre später aufgestellten Hypothese gerade diametral gegenüberstehen:

a) Durch die Eruptionen vom August 1883 sind die Verhältnisse für den Fortbestand tierischen Lebens auf Krakatau derart ungünstig geworden, dass auch die i m E r d b o d e n vorkommen-

den Tiere von der allgemeinen Vernichtung nicht verschont blieben.

b) Aus dem Umstand, dass 1908 noch keine Erdwürmer auf Krakatau festgestellt werden konnten, darf nicht der Schluss abgeleitet werden, dass ihr Transport auf Driftmaterial durch die Meeresströmungen nicht möglich sei, sondern nur, dass dieser Vorgang der Neubesiedelung bis dahin, vielleicht durch Zufälligkeiten verhindert, noch nicht Erfolg hatte. Als Beweis für die M ö g l i c h k e i t eines solchen Transportes kann er anführen, dass ihm auf Krakatau der Nachweis einer anderen Lumbricide, welche nicht im Erdboden, sondern, wie auf Java, in verwesenden Baumstämmen vorkam, möglich geworden ist.

Diese indirekte Beweisführung E. R. JACOBSON's wird von K. W. DAMMERMAN noch durch den Hinweis darauf erweitert, wie unverständlich es wäre, wenn eine ü b e r l e b e n d e Form erst 25 Jahre lang selten geblieben und hernach plötzlich in so grosser Zahl aufgetreten sein sollte, wie dies mit den Erdwürmern offenbar bald nach 1908 der Fall gewesen sein muss.

Für die völlige Vernichtung des tierischen Lebens auf Krakatau im Jahre 1883 spricht, wie K. W. DAMMERMAN weiter ausführt, auch die Geschichte der auf Krakatau gefundenen M o l l u s k e n. Ein glücklicher Umstand hat es gefügt, dass gerade über die Molluskenfauna Krakataus vor 1883 einiges bekannt geworden ist. VON MARTENS hat 1867 vier auf dieser Insel gesammelte Arten beschrieben, von denen bis jetzt immer noch keine wieder gefunden worden ist. Im Jahre 1889, also sechs Jahre nach der Katastrophe, sind von STRUBELL auf Krakatau ausschliesslich marine und submarine Mollusken vorgefunden worden. Man darf aber, schreibt K. W. DAMMERMAN, wohl annehmen, dass ein Naturforscher, der die Insel speziell zur Einsammlung von Mollusken besuchte, kaum die sämtlichen Landschnecken, welche heute auf Krakatau gefunden werden, übersehen hätte, wenn sie schon damals vorhanden gewesen wären.

Auch gegen die Annahme der Ueberdauerung von Insektenlarven werden gute Gründe ins Feld geführt. Auf Krakatau fehlten 1929 gerade diejenigen Formen noch ganz, deren Larven speziell einen Teil der Entwicklung im Erdboden durchmachen, während solche auf Sebesy, dessen Flora und Fauna nicht vollständig vernichtet wurden, in Mehrzahl vorgefunden worden sind. Andere Formen, wie z. B. die nunmehr auf Krakatau und Verlaten Eiland sehr häufige Cycade *Dundubia rufivena*, deren Larven wahrschein-

lich auf Pflanzenwurzeln leben, wurden 1908 von E. R. JACOBSON noch nicht vorgefunden. Für andere Insekten wiederum, welche ebenfalls einen Teil ihrer Entwicklung, z. B. monatelang im Puppenstadium unterirdisch im Boden verbringen, bleiben die Fragen unbeantwortet, wovon — die Ueberdauerung der Eruptionen von 1883 einmal angenommen — die ausgeschlüpften Tiere auf der vegetationsentblössten Insel gelebt hätten, wohin sie ihre Eier gelegt, wie ihre Maden oder Raupen sich entwickeln konnten, wenn ihre doch meistens spezifischen Nährpflanzen noch fehlten?

Von den Reptilien, welche R. F. SCHARFF ebenfalls auf überlebende Individuen der früheren Fauna zurückführen möchte, sind 1908 erst zwei Arten, beide von weiter Verbreitung und leichter Verbreitungsmöglichkeit, aufgefunden worden, *Varanus spec.* und *Hemidactylus spec.* Ersterer wird im Meere häufig schwimmend gesehen und letzterer erfährt, wie nach den Berichten von E. R. JACOBSON bereits auf Seite 110 berichtet worden ist, sehr häufig ungewollte Verbreitung durch den Menschen. Im Ei-Stadium können Reptilien ebenfalls leicht durch Driftholz verfrachtet werden. So hat K. W. DAMMERMAN selbst in einem morschen Baumstrunk im Strandgut von Krakatau die Eier eines *Hemidactylus* gesammelt. Die Echse *Lygosoma atrocostatum*, die jetzt auf Verlaten Eiland sehr häufig ist, fehlte dort offenbar noch 1908, und eine zweite Eidechsenpezies, *Mabwia multifasciata*, war, wiederum nach eigenen Feststellungen K. W. DAMMERMAN's, auf Krakatau von 1924 an in grosser Zahl vorhanden, während sie vorher nicht gefunden worden war.

Von der grossen Mehrzahl der jetzigen tierischen Bewohner, Insekten, Mollusken, Reptilien, ist also zu sagen, dass sie sich erst dann auf der Insel erhalten und vermehren konnten, nachdem vorher ihre Nährpflanzen zur genügenden Entwicklung gekommen waren. Auch die meisten Vögel und die Fledermäuse sind erst dann zu ständigen Bewohnern der Krakatauinseln geworden, als fruchtesspendende Bäume herangewachsen waren. Die Feigeninsekten haben sich sofort eingestellt, als die heranwachsenden Feigenbäume Früchte in grosser Zahl zu produzieren begannen, und Gallen verschiedenster Art haben eine starke Vermehrung erfahren, nachdem ihre Wirtspflanzen eine genügend starke Entwicklung und Vermehrung erfahren hatten.

Unzählig gross, wie diejenige der pflanzlichen, muss auch diejenige der tierischen Keime gewesen sein, welche im Verlaufe der 50 Jahre seit der Eruption auf die Inseln gekommen sind. Nur ver-

hältnismässig wenige derselben haben sofort die Bedingungen vorgefunden, welche Festsetzung und Vermehrung möglich machten. Die Transportmittel schaffen zunächst nur ein, in Hinsicht auf die Besiedelungsbedingungen wahllos zusammengewürfeltes Material für die Entstehung einer neuen Flora und Fauna herbei, dessen Schicksal am neuen Standorte durch die Ausrüstung der einzelnen Formen für den Kampf ums Dasein bestimmt wird. Die Verbreitung einer jeden Lebensform aus Fauna und Flora unserer Erde ist früher oder später durch ihre Befähigung zu Wanderungen und zur Ansiedelung unter neuen Bedingungen bestimmt worden. Mittel und Bedingungen, welche den Erfolg sichern, bedeuten für eine jede Organismenform ein kompliziertes, aus zahlreichen in ihren Auswirkungen sich teilweise fördernden, teilweise hemmenden Faktoren aufgebautes biologisches System.

### **3. Der Besiedelungsverlauf nach teilweiser oder vollständiger Vernichtung der Vegetation in anderen vulkanischen Gebieten.**

In vorurteilsloser Weise hat auch der Buitenzorger Botaniker C. G. G. J. VAN STEENIS (1930) die Gesichtspunkte über die Entstehung der neuen Flora von Krakatau von der Warte des Pflanzengeographen einer kurzen Besprechung und Kritik unterzogen. Er vertritt dabei ebenfalls den Standpunkt, dass in Besiedelungs- und anderen Fragen der floristischen und genetischen Pflanzengeographie absolute Sicherheit weder gegeben noch verlangt werden könne. Lehnt er damit die zuweit gehenden Forderungen C. A. BACKER's des bestimmtesten ab, so gibt er konsequenterweise auch zu, dass auch in den neuen Funden von CH. E. STEHN (1929) kein Beweis für die vollständige Vernichtung von Fauna und Flora von Krakatau während der Ausbrüche von 1883 gesehen werden könne. Die Wahrscheinlichkeit, dass dies der Fall gewesen sei, hält er aber für so gross, dass in bezug auf die Bedeutung der Krakatauforschung "de resultaten, die reeds behald zijn, en diegene die nog zullen komen, wel degelijk van groote waarde zijn voor de studie der biographie".

Diese, wie mir scheint, nach beiden Seiten gerechte Würdigung der Sachlage hat die Zustimmung C. A. BACKER's nicht gefunden. In seiner Antwort an C. G. G. J. VAN STEENIS, "De vermeende sterilisatie van Krakatau in 1883" hält er (1931, S. 162) an seinen totalitären Ansprüchen fest: «Die Hypothese einer vollständigen Sterilisation ist so sehr die allein denkbare Basis



für das gesamte Krakatauproblem, dass man sich unmöglich mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 oder selbst von 99 % zufrieden geben kann.» Da die 100 % Sicherheit nicht gegeben werden können, hat er an seinem vernichtenden Urteil über die Krakatauforschung nichts zu ändern. Aus sehr fragmentarischen Untersuchungen haben, so gibt C. A. BACKER (1931, S. 162) seiner Auffassung erneut in prägnantester Art Ausdruck, die an der Erforschung von Fauna und Flora von Krakatau beteiligten Biologen «das wackelige Kartenhaus ihrer Auffassung vom Gang der Wiederbesiedelung errichtet». Wer unbefangen die Resultate der Krakatauforschung mit den Forschungen in anderen Gebieten mit partieller oder totaler Vernichtung der Vegetation im Gefolge vulkanischer Katastrophen vergleicht, wird leicht zu einer anderen Würdigung gelangen.

#### a) Verlauf einiger Neubesiedelungen im Gebiete des malayischen Archipels.

Wie wenige andere Gebiete der Erdoberfläche sind die grossen und kleinen Inseln des malayischen Archipels Schauplatz vulkanischer Erscheinungen verschiedenster Art. Neubesiedelungen älteren und jüngeren Datum lassen unschwer die Abhängigkeit ihres Verlaufes von der Natur der vulkanischen Insulte erkennen, als welche, wie auf Krakatau, heisse und bereits gekühlte Aschen- und Bimssteindecken, sodann auch Schlammströme, Lava, Brandwirkung, Glut- und Gaswolken im Gefolge von Eruptionen, Gasausscheidungen aus Solfataren und Mofetten etc. in Frage kommen.

Im nachfolgenden muss ich mich auf wenige Beispiele beschränken, die ich zum grösseren Teil dem eigenen Anschauungskreis entnehme und andererseits nach dem für das Verständnis der Vorgänge auf Krakatau zu erwartenden Aufschluss auswähle.

Da ist zunächst festgestellt worden, dass ganz allgemein der schädigende Einfluss einer auch nur einige Monate liegenden Aschendecke auf ober- und unterirdische Pflanzenorgane vielfach wegen der andauernden Einwirkung löslicher Salze sehr viel schädlicher wirken kann, als Zerstörung durch Gas-, Glutwolken oder Brand.

Die rasche Erholung einer durch Gaswolken geschädigten Vegetation haben wir am 28. Februar 1931 auf Verlaten Eiland selber festzustellen Gelegenheit gehabt (vergl. S. 34). Auch die Fähigkeit zur Regeneration einer durch Brand zerstörten Vegetation ist auf Java, selbst in der Gipfelregion der höchsten Vulkane, nach den Erfahrungen von W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN (1913, S. 152) gelegentlich direkt überraschend. Im Sommer 1912 verbrannte im Merbaboegebirge die alpine Flora fast gänzlich und auch die subalpine

teilweise. Ende Dezember desselben Jahres waren auf den abgebrannten Abhängen von  $\pm 2500-3100$  m fast die sämtlichen Arten als Keimlinge oder als Ausschlüge unter- oder oberirdischer Organe wieder vorhanden, die dort Jahre zuvor eingesammelt worden waren. Mehrere Baumarten, *Vaccinium viringifolium*, *Anaphalis javanica* und *Albizzia* schlugen an der Basis der Stämme wieder aus, lebten also noch, «obschon sie fast gänzlich geschwärzt waren».

Von einer ähnlichen, in ihrer Wirkung bald zu behebenden Zerstörung durch blossen Brand kann für die Vegetation der Südostabhänge von Krakatau sicher nicht die Rede sein. Das ergibt schon der festgestellte, abweichende Besiedelungsverlauf, der in keiner Weise zur Retablierung einer der früheren ähnlichen Vegetation führte. Dass vielmehr auch an diesen Abhängen die frühere Vegetation gänzlich vernichtet worden ist, oder der Anteil überlebender Reste für die Zusammensetzung der neuen Flora unbedeutend geblieben sein muss, lehren vor allem der ganz andere Besiedelungsverlauf und die bedeutendere Artenzahl anderer Gebiete, die nachgewiesenermassen nur eine partielle Vernichtung ihrer Vegetation erfahren haben.

Gelegenheit zum Studium der Regeneration einer nur teilweise vernichteten Vegetation bot sich nach der Krakatau-eruption von 1883 in der weitem Umgebung von Krakatau selbst.

Die 15 km nördlich von Verlaten Eiland liegende Insel Sebesy hatte, wie alle andern Inseln im Gebiete der Sundastrasse und die benachbarten Küsten von Java und Sumatra, durch den Aschenregen und die Sturmfluten ebenfalls arge Verwüstungen erfahren. Die Dicke der Bimsstein- und Aschenschichten betrug auf Sebesy nach R. D. M. VERBEEK 1—1,5 m. Die Wälder waren wie auf Krakatau völlig verschwunden und nur in den Ebenen ragten Baumstümpfe über die Asche empor. Die im Verhältnis zu Krakatau relativ dünnen Aschen- und Bimssteinschichten wurden noch 1883, während der bald nach der Eruption einsetzenden Regenzeit, durchfurcht und von grossen Flächen ganz weggewaschen. Die Bedingungen und Möglichkeiten für die Entstehung von Wurzel- und Stammausschlägen, das Austreiben unterirdischer Rhizome und das Keimen lebend gebliebener Samen waren also ungleich günstiger als auf Krakatau. Wirklich hat auch E. COTTEAU (1885, S. 104) während seines kurzen Besuches auf Sebesy im Mai 1884, also 9 Monate nach dem grossen Ausbruch das Wiederaus-schlagen nur teilweise zerstörter Pflanzen festgestellt und dieses Wiedererwachen des Pflanzenlebens offenbar in der Umgebung eines völlig zerstörten Dorfes mit wüstem Durcheinander von Haus-trümmern, menschlichen Gebrauchsgegenständen und zahlreichen menschlichen Skeletten besonders eindrucksvoll empfunden. "But nature has already begun its work of reparation; vigorous shoots of banana trees strike out everywhere, and the tall and

graceful cocoa-nut trees will before long cover this field of death with the shadows of their green *panaches*."

Für die Lösung des Krakatauproblems wäre es von grösster Bedeutung geworden, wenn von Anfang an auch der Verlauf der Wiederbesiedelung von Sebesy in den Kreis der Untersuchungen einbezogen worden wäre. Leider ist dies während des ganzen ersten Vierteljahrhunderts nach der Eruption nicht geschehen. Erst 1921 haben W. DOCTERS VAN LEEUWEN und K. W. DAMMERMAN in Verbindung mit anderen Forschern das Studium der neuen Flora und Fauna dieser Insel begonnen. Die Flora erwies sich (vergl. W. DOCTERS VAN LEEUWEN 1922 und 1923) als bedeutend artenreicher als diejenige von Krakatau. Während eines einzigen siebentägigen Aufenthaltes wurden 359 Spezies eingesammelt — während die zahlreichen Exkursionen in der Krakatauinselgruppe bis dahin erst 259 Arten ergeben hatten. Rhizom-bildende Pflanzen, für welche die Annahme einer Ueberdauerung der Katastrophe von 1883 besonders nahe liegt, spielen in der Zusammensetzung der Vegetation von Sebesy eine ungleich bedeutendere Rolle als auf Krakatau. Aus den vergleichenden Pflanzenlisten W. DOCTERS VAN LEEUWEN (1922) seien zunächst die Artenzahlen einiger Familien der Monokotyledonen nebeneinandergestellt.

	Krakatau	Sebesy
Gramineae	14	17
Cyperaceae	5	12
Palmae	2	6
Araceae	1	7
Zingiberaceae	2	5

*Musa* kommt auf Krakatau nicht vor, auf Sebesy bildete dagegen 1922 eine unbestimmte Art in den Ebenen förmliche Wildnisse.

Auch von den an der Zusammensetzung der Vegetation beider Inseln beteiligten Familien der Diktotyledonen seien diejenigen herausgegriffen, deren Artenzahl auf den beiden Inseln besonders aufschlussreich erscheint.

	Krakatau	Sebesy
Piperaceae	2	5
Moraceae	17	17
Urticaceae	4	7
Amarantaceae	1	7
Menispermaceae	2	6
Lauraceae	1	4

	Krakatau	Sebesy
Leguminosaceae	22	23
Meliaceae	1	4
Euphorbiaceae	9	23
Rhamnaceae	1	4
Vitaceae	4	8
Malvaceae	3	6
Sterculiaceae	1	5
Myrtaceae	—	6
Convolvulaceae	5	6
Verbenaceae	6	9
Solanaceae	2	6
Acanthaceae	—	5
Rubiaceae	6	12
Compositae	16	12

Um den Umfang dieser Arbeit nicht ungebührlich anschwellen zu lassen, muss ich davon absehen, die in oben stehenden Zahlen zum Ausdruck kommenden Uebereinstimmungen und Unterschiede im Einzelnen zu diskutieren. Die Unterschiede beruhen in der Hauptsache darauf, dass auf Sebesy auch eine grössere Zahl von Dikotyledonen überdauert hat und Neusiedler, z. B. diejenigen aus den Familien der Moraceen, Leguminosen, Compositen etc. viel weniger freies Terrain zur Besiedelung vorfanden. Trotz der grösseren Landnähe sind die letzteren Familien daher auf Sebesy nicht in grösserer Artenzahl vertreten als auf Krakatau. Auch auf die zahlreichen weiteren interessanten Befunde auf den Exkursionen von 1921 auf Sebesy, i. b. die ganz andere Zusammensetzung der Wälder, soll nicht näher eingetreten werden. Die Ableitung von Schlüssen über den Verlauf der Neubesiedelung und über das Zahlenverhältnis der erhalten gebliebenen Florenbestandteile zu den Neusiedlern aus den Resultaten einer erstmaligen Bestandesaufnahme, 38 Jahre nach der Katastrophe von 1883, wäre ja ohnehin zu gewagt.

Ueber die «Besiedelung neuer Aschen-, Lapilli- und Lavafelder nach grossen vulkanischen Ausbrüchen im Gebiete des malayischen Archipels» habe ich schon 1909 die in der damals vorhandenen Literatur gegebenen Anhaltspunkte zusammengestellt und zu den Befunden eigener Untersuchungen in den Jahren 1905/06 in Beziehung gebracht.

Aus dieser Uebersicht war hervorgegangen, dass zum mindesten auf Java und Sumatra die Neubesiedelung der bei grösseren Ausbrüchen vegetationslos

gewordenen, mit Asche, Bimsstein und Lavablöcken überschütteten Abhänge, zum mindesten in tieferen Lagen, verhältnismässig rasch vor sich geht. Die dichten «Urwälder», welche am Vulkane Salak bei Buitenzorg die Gipfel und den früheren Krater, die tiefe Schlucht des Tjiapoos überkleiden, sind seit dem verwüstenden Ausbruch im Jahre 1669 entstanden, also noch lange nicht 300 Jahre alt. Den Gipfelwäldern des Pangerango ist nach F. JUNGHUHN etwa ein ähnliches Alter zuzuschreiben, während die Wälder um Kandang Badak, unterhalb des jetzigen Gedehkraters, erst nach dem letzten grossen Ausbruch dieses Vulkans entstanden sein können, der im Jahre 1747 die Kraterwand zersprengte und den jetzigen Krater erzeugte.

Hingewiesen wurde 1909 auch auf die Wiederbesiedelung der Insel Sumbawa, von der im Jahre 1815 durch den gewaltigen Ausbruch des Tamboro weite Gebiete des umgebenden Hügel- und Gebirgslandes durch grosse Massen gefallener Aschen und Bimssteine überschüttet worden waren. Im Jahre 1874 hatte O. BECCARI (1878 und 1881) die von zahlreichen Wasserfurchen durchzogenen Abhänge von unten bis oben mit jugendlichem Wald bedeckt gefunden und im Februar 1906 hatte ich selbst bei dem kurzen Besuche, den ich der Bucht von Sumbawa abstatten konnte, alle Bergabhänge und Plateaus abwechselnd mit schönen Wäldern und savannenähnlichen Grasfluren mit verzelten Bäumen bestanden gesehen.

An anderen Vulkanen wurde ein wesentlich langsamerer Gang der Neubesiedelung festgestellt, so z. B. am Gunong Guntur (Donnerberg) in den Preanger Landschaften auf Java. Durch verschiedene Ausbrüche in den Jahren 1840—1843 und einen letzten im Jahre 1847 waren die Abhänge des Berges vom Krater bis zum Fusse, mit Lava, glühenden Trümmerhaufen, Lapilli und Asche überschüttet und alle Vegetation vernichtet worden. «Kein Grashalm schmückt den Gunong Guntur», schreibt F. JUNGHUHN (1854, Teil II, S. 67) «vom Fuss bis zum Scheitel völlig kahl, erhebt er sich in düsterem Kolorit schwärzlich-grauer Auswurfsmassen, ein Bild der Zerstörung».

Im Jahre 1889 fand A. F. W. SCHIMPER (1898, S. 201) die Abhänge mit einer noch offenen und im ganzen dürftigen Vegetation bekleidet. Bäume fehlten noch gänzlich, während verschiedene Arten strauchiger und krautiger Gewächse vorhanden waren. Farne waren an Arten- und Individuenzahl gut vertreten, ohne indessen, wie es M. TREUB auf Krakatau vorgefunden hatte, die Hauptmasse der Vegetation zu bilden. Die wesentlichste Rolle bei der ersten Besiedelung spielten offenbar Pflanzen, die in den benachbarten Wäldern als Epiphyten wuchsen: Farne, Orchideen, das strauchbildende *Rhododendron javanicum* und *Nepenthes*. Auch 1905 hatte die Vegetation der Gunturabhänge, immer noch den Charakter einer offenen Uebergangsformation, welche erst am mittleren Teile des Kegelabhanges teilweise zu einem jungen Gebirgswald geworden war. Die untersten Partien der vom Kegel ausstrahlenden Trümmer, und Aschenfelder fand ich im November 1905 zum grossen Teil mit hohen Dickichten aus *Imperata arundinacea* und riesig entwickelten, hier und da bis zu 5 und 6 m hohen Halmen von *Saccharum spontaneum* bestanden (vergl. Vegetationsbilder, 7. Reihe, Heft 1 und 2, Tafel 9). Mit diesen Gräsern teilten sich in den Platz einige Unkräuter, die im Talkessel von Garut, zu dessen Umrahmung der Gunong Guntur gehört, an Strassenrändern, auf nicht bestellten Feldern, auf Brandstellen usw. einander den Platz streitig machen.

Noch ungleichmässiger als die Aschen- und Lapillifelder waren die aus Lava blöcken gebildeten Trümmerhaufen besiedelt. Auch hier lieferten streckenweise die hohen Gräser den Hauptbestandteil der neuen Vegetation; zwischen diese aber traten in den höheren Regionen mehr und mehr Farne, von welchen vor allen *Polypodium Heracleum* und die heterophyllen *Polypodium rigidulum* und *P. pleuridioides* auffielen, deren Befähigung, Humus zu sammeln, ihnen auch hier als Bodenpflanzen auf humusarmem Substrat ersichtlich zustatten kam. In grosser Menge fand sich in mittlerer Höhe am Abhänge *Psilotum triquetrum* in stattlichen, reich fruktifizierenden Büschen. Diese und andere Farne, die *Lycopodium*-Arten, sowie einzelne für diese Standorte charakteristische Phanerogamen wie *Hoya diversifolia* und *densifolia*, *Calotropis gigantea*, strachige Gnaphalien, Liliaceen und Orchideen haben den typischen Habitus von Xerophyten. Ersichtlich haben die besonderen klimatischen und edaphischen Faktoren des Standortes bewirkt, dass während der ersten Stadien der Neubesiedelung nur Trockenheit liebende und andere, bei geringer Wasserzufuhr gedeihende Pflanzen fortkommen konnten. Viele Ansiedler dieser Partien der Gunong Guntur-Abhänge zeichnen sich durch rasches Wachstum, frühzeitige und reichliche Blüten- und Fruchtbildung aus. Sie sind in der Lage, in kurzem eine grosse Zahl neuer Keime zu erzeugen, deren Verbreitung über das zu besiedelnde Gebiete teils durch anemophile Ausstreuvorrichtungen, teils durch Ausbildung saftiger Früchte, welche eine Verbreitung der Samen durch Vögel ermöglichen, erleichtert wird.

In weitgehend ähnlicher Weise wie an einzelnen javanischen Vulkanen vollzieht sich offenbar auch die Wiederbesiedelung verwüsteter Gebiete an den Vulkanen Neu-Seelands. Der Katastrophe auf Krakatau folgte nur drei Jahre später auf Neu-Seeland der heftige Ausbruch des Mount Tarawera im Jahr 1886. E. PH. TURNER (1928, S. 60) hat den Besiedelungsverlauf an Hand mehrmaliger eigener und fremder Untersuchungen dargelegt. 40 Jahre nach der Eruption waren auch diejenigen Abhänge, an welchen die Besiedelung am langsamsten vorgeschritten war, ebenfalls wieder mit Wald bedeckt, "a young forest with trees from 7,5—12,2 metres high, and above the forest, shrubs and herbaceous plants occupied the ground more or less plentifully right to the summit of the mountain (1149,4 m. ü. M.)".

Ueber die ersten Stadien der Wiederbesiedelung verwüsteter Gebiete an javanischen Vulkanen hat auf Grund zahlreicher Beobachtungen während einer langen Reihe von Jahren S. H. KOORDER'S (1908, S. 677) eingehende Angaben gemacht, welche für das Verständnis des raschen Besiedelungsverlaufes auf Krakatau bedeutungsvoll sind. Für die neuen Pioniere stellte er u. a. fest, dass sie alle schnell oder sogar sehr schnell wachsen und bald reichlich Samen erzeugen. "Many of the herbaceous pioneers of this vegetation already bear plentiful fruit within a few months,

while several woody pioneers already flower and bear seed in two years." Eine solche überraschend schnelle Reproduktionsfähigkeit gestattet eine entsprechend rasche Folge von Generationen, die, wie es auf Krakatau auch der Fall gewesen sein muss, im Verlaufe weniger Jahre weite Gebiete mit dichten Beständen weniger Arten überdecken.

b) Die Wiederbesiedelung von Volcano Island im Bombon-See auf Luzon nach dem Ausbruch des Taal-Vulkans im Jahre 1911.

Eine starke Abhängigkeit des Besiedelungsverlaufes von den atmosphärischen und den durch die Zusammensetzung des vulkanischen Materials gegebenen edaphischen Faktoren haben auch die neueren Untersuchungen über den Verlauf von Neubesiedelungen in verschiedenen anderen vulkanischen Gebieten aufgezeigt.

Zunächst vollzieht sich ganz allgemein die Besiedelung vulkanischer Aschen und anderen feineren Auswurfmaterials rascher als diejenige der Laven. Auch sie gestaltet sich aber infolge Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung und der chemisch-physikalischen Eigenschaften sehr verschieden. Wohl nur ausnahmsweise bilden vulkanische Aschen sofort einen günstigen Nährboden für Pflanzen. Dies dürfte u. a. nach R. F. GRIGGS (1917, S. 13) nach der Eruption von Mount Katmai, Alaska, im Jahr 1912 der Fall gewesen sein, wo z. B. in der Region von Kodiak, in 100 Meilen Abstand vom Eruptionsherd, eine gut 1 Fuss hohe Aschenschicht 3 Jahre nach der Eruption eine fast völlig geschlossene Pflanzendecke aufwies. Andernorts, wie z. B. nach den Eruptionen der Soufrière auf St. Vincent und des Mont Pelée auf Martinique (vergl. T. ANDERSON, II., 1908, S. 285), ist ein sehr viel langsamerer Verlauf der Wiederbesiedelung, resp. der Wiedergebilde einer geschlossenen Pflanzendecke festgestellt und ursächlich auf den anfangs zu grossen Gehalt des neuen Substrates an wasserlöslichen, z. T. stark giftig wirkenden Salzen zurückgeführt worden. Aehnliches wurde auch bei derjenigen Neubesiedelung nachgewiesen, welche, wie mir scheint, mit Krakatau weitaus die grösste Aehnlichkeit aufweist und daher besonders eingehend zum Vergleich heranzuziehen ist: die zuerst von F. C. GATES (1914) und hernach von W. H. BROWN, E. D. MERRILL and H. S. YATES (1917) untersuchte Neubesiedelung von Volcano Island (Insel Taal) im Bombon-See auf Luzon.

Der Vulkan Taal auf der 7 km langen und 5,5 km breiten Insel gleichen Namens inmitten des Bombon-Sees, eines Sees beträchtlichen Ausmasses (22 km Länge und 14 km Breite) auf Luzon (Philippinen), überschüttete während einer Ausbruchsperiode, die am 30. Januar 1911 ihren Höhepunkt erreichte, die Insel und teilweise auch die weitere Umgebung des Sees mit Asche, Bimsstein und anderem Auswurfsmaterial. Alle Dörfer auf Taal wurden zerstört, 1400 Menschen fanden den Tod, die Vegetation war ebenfalls vernichtet. "During the eruption of 1911", schreibt F. C. GATES (1914, S. 394), "the ground was entirely denuded of vegetation, virtually all of which was completely destroyed. In a very limited number of well protected places the root systems of a very few plants escaped death."

Während der Trockenzeit des Jahres 1911 blieb die Insel, wie F. C. GATES nach Berichten Dritter annimmt, völlig vegetationslos. "How much or how soon seeding took place is not known, but no vegetation appeared during the dry season immediately after the eruption." Das erste Grün wurde stellenweise in der nachfolgenden Regenzeit sichtbar. Ueber die ganze Insel hin machte sich die Neubesiedelung allerdings erst während der Regenzeit von 1912 geltend. Die botanische Bestandesaufnahme auf der sehr viel leichter als Krakatau zugänglichen Insel (63 km südlich von Manila!) erfolgte durch wiederholte Besuche in der Zeit von Ende Oktober 1913 bis Ende April 1914, also rund 3 Jahre nach der Eruption, so dass deren Resultate besonders gut mit denjenigen der ersten Krakatauexkursion von TREUB verglichen werden können. Die zweite Bestandesaufnahme durch H. W. BROWN, E. D. MERRILL and H. S. YATES wurde kaum ein Triennium später, in den Jahren 1916 und 1917 ausgeführt.

Unter Verzicht auf jede Angabe über den in den beiden zitierten Arbeiten beschriebenen Besiedelungsverlauf, der entstehenden Formationen und Sukzessionen auf den verschiedene Lebensbedingungen bietenden, morphologisch sehr verschiedenartigen Teilen der Insel, beschränke ich mich auf die Zusammenfassung der Befunde hinsichtlich der Zusammensetzung der neuen Flora und der Angaben über Herkunft und Uebertragungsart ihrer einzelnen Komponenten.

Bis Ende April 1914 wurden 179 Arten aus 143 Gattungen von 57 Familien festgestellt. Die Kryptogamen waren in dieser Zahl nur mit 9 Farn- und *Selaginella*arten vertreten. Diese spielten aber in der Wiederbesiedelung von Taal in keiner Weise dieselbe wich-



tige Rolle wie auf Krakatau. F. C. GATES führt dies auf die viel geringere Höhe der Insel und ganz besonders auch darauf zurück, dass die Pteridophyten auch in der weiteren Umgebung des Bombon-Sees relativ selten seien. Moose, Algen, Pilze und Flechten sind offenbar nicht oder mit geringerer Aufmerksamkeit eingesammelt worden. Sie werden in der Arbeit F. C. GATES's mit dem lapidaren Satze abgetan: "Mosses, lichens, algae and fungi were exceedingly poorly represented" und "The cellular cryptogams are for the most part conspicuous by their absence" heisst es (1917, S. 216) auch bei W. H. BROWN, E. D. MERRILL und H. S. YATES.

An der Küste der Insel fanden diese Autoren die im Bereiche der Wellen liegenden Felsen direkt mit *Cladophora* bedeckt. Sie heben sodann ausdrücklich hervor, dass sonst auf dem entblößten Boden der Insel nirgends eine Andeutung ähnlichen Algenwachstums zu finden gewesen sei, wie es M. TREUB auf Krakatau festgestellt hatte. Auch die Flechten waren nur mit einer einzigen Spezies, *Bilimbia artytoides* an den Wänden einiger Cannons, dort allerdings sehr reichlich vertreten. Von Lebermoosen wurde *Anthoceros spongiosus* und eine zweite, unbestimmt gebliebene Form, von Laubmoosen *Trematodon acutus* und 2 oder 3 unbestimmte Spezies gefunden. Auch diese wenigen Arten waren in ihrem Vorkommen auf feuchte Schluchten und Uferstellen beschränkt und nur auf wenigen und kleinen Arealen reichlich vorhanden.

Wichtiger sind die Befunde der drei Autoren der Mitteilung von 1917 über Anzahl, Vorkommen, Häufigkeit und Entwicklungszustand der festgestellten Gefässkryptogamen und Phanerogamen. Die Anzahl der aufgeführten Arten beträgt 292. Dreizehn der früher von F. C. GATES eingesammelten Arten (darunter 3 Kulturpflanzen) wurden nicht wieder gefunden. Nach Vornahme einiger weiterer, wohl begründeter Ausstellungen an der GATES'schen Pflanzenliste verbleiben nicht weniger als 117 Arten, für welche angenommen wird, dass sie zwischen April 1914 und Januar 1917 eingewandert seien. Sie schätzen die Anzahl der von F. C. GATES übersehenen Arten als sehr gering ein, trotzdem sie in Hinsicht auf ihre eigene Ausbeute selbst angeben, dass von einer beträchtlichen Zahl der in ihrer Florenliste aufgeführten Spezies nur je ein Exemplar gefunden worden sei und was noch wichtiger ist, dass fast in jeder der tieferen Schluchten der Nordpartie der Insel mindestens eine anderswo noch nicht gefundene Art entdeckt worden

s e i. Wenn die 3 Autoren daraus für ihre eigenen Untersuchungen den Schluss ableiten: "It is, therefore, unreasonable to suppose that every species growing on the island has been detected, but it is practically certain that the list does include all species that are either abundant or prominent, and the number of species not included is probably small", so wird diese Einschränkung für die Untersuchungen ihres e i n e n Vorgängers wohl zum mindesten in demselben Grade Gültigkeit besitzen.

Aus den von F. C. GATES und den von W. H. BROWN und Mitarbeitern gegebenen beiden Pflanzenlisten geht unzweifelhaft hervor, dass die Neubesiedelung auf Taal hinsichtlich der Artenzahl einen sehr viel rascheren Verlauf genommen hat als auf Krakatau. Das beruht jedenfalls zum grossen Teil auf den kleineren Distanzen der neu zu besiedelnden Insel von den nicht oder nur wenig verwüsteten Gebieten in der Umgebung des Bombon-Sees. Immerhin sind Arten mit weiter geographischer Verbreitung auch unter den Neusiedlern von Taal-Island in grosser Mehrzahl: für 96 Arten oder 36 % der Gesamtzahl wird Verbreitung über die Tropen beider Hemisphären angegeben und weitere 150 Arten oder 51 % sollen ausser auf den Philippinen auch in anderen Gebieten der indomalayischen Region heimisch sein.

Der Gesamtverlauf der Revegetation von Taal wird als l a n g s a m geschildert. Als Gründe werden u n g ü n s t i g e L e b e n s b e d i n g u n g e n angegeben, wie übergrosser Sulfatgehalt des Bodens, geringer Verwitterungsgrad der Bodenbestandteile, Kargheit oder völliges Fehlen von Humus und von Stickstoffverbindungen, geringe Wasserkapazität des Bodens und die Wirkung der Erosion. So fanden nach Angaben der drei Autoren bis 1917 nur wenige der festgestellten Pflanzenarten über grössere Flächen hin gleichmässig zusagende Lebensbedingungen und nur 13 von den 292 Arten seien auf der ganzen Insel häufig und weit verbreitet.

Die Bedeutung der drei Möglichkeiten der K e i m ü b e r t r a g u n g — Wasser, Wind, Vögel — wird für die Wiederbesiedelung von Volcano-Island ganz anders eingeschätzt als für Krakatau. Die Verfasser der Arbeit von 1917 nehmen an, dass den V ö g e l n für die Wiederbesiedelung von Taal Island weitaus die grösste Bedeutung zugekommen sei. Nicht weniger als 157 Arten, 54 % der Gesamtzahl, sollen ihre Anwesenheit auf der Insel der Mitwirkung von Vögeln verdanken. Für 83 Arten (28 %) wird endozoische Verbreitung der Samen angenommen, für 14 (5 %) wird aus dem

Vorhandensein von Haftorganen die Möglichkeit der Verbreitung im Federkleid der Vögel und für 60 (21 %) aus der Kleinheit der Samen die Möglichkeit der Verbreitung mit Staub und Schlamm an Füßen oder im Federkleid der Vögel indirekt erschlossen. Für Windverbreitung scheinen den Autoren die Früchte oder Samen von 60 (21 %) und für Verbreitung durch das Wasser 26 Arten (9 %) angepasst zu sein. Für den Rest der Neusiedler wird teils Einschleppung durch den Menschen und Haustiere angenommen, teils sollen sie aus Relikten der früheren ursprünglichen Vegetation und der früheren Pflanzenkultur hervorgegangen sein.

Die Angaben über die Anzahl der als Relikte zu betrachtenden Pflanzen und deren Verhalten im Verlaufe der Revegetation sind für die von C. A. BACKER verfochtene These im Krakatauproblem von ganz besonderem Interesse. Es seien daher die wichtigsten Angaben aus der Arbeit von F. C. GATES wie aus der späteren von W. H. BROWN, E. D. MERRILL und H. S. YATES zur Reliktfrage wiedergegeben.

C. A. GATES hat die Zahl und Bedeutung der Relikte für die Wiederbesiedelung von Volcano-Insel nur gering eingeschätzt. "While in a few protected situations revegetation consisted of the sprouting of buried stumps, more than 99 % of the vegetation is the result of seeding." Von *Sterculia foetida* und einigen weiteren Baumarten wird berichtet, dass an der Basis gestürzter und geknickter Stämme neue Schosse austrieben, die bald bedeutende Dimensionen erreichten. In der Umgebung der zerstörten Ortschaften sind einzelne der früheren Kulturpflanzen, *Manihot utilisima*, *Ipomaea patatas*, *Arachis hypogaea*, *Lycopersicum esculentum*, *Musa sapientum*, *Carica Papaya* und *Oryza sativa* (in einem Exemplar!) wieder aufgetreten. Samen oder unterirdische Teile derselben müssen also die Eruption und die nachfolgende Trockenzeit von 1911 überdauert haben. Von den 1913 festgestellten 14 Kulturpflanzen liessen sich schon 1916/17 3 Arten nicht mehr auffinden. Von den übrigen hatten sich in der Nähe der früheren Ortschaften nur die Bananen (3 Varietäten), sowie 2 Varietäten von Bambus stark vermehrt. Dagegen stellten die Untersucher von 1917 fest, dass ausserdem von den nachfolgenden Spezies je einige Exemplare die Eruption überdauert hatten.

*Trema orientalis*

*Moringa oleifera*

*Pithecolobium dulce*

*Eugenia jambolana*

*Ceiba pentandra*

*Cratoxylon blancoi*

*Semecarpus cuneiformis*    *Sterculia foetida*  
*Ficus indica*                      *Anona reticulata*

Sie betrachten es als wahrscheinlich, dass auch noch andere Spezies, u. a. *Saccharum spontaneum*, welches 1917 namentlich im nördlichen Teil der Insel in einer Anzahl dichter Bestände gefunden wurde, als Relikte zu betrachten seien. Ein Beweis dafür war aber nicht mehr zu erbringen "as after a few years root sprouts are not easily distinguished from plants produced by seeds".

Diese Feststellungen über Zahl und Verhalten der Relikte auf Volcano-Inland im Bombon-See von Luzon zeigen, was ungefähr auf Krakatau von 1883 bis 1886 und den nächstfolgenden Jahren an den durch Erosion freigelegten Partien des Bergabhanges hätte wahrgenommen werden können oder sollen, sofern dort ebenfalls Teile der früheren Flora der Vernichtung entgangen gewesen sein sollten. Stockausschläge von Bäumen müssten 1886 bereits derartige Dimensionen aufgewiesen haben, dass sie, auch an den obersten Partien der Abhänge, mit dem Fernglas vom Schiff aus deutlich zu erkennen gewesen wären.

c) Der Besiedelungsverlauf der verwüsteten Gebiete am Vulkan Komagatake auf Hokkaido nach dem Ausbruch von 1929.

Dass der Besiedelungsverlauf auf Krakatau ein ganz anderer, namentlich rascher gewesen sein müsste, wenn wirklich stellenweise Reste der alten Pflanzenwelt lebend erhalten geblieben wären, lehrt auch der erst in den letzten Jahren von Y. YOSHII (1932) studierte Besiedelungsverlauf der verwüsteten Gebiete am Vulkan Komagatake auf Hokkaido (Japan) nach der grossen Eruption von 1929.

Vor 1929 wies dieser Vulkan, die Umgebung seines Kraters und einzelne Bimssteinfelder ausgenommen, eine üppige Vegetation auf. Undurchdringlicher Wald dehnte sich bis in die Höhenlage von zirka 600 m aus und dichte Pflanzengesellschaften, welche in Grasfluren und bebaute Felder ausliefen, überdeckten den Fuss des Gebirges.

Während des zwei Tage dauernden heftigen Ausbruches floss flüssiger Bimsstein vom Kraterrand ringsum über die Abhänge hinunter bis an den Fuss des Gebirges, ferner wurden grosse Massen heisser Bimssteinblöcke und Asche ausgeworfen. Das sieben Meilen südöstlich vom Krater liegende Dorf Shikabe wurde mit Bimsstein überschüttet. Die Schichthöhe war durchschnittlich 1 m, stellen-

weise aber bis 3 m. Das mit Bimsstein und Asche überdeckte Areal wurde auf zirka 5000 ha geschätzt.

Der Einfluss der Eruption auf die Pflanzenwelt wurde unmittelbar nachher festgestellt. "During the eruption", berichtet Y. YOSHII (1932, S. 208), "all the plants subjected to suffering were completely damaged, while those exposed to the courses of pumice flows were burned or destroyed, those that sustained the volcanic ejections stood in the deposits robbed of all their shoots. The leaves of all the trees and shrubs suffered even from the slight dust of volcanic ashes, and some trees influenced only by injurious gases were temporarily damaged, although fresh shoots sprouted soon after the eruption".

In der Folge wurden 3 verschiedene Vorgänge im Verlaufe der Wiederbesiedelung festgestellt.

1. Zwischen den über die Kegelabhänge hinuntergeflossenen Bimssteinströmen waren zahlreiche kleine und grössere Inseln ausgespart geblieben. Ihre Pflanzendecke war durch die Hitze der Bimssteinströme, der gefallenen Bimssteinblöcke und Aschen und durch Gaswirkungen ebenfalls stark geschädigt worden. Bäume und Sträucher in unmittelbarer Nähe der Bimssteinströme waren gänzlich verbrannt oder verkohlt, einzelne derselben aber, speziell solche in den innern Partien grösserer Inseln, blieben am Leben und hatten schon 2 Monate nach der Eruption neue Triebe aus erhalten gebliebenen Adventivknospen der oberirdischen Teile gebildet. Ebenso hatten einige perennierende Kräuter aus ihren unterirdischen Organen Triebe erzeugt, welche aus der dünnen Schicht des aufgeschütteten vulkanischen Materials hervorsprossen. Die auf diesen Enklaven entstehenden neuen Pflanzengesellschaften bestanden wenigstens zuerst in der Hauptsache aus Elementen der früheren Pflanzengesellschaft. Wegen der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der einzelnen Arten gegen die schädigenden vulkanischen Insulte unterschieden sie sich aber in der Artenzahl und im Anteil der einzelnen Arten am neuen Pflanzenkleid wesentlich von der früheren Pflanzengesellschaft. Interessant ist die Feststellung, dass einige dieser regenerierten Pflanzen in den folgenden Jahren nachträglich doch noch zugrunde gingen, während andere Regenerate erhalten blieben und sich rasch und stark entwickelten. Widerstandsfähigkeit und Regenerationsfähigkeit sind nicht identisch und nicht immer kombiniert mit Entwicklungsfähigkeit unter stark veränderten Umweltsbedingungen.

2. An den Rändern und Abhängen von Terrassen, Schluchten und Flussbetten war die Höhe der gefallenen Auswurfsmaterialien am geringsten oder fehlten sie stellenweise ganz. Dem entsprach auch ein geringer Grad der Schädigung der Pflanzenwelt. "Two months after the eruption we could perceive on such patches a newly established vegetation regenerated from the partly destroyed remains of shrubs such as *Vitis amurensis*, *Lespedeza Buergeri* or sprouted from undisturbed subterranean organs of *Sasa kurilensis*, *Polygonum sachalinense*, *Pteridium aquilinum*, *Petasites japonicus*, *Miscanthus sinensis* and *Equisetum arvense*." Zwischen zahlreichen toten Stämmen fanden sich Exemplare von *Quercus dentata* und einiger weniger anderer Baumarten, welche aus erhalten gebliebenen Adventivknospen neue Schosse getrieben hatten. Ein Jahr nach der Eruption wurden auch inmitten grosser Bimssteinfeldern vereinzelte krautige perennierende Pflanzen gefunden, für welche Herkunft aus unbeschädigt gebliebenen unterirdischen Organen nachgewiesen werden konnte. Der Unterschied im Besiedelungsgrad der Bimssteinfeldern blieb auffallend. "The more remarkable aspect was seen one year afterward, when these patches grew larger, having been overgrown by the above said shrubs and herbaceous perennials, while the vast plain field was only sparsely regenerated." Wären solche rasch ergrünende Inseln auch auf Krakatau, z. B. bei Zwarte Hoek, vorhanden gewesen, so hätten sie R. D. M. VERBEEK und E. COTTEAU ein Jahr nach der Katastrophe ebenfalls auffallen müssen, und auch 3 Jahre später hätten sie sich von der spärlichen Vegetation der Neusiedler sicher noch unterscheiden lassen müssen.

3. Im Gegensatz zu den Bimsstein-Flussbetten und Bimssteinfeldern erwiesen sich aschenüberdeckte Flächen für die Neubesiedelung ausserordentlich geeignet. Flächen, die während der ersten Monate völlig pflanzenfrei waren, wiesen ein Jahr nach der Eruption bereits ein dichtes Pflanzenkleid auf, "which was composed of invaders and remained herbaceous perennials." Die hauptsächlichsten Neusiedler waren Anemophile mit pappustragenden Früchten, *Compositae*, *Miscanthus sinensis* und *Epilobium angustifolium* und andere mit kleinen leichten Früchten oder Samen, wie *Gramineae*, *Angelica edulis* und *Chenopodium album*. Alle diese beobachteten anemophilen Pflanzen produzierten in der Folge Früchte und Samen im Ueberfluss. "Indeed their seedlings sprang up so densely beneath and about the parent plants in some parts of the ashfields, that in the last two years the plant became consi-

derably rich in individuals." Hinsichtlich der verbreitenden Agentien schliesst daher Y. YOSHII aus seinen Befunden: "There may be many means for dispersion of plants in an open ashfield prepared for a pioneer but the wind only is perceived here as a prevailing agent, other agencies such as birds played a very subordinate part in the composition of a new flora at least at the initial stage of development." Die am Komagatake von Y. YOSHII gesammelten Erfahrungen stimmen in dieser Hinsicht durchaus mit denjenigen über die Besiedelung des Innern der Krakatau-Insel überein.

d) Die Besiedelung der Laven im Vulkangebiet des Jorullo (Mexiko), am Vulkan Rumoka (Kongo) und im Krater des Kilauea auf Hawaii.

Ueber den Besiedelungsverlauf von Laven lauten die Angaben aus den einzelnen Vulkangebieten sehr verschieden. Er ist ausser von der chemischen Zusammensetzung der Laven selbst vor allem von der Raschheit der oberflächlichen Verwitterung abhängig, die sich unter verschiedenen klimatischen Bedingungen ebenfalls sehr verschieden gestaltet. Hierauf sind die für die einzelnen Vulkangebiete so weit auseinandergehenden Angaben über die Vegetation verschieden alter Lavafelder zurückzuführen. Ueber die ersten Stadien der Besiedelung neuer Laven am Vesuv berichtet O. COMES (1889, S. 11) auf Grund eigener Beobachtungen und derjenigen älterer Autoren u. a.: Die löcherige oder schlackige Form der Laven beschleunigt die Entwicklung der Flechten. Sie hält das Wasser leichter und länger zurück und begünstigt damit gleichzeitig die Vermehrung der einzelligen Algen und die Bildung der Flechten. Unter diesen erscheinen zuerst und herrschen in der Folge die buschigen und die strauchigen vor. Unter ihnen ist sodann *Stereocaulon vesuvianum*, wenigstens in der mittleren Zone, die zuerst auftretende und später verbreitetste. Ueber den Zeitpunkt ihres Auftretens hat O. COMES die folgenden Feststellungen mitzuteilen: «Auf den vor wenigen Jahren ausgeworfenen Laven ist es nicht möglich, eine Spur von Vegetation aufzufinden, ausser einer geringen Andeutung von einzelligen Algen, selbst die Diatomeen nicht ausgeschlossen. Das Wachstum der Flechte zeigt sich später gegen das siebente Jahr des Lavastromes. Die mehr oder weniger schnelle Entwicklung der Flechte hängt dann von dem bezüglichen Zustande der Glattheit oder Rauheit der Oberfläche der Lava ab

und auch von dem Grade der Dichtheit und der Zersetzung des Felsens.»

Aehnlich wie am Vesuv spielen die Flechten auch im Besiedlungsverlauf von Laven anderer Vulkangebiete der nördlich gemässigten Zone als Vorläufer der Moose, Farne und Angiospermen eine grosse Rolle. Das ist nun offenbar für die Laven tropischer Vulkane nur in sehr viel geringerem Grade der Fall. Verwiesen sei als Beleg auf die zahlreichen älteren Angaben über Flora und Vegetation an den Vulkanen Javas und Sumatras (vergl. z. B. W. SCHIMPER, 1908 und A. ERNST, 1907 und 1909). Es möge genügen, an dieser Stelle noch auf den Besiedlungsverlauf von Laven in drei ausserhalb des malayischen Archipels liegenden Vulkangebieten des Tropengürtels hinzuweisen: die Neubesiedelung der Laven im Vulkangebiet des Jorullo (Mexiko), am Vulkan Rumoka (Kongo) und im Krater des Kilauea auf Hawaii.

Ueber die Wiederbesiedelung im Vulkangebiet des Jorullo ist 1930 eine eingehende Schilderung aus dem wissenschaftlichen Nachlass von H. GADOW veröffentlicht worden.

Durch Eruptionen, welche am 29. September 1759 einsetzten und mehrere Jahre andauerten, entstand inmitten eines vorher gut kultivierten, fruchtbaren Gebietes, zirka 30 km südlich von Patzcuaro in Mexiko eine neue Vulkangruppe, welche ein mehr als 8 km<sup>2</sup> grosses Gebiet mit mächtigen Lavaströmen überdeckte und im Laufe der Jahre auch die weitere Umgebung, insgesamt wohl ein Gebiet von zirka 26 Quadratmeilen, mit hohen Aschen-, Sand- und Lapillischichten überschüttete. Auf dem von dem neuen Vulkan, nach einer früher in jenem Gebiet gelegenen Pflanzung Jorullo genannt, seinen 5 Nebenkatern und ihren Lavaströmen eingenommenen Gebiet, dem *Malpais*, war alles Lebende restlos vernichtet worden. In den Zonen des Aschen- und Lapillifalls dagegen war nach den Berichten von Augenzeugen die Zerstörung nicht vollständig, je nach der Temperatur und der Menge des gefallenen Auswurfmaterials graduell verschieden gewesen.

Die vulkanische Tätigkeit und ebenso die Wiederbesiedelung im Jorullogebiet unterscheiden sich also von Krakatau, wie auch A. C. SEWARD in einem Vorwort zum Buche H. GADOW's ausführt, in verschiedener Hinsicht. Für den Besiedlungsverlauf ist wichtig, dass die Eruptionen während mehrerer Jahre andauerten. Ausgedehnte Lavaströme haben weite Gebiete überdeckt und hier sicher alles Leben völlig vernichtet. "The destructive effect of showers of ash extended far beyond the reach of the lava". Das Totalareal, auf welchem das Leben ganz oder fast ganz vernichtet worden war, übertrifft zwar dasjenige von Krakatau um ein Bedeutendes, aber Jorullo ist keine Insel, "there was no barrier of sea to hinder the re-entrance of plants and animals".

Trotz der leichten Zugänglichkeit des ganzen Gebietes, das im Verlaufe der seit den Ausbrüchen verflossenen 170 Jahre zahlreiche Besuche auch von berühmten Naturforschern erhielt, hat erst



H. GADOW eingehender darüber berichtet. Im zweiten Kapitel seines Buches unternimmt er den Versuch, auf Grund der Angaben zahlreicher früherer Besucher, u. a. F. FISCHER (1789), A. HUMBOLDT (1803), E. SCHLEIDEN (1846) und seiner eigenen Untersuchungen im Jahre 1908 den Verlauf der Wiederbesiedelung mit Pflanzen zu rekonstruieren. Erst 9 Dezennien nach den Katastrophenjahren war die ganze Gegend wieder überwachsen. Heute sind die unteren Lagen wieder fast gänzlich in Kultur genommen und auf den Bergen breiten sich Wälder aus, in denen, ähnlich wie auf Krakatau, gewaltige Feigenbäume besonders häufig sind. Sonst aber ist, verglichen mit Krakatau, wie H. GADOW selbst ausführt, der Vormarsch der Pflanzenwelt am Jorullo sehr langsam erfolgt. Wind- und Tierverbreitung der Samen haben auch hier das erste Material für die Neubesiedelung geliefert, deren Verlauf durch die Regenarmut der Gegend und i. b. die vom November bis Mai andauernde Trockenheit verlangsamt worden ist. Dem entsprechend drangen im späteren Verlauf der Besiedelungsgeschichte die Pflanzen und auch die von H. GADOW hauptsächlich studierten Tiere, Amphibien und Reptilien, besonders längs der Wasserläufe in das verwüstete Gebiet vor.

Die ersten Stadien des Besiedelungsverlaufes frischer Laven in tropischem Gebiet sind vor allem von W. ROBYNS (1932) am Vulkan Rumoka im belgischen Kongo studiert worden. Auch er stellte fest, dass die Oberflächenbeschaffenheit für den Beginn der Neubesiedelung besonders wichtig ist. Die Laven des Rumoka sind zwar von äusserster Härte, aber oberflächlich verschlackt und von zahlreichen Rissen durchzogen. Die poröse Struktur und ganz besonders die Spalten, Risse und Höhlungen «offrent à la colonisation végétale des habitats spéciaux, où se trouvent réunies des conditions plus favorables à l'établissement des plantes supérieures. Dans les petites cavernes en particulier s'établit une sorte de „microclimat“, conditionné surtout par un certain ombrage et par une certaine humidité persistante provenant des eaux de pluie. Ces cavités constituent ainsi en quelque sorte les premiers centres de la colonisation par les plantes supérieures.» Im Juni 1926 — 14 Jahre nach dem Ausbruch der Laven — war die schlackige Oberfläche grosser Flächen noch völlig nackt, an anderen Stellen aber mit Moosen und Flechten bedeckt. Dem Vorkommen von Algen wurde leider keine Aufmerksamkeit geschenkt, ihr Vorkommen nur aus demjenigen einiger Flechten indirekt abgeleitet. Aus den zahlreichen Höhlungen und Vertiefungen sprossen vereinzelt

Farne und aus Spalten, in welche durch Wind und Regenwasser bereits etwas Erde gelangt war, hie und da einige Phanerogamen, vor allem Gräser und Stauden. Grössere Sträucher und Bäume fehlten vollständig. Auch 5 Jahre später, im Mai 1931, hatte die Vegetation der Laven des Rumoka noch keine nennenswerten Fortschritte gemacht, noch immer war ein Moos, *Bryum Preussii* Brot., auf der Oberfläche der Laven allein verbreitet, Gräser und Staudengebüsch auf die Vertiefungen beschränkt. Die Zahl der gefundenen Farnarten war 4, der Phanerogamen 22. Im Gegensatz zur Besiedelung der Aschen- und Lapillfelder des Krakatau spielen die Farne auf den Laven von Kateruzi erst eine geringe Rolle. Die vorkommenden Phanerogamen sind zumeist xerophil. Herkunftsort der neuen Florenelemente ist die Vegetation der die Lavaströme umgebenden unberührten Landschaft, sodann nicht zum mindesten die erhalten gebliebene Vegetation einiger von den Lavaströmen umschlossenen und bewohnt gebliebenen Hügel. Ausser Wind, Wasser und Tieren haben also die Menschen, zum mindesten bei der Verbreitung der anthropophilen Species wohl beträchtlichen Anteil. Der an sich sehr langsame Besiedelungsverlauf ist demnach — an Keimen, die auf das Neuland gelangen, ist wohl Ueberfluss — Folge der ungünstigen edaphischen Faktoren, vor allem der grossen Härte und des noch sehr geringen Verwitterungsgrades der Laven.

Dass unter besonderen Bedingungen auch die Besiedelung frischer Laven einen sehr viel schnelleren Verlauf nehmen kann, geht aus Beobachtungen von J. H. BURKILL (1926, S. 53) im Krater des Kilauea auf Hawaii hervor. In der Umgebung dampfender Spalten einjähriger Laven fand er Algen, ein Laubmoos, mehrere Farne, 3 kleine Dicotyledonen und vor allem 3 Cyperaceen und 5 Gramineen. Ansiedelung und Entwicklung dieser Pflanzen waren ersichtlich durch das besondere « Mikroklima » des eigenartigen Standortes, i. b. die durch den entweichenden Wasserdampf im Ueberfluss gelieferte Feuchtigkeit erleichtert und gefördert worden.

#### 4. Reliktenfrage und Wiederbesiedelung von Krakatau im Lichte der Erfahrungen über den Verlauf der Besiedelungsvorgänge in anderen Vulkangebieten.

Aus der vorstehenden Uebersicht über einige Besiedelungsvorgänge in andern Vulkangebieten geht hervor, dass der Besiedelungsverlauf in jedem einzelnen Fall nicht nur von der Art und

Dauer der vulkanischen Insulte, sondern auch von den chemischen und chemisch-physikalischen Eigenschaften des neu zu besiedelnden Substrates, von den klimatischen Bedingungen, i. b. der Menge und Verteilung der Niederschläge und in Hinsicht auf die Keime liefernden Faktoren auch von der Entfernung des zu besiedelnden Gebietes von benachbarten nicht oder nicht völlig verwüsteten Arealen abhängig ist. Da Angaben über den Verlauf der tierischen Besiedelung der besprochenen Gebiete in zu geringer Anzahl vorliegen, beschränke ich mich in dieser Rekapitulation zur nochmaligen Ueberprüfung der R e l i k t e n f r a g e auf die p f l a n z l i c h e Neubesiedelung.

Es würde wieder zu weit führen, den Gesamtverlauf der Neubesiedelung der Krakatau-Inseln mit den im vorstehenden Abschnitt besprochenen verschiedenartigen Besiedelungsvorgängen im Einzelnen vergleichen zu wollen. Ich beschränke mich auf die Hervorhebung derjenigen andernorts gemachten Erfahrungen, welche es möglich machen, Vorstellungen darüber zu entwickeln, wie sich wohl die Anfänge der Neubesiedelung hätten gestalten müssen, sofern wirklich an den mittleren und oberen Partien der Südostabhänge des Rakata und auf den Basaltfelsen von Zwarte Hoek stellenweise nur eine partielle Vernichtung der alten Pflanzenwelt stattgefunden haben sollte.

Diese Hypothese gründet sich, um auch dies nochmals zu rekapitulieren, in der H a u p t s a c h e auf die nachfolgenden Feststellungen und Annahmen:

a) Auf der A n g a b e von R. D. M. VERBEEK, dass an den obern Südostabhängen (nicht auf den eigentlichen Gipfelpartien!) des Rakata die Ablagerung von eruptivem Material ungleich geringer gewesen sei, als über den unteren Partien von Krakatau und wohl nur zirka 2 m Mächtigkeit erreicht habe.

b) Auf der weitern A n g a b e von R. D. M. VERBEEK, dass 2 Monate nach der Eruption in den durch Erosion entstandenen Schluchten der ursprüngliche Boden stellenweise blossgelegt war und die zum Teil verkohlten Reste der Pflanzen offen lagen.

c) Auf der begründeten A n n a h m e, dass die in Frage stehenden südlichen und südöstlichen Abhänge des Rakata in der Höhenlage von  $\pm 500$  m durch ihre Lage gegen die zerstörenden Wirkungen der von den nördlich des Rakata gelegenen, sehr viel niedrigeren Eruptionszentren ausgegangenen ersten Eruptionen weitgehend geschützt gewesen waren, dass bei den Haupteruptionen vom 26.—28. August 1883 das auf jene Abhänge gefallene Ma-

terial schon in der Luft abgekühlt worden sei, und also eine starke Erhitzung des anstehenden Bodens mit gänzlicher Vernichtung aller pflanzlichen und tierischen Keime an diesen Stellen nicht erfolgt sein könne.

Nicht für die Krakatauinsel als Ganzes, sondern nur die angegebenen Teilstücke beschränkten Umfanges ist von C. A. BACKER die Möglichkeit der Ueberdauerung von Pflanzen ernstlich in Erwägung gezogen worden. Hinsichtlich Beginn und Verlauf der Wiederbesiedelung von Gebieten mit nur teilweiser Vernichtung der Vegetation durch vulkanische Einflüsse, geht aus den besprochenen Besiedelungsvorgängen in andern tropischen Vulkangebieten etwa hervor:

1. Gaswolken verursachen, wie z. B. die Erfahrungen auf Verlaten Island von 1930/31 gelehrt haben, wohl eine Schädigung, dagegen nicht eine Abtötung einer ganzen Vegetation. Die Schädigung äussert sich vor allem im Verlust der Blätter und der jüngsten Zweige, welche aber von den ausdauernden Pflanzen zu meist schon in der nächsten Vegetationsperiode ersetzt werden.

2. Die Fähigkeit zur Regeneration einer durch Brand zerstörten Vegetation ist selbst in den Gipfelregionen hoher Vulkane überraschend gross. An halb verbrannten Baumstümpfen, wie die Erfahrungen am Mount Kilauea auf Hawaii gezeigt haben auch solchen von Baumfarnen, entstehen aus Adventivknospen der oberirdischen Teile oder aus unterirdischen Organen leicht Stockausschläge. Die Wiederbesiedelung solcher Brandstellen setzt schon nach wenigen Monaten mit dem Auskeimen der im Boden unbeschädigt gebliebenen Samen und mit der Bildung von Stockausschlägen ein. Am Vulkan Komagatake wurden Stockausschläge an nur teilweise verbrannten Pflanzen schon 2 Monate nach der Eruption festgestellt und in der gleichen Zeit waren aus perennierenden Rhizomen Triebe hervorgegangen, welche bereits aus der aufgeschütteten Materialschicht hervorsprossen.

3. Auch eine nur während weniger Wochen oder Monate liegenbleibende Aschen- und Bimssteindecke kann eine weitgehende oder sogar völlige Abtötung der Vegetation bewirken, da der schädigende Einfluss nicht nur von Licht- und Luftentzug und hoher Temperatur des überdeckenden vulkanischen Materials ausgeht, sondern vor allem auch von der Einwirkung löslicher Salze. Die dauernde Einwirkung stärkerer Lösungen schädlicher

Salze, welche dem anstehenden Boden aus den aufgeschütteten Schichten zugeführt werden, ist von viel nachhaltigerem Einfluss auf die Erhaltung lebender Keime als rasch wirkende Zerstörungen durch G a s - oder G l u t wolken und Brand.

4. Sind während einer Ueberdeckung mit frischen Aschen- und Bimssteinschichten von kürzerer Dauer erhalten gebliebene ober- und unterirdische Pflanzenteile durch c h e m i s c h e Einwirkungen nicht letal geschädigt worden, so können, ähnlich wie nach Brand, Stockausschläge an oberirdischen Stümpfen und neue, das bedeckende Substrat durchstossende Sprosse aus den unterirdischen Rhizomen ebenfalls sehr bald, in der Regel nicht später als im Verlauf der nächsten Regenzeit, auftreten. So hat auch auf Sebesy E. COTTEAU, einer der Hauptzeugen für die völlige Vernichtung der Vegetation von Krakatau im Jahre 1883, auf seiner Exkursion im Mai 1884 Stockausschläge an nur teilweise zerstörten Pflanzen festgestellt und er hebt auch ausdrücklich hervor, dass die Aschenschichten mehrfach von Pflanzen durchwachsen waren, die verborgenen Rhizomen entsprossen.

5. An den Rändern und Abhängen von Terrassen und Schluchten, wo die Höhe der gefallenen Auswurfsmaterialien von Anfang an nur gering war, oder wo sie bald weggespült wurden, entstanden im Gebiete des Komagatake sehr bald förmliche G r ü n s t e l l e n und g r ü n e I n s e l n aus Vertretern zahlreicher krautiger Arten und Stockausschlägen einzelner Bäume.

6. Auf Volcano Island betrug die Anzahl der festgestellten Relikte, 6 Jahre nach der Eruption, etwa 8 % der überhaupt festgestellten Artenzahl der Gefässpflanzen. Mehr als die Hälfte dieser Relikte waren K u l t u r p f l a n z e n , die in der Umgebung der z e r s t ö r t e n O r t s c h a f t e n wieder aufgetreten waren, von denen aber in der Folge mehrere wieder ausstarben und nur wenige, vor allem die Bananen und Bambusen, sich rasch und stark vermehrten.

7. Nach einer nur teilweisen Zerstörung der ursprünglichen Vegetation zeigen neubesiedelte Gebiete, wie die bereits genannten grünen Inseln in den Aschenfeldern des Komagatake, eine grössere Artenzahl als benachbarte Flächen mit N e u s i e d l e r n . Dem entspricht auch die Feststellung, dass die Zahl der auf der Insel Sebesy während eines einzigen 7tägigen Aufenthaltes gesammelten Arten bedeutend grösser war, als die Gesamtausbeute der vorangegangenen zahlreichen Exkursionen auf Krakatau.

8. Pflanzen, für welche die Annahme einer Ueberdauerung der Katastrophe von 1883 besonders nahe liegt, Rhizome bildende

*Monocotyledonae*, i. b. aus den Familien der *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Araceae* und *Zingiberaceae*, sowie Vertreter verschiedener Familien der *Dicotyledonae* spielen in der jetzigen Flora von S e b e s y eine ungleich grössere Rolle als in derjenigen von K r a k a t a u.

Auf Grund dieser und anderer Beobachtungen in Vulkangebieten mit ungefähr ähnlichen Verhältnissen müsste man erwarten, dass der Besiedelungsverlauf von Enklaven mit nicht völlig vernichteter Vegetation an den Südabhängen von Krakatau in nicht zu übersehender Weise hätte stattfinden müssen:

1. Da bald nach der Eruption vom August 1883 die Regenzeit einsetzte, hätte wie andernorts festgestellt worden ist, das neue Erwachen der Vegetation ebenfalls nach ungefähr 2 Monaten einsetzen sollen. Im Verlaufe von 1—2 Jahren wären diese Stellen zu grünen Inseln geworden, die R. D. M. VERBEEK im Verlaufe seine 4 vor 1886 durchgeführten Exkursionen und i. b. vom Gipfel des Rakata aus nicht wohl entgangen wären.

2. Stockausschläge von Bäumen solcher Enklaven müssten in Anbetracht der für die Neusiedler festgestellten relativ günstigen Lebensbedingungen und des raschen Wachstums vieler Bäume der neuen Flora in verhältnismässig kurzer Zeit derartige Dimensionen angenommen haben, dass sie hoch über die niedrigen Gruppen der Farne, Gräser und Kompositen hinausgeragt hätten und nicht nur in der Nähe, sondern auch aus grösseren Abständen, also z. B. auch 1886 mit dem Fernglas vom Schiffe aus unzweifelhaft als Abkömmlinge aus Relikten hätten erkannt werden müssen.

3. Auch aus der Vermehrung von Relikten in Spalten und Schründen der Basaltfelsen von Zwarte Hoek hätten im Verlaufe von 3 Jahren Vegetationsinseln mit einem annähernd geschlossenen Pflanzenkleid entstehen müssen, die der Feststellung durch die Mitglieder der TREUB'schen Exkursion von 1886 sicher nicht entgangen wären.

Aus dem Fehlen einer makroskopischen Lebewelt über die Dauer von mehr als einem Jahre und dem langsamen Verlauf der Wiederbesiedelung haben R. D. M. VERBEEK und M. TREUB indirekt auf die völlige Vernichtung der Pflanzen- und Tierwelt von Krakatau geschlossen. Ein direkter Nachweis einer vorangegangenen vollständigen Sterilisierung ist nicht versucht worden,

ein solcher Nachweis wäre, wie auch C. A. BACKER anerkennt, für ein grösseres Gebiet überhaupt nicht einwandfrei zu erbringen.

Für die Hypothese einer partiellen Erhaltung der früheren Pflanzen- und Tierwelt lassen sich nun nachträglich ebensowenig positive Beweise beibringen wie für die völlige Vernichtung der früheren Pflanzen- und Tierwelt. Wir müssen uns an die Feststellungen der Augenzeugen R. D. M. VERBEEK, E. COTTEAU, M. TREUB halten und Korrekturen ihrer Angaben nur da anbringen, wo durch die Resultate neuer Untersuchungen wirklich Irrtümer nachgewiesen worden sind.

Aus der Uebersicht über die in andern Vulkangebieten während der letzten Jahrzehnte durchgeführten Untersuchungen geht hervor, dass die Wiederbesiedelung neuen vulkanischen Bodens sich unter verschiedenen Bedingungskonstellationen ausserordentlich verschieden gestalten kann, sodass aus keinem einzigen Spezialfall allgemein gültige Gesetzmässigkeiten abgeleitet werden können. Das Gleiche kann natürlich auch für die Entstehung der Inselfloren geltend gemacht werden. Die Wiederbesiedelung der vulkanischen Krakatauinsel ist also nach zwei Richtungen als Spezialfall im weiten Gebiet der Neu- und Wiederbesiedelungsvorgänge aufzufassen, als Spezialfall allerdings, der sich von allen andern seither untersuchten Fällen durch eine besonders interessante Kombination der für den Gesamtbesiedelungsverlauf massgebenden Faktoren auszeichnet. Die Vergleichung der Resultate der Krakatauforschung mit den in andern Gebieten erreichten Resultaten ergibt auch, dass bis jetzt keine andern Untersuchungen von ebenso weitem Ausmass, mit ebenso umfassender Fragestellung und ebenso reichen Resultaten durchgeführt worden sind.

### **IX. Die Pflanzen- und Tiergesellschaften der neuen Flora und Fauna von Krakatau.**

Jede Erst- oder Neubesiedelung eines Gebietes mit Lebewesen ist das Resultat zahlloser Zufallskombinationen, aber durch Häufung von Zufälligkeiten ähnlicher Art führt die Neubesiedelung doch nicht zu einem unverständlichen Sammelsurium von Formen. Wasser-, Wind- und Tierverbreitung von Keimen bringen trotz der Zufälligkeit im einzelnen Geschehen nach verschiedener Richtung Aehnliches und Zusammengehörendes und andererseits Verschiedenes, aber in bestimmter Richtung einander Ergänzendes zusammen. So haben sich auch auf Krakatau schon bald nach dem Auftreten der ersten Neusiedler Pflanzengesellschaften