

Die Vulkane in Niederländisch-Ostindien

Autor(en): **Lingier, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **(Der) Schweizer Geograph = (Le) géographe suisse**

Band (Jahr): **15 (1938)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-15262>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

DER SCHWEIZER GEOGRAPH LE GÉOGRAPHE SUISSE

ZEITSCHRIFT DES VEREINS SCHWEIZ. GEOGRAPHIE-LEHRER
SOWIE DER GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFTEN VON
BERN, BASEL, ST. GALLEN UND ZÜRICH

REDAKTION: PROF. DR. FRITZ NUSSBAUM, ZOLLIKOFEN BEI BERN

VERLAG: KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER KARTENVERLAG, BERN
ABONNEMENT: JÄHRLICH 6 HEFTE, FR. 5.—

Die Vulkane in Niederländisch-Ostindien.

Mit 4 Photos und 3 Tafeln.

Dr. H. Liniger, Basel.

I. Einführung.

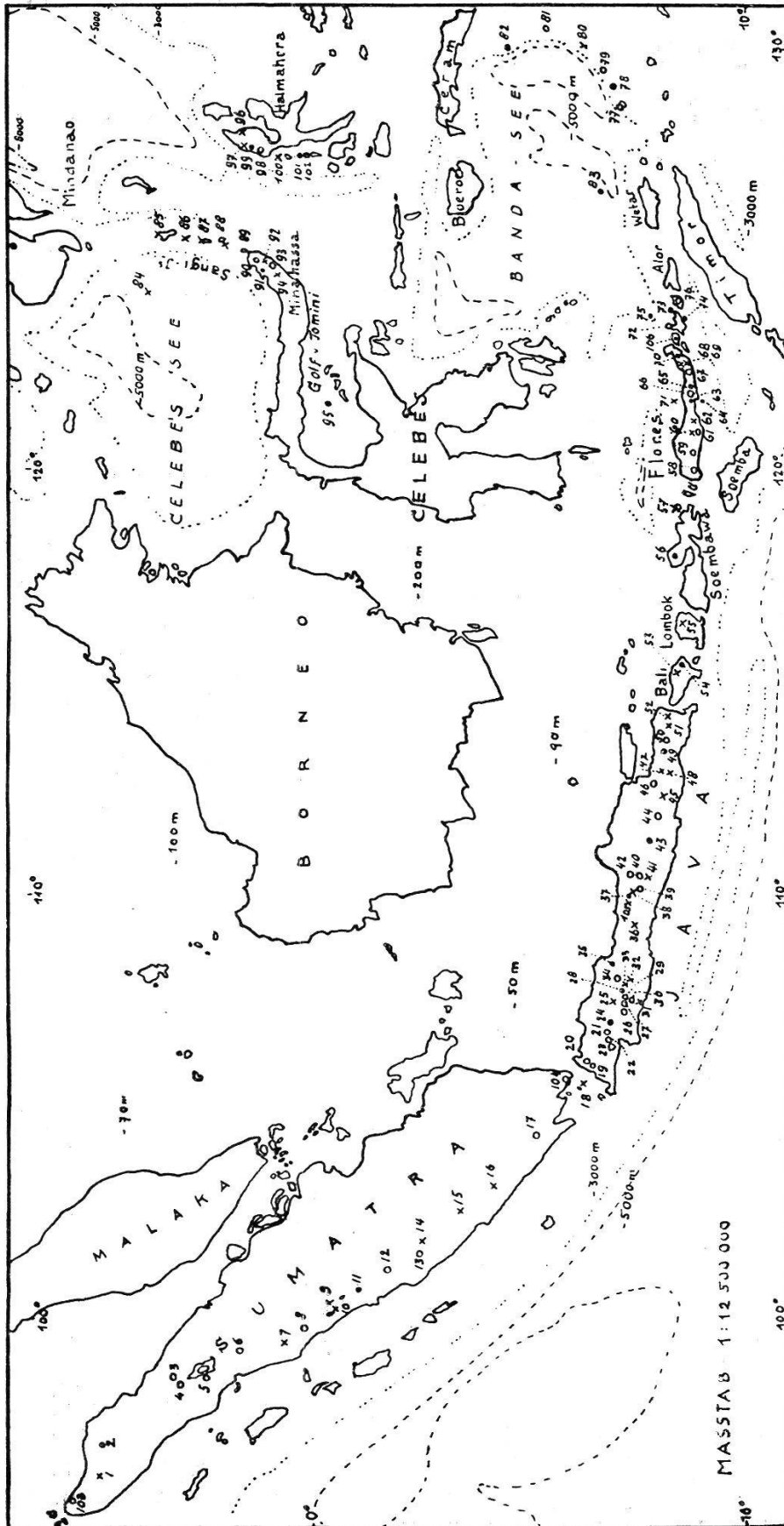
~~35~~ 35, 418

Für den Naturbeobachter in Insulinde sind weitaus die grossartigsten und fesselndsten Objekte die Vulkane, die sich allerorten über dem Sockel der Gebirge erheben:

Ein Blick auf eine topographische oder geologische Karte zeigt indessen eine sehr eigenartige Verteilung der Feuerschlünde auf den Inseln des Archipels. Während etwa Borneo von tätigen Vulkanen grösseren Formats völlig frei ist, drängen sich solche Kegel mit ihren Rauchfahnen z. B. auf Java in geradezu beängstigender Masse. Allgemein haben die Javasee, Malakka, Borneo, die Hauptgebiete der frühern Sundaplatte, keinen rezenten Vulkanismus aufzuweisen; dagegen zieht sich ein vulkanischer Innenbogen vom Pegugebirge im Irawadibecken über die Barreninsel nach Sumatra, Java, Bali, Lombok, Sumbava, Flores bis zum innern Bandabogen; ein nichtvulkanischer Aussenbogen schliesst sich ozeanwärts an und lässt sich vom Manipur-Arakan-Yoma-Gebirge in Birma über die Andamanen, Nikobaren, Nias, Engganoinself bis Timor, Kei-Inseln und Ceram verfolgen. Westlich dieser Gruppen fällt sodann vor allem vor Sumatra und Java ein bis 7000 m tiefer Graben auf, der sich nach Vening-Meinesz bis in den Tiefseegraben östlich der Philippinen verfolgen lässt (vergl. Fig. 1). Um diese Verhältnisse wenigstens theoretisch zu erklären, sei in aller Kürze auf die Undationstheorie van Bemmelen hingewiesen.

Die auffallende Gestalt der nach dem Ozean zu konvexen malayischen Inselbögen im Verein mit ihrer ungleichen Besetzung mit vulkanischen Gebirgen hat den holländischen Forscher van Bemmelen zur Aufstellung einer neuen Theorie über die Zusammenhänge von Vulkanismus und Gebirgsbildung ermutigt, die in ihren grossen Konsequenzen noch von sich reden machen wird (lit. 3).

FIG 1. NACH KEMMERLING



AKTIVE VULKANE DES OST-JNDISCHEN ARCHIPELS

Legenda zu Fig. 1

- Vulkane im Fumarolenstadium, keine Ausbrüche bekannt.
 - Vulkane mit Ausbrüchen und Perioden erhöhter Tätigkeit.
 - x Vulkane mit Ausbrüchen nach 1900.
- 1919 In diesem Jahr die letzte Eruption.
 1772 In diesem Jahr die letzte vulkanische Katastrophe.

Sumatra

1. Peuët Sagoë 1919/20
2. Boer ni Tèlong 1856?
3. Sibajak
4. Sinaboeng
5. Poesock Boekit
6. Boeal Boeali
7. Sorik Merapi 1917
8. Ophir (Talamau)
9. Merapi (Fort de Kock) 1927
10. Tandikat 1924
11. Talang 1845
12. Peak von Indrapoera (Peak von Korintji)
13. Koenjit
14. Soembing 1922
15. Kaba 1913
16. Dempo 1908
17. Sekindjan Belirang
104. Radjabasa
18. Krakatau 1927/29 1883
103. Seulowaih Agam

Java

19. Poelosari
20. Karang
21. Salak
22. Kawah Tjibeureum-Tjibodas
23. Kawah Tjiparabakti
24. Gedeh 1886
25. Tangkoeban Prahoe 1926
26. Patoeha
27. Wajang Windoe
28. Goentoer 1843
29. Kawah Kamodjang
30. Kawah Manoek
31. Papandajan 1924 1772
32. Galoenggoeng 1918 1894
33. Telaga Bodas 1913
34. Kawa Karaha
35. Tjerimai 1805
36. Slamet 1928
105. Boetak (Petarangan) 1928
37. Diëng Vulkane? 1847
38. Sendoro 1906
39. Soembing
40. Merbaboe
41. Merapi 1924-1934
42. Oengaran
43. Lawoe 1752
44. Wilis
45. Keloed 1919/20 1919

46. Ardjoeno-Welirang

47. Tengger-Bromo 1928
48. Semeroe 1913
49. Lamongan 1898
50. Hijang-Argopoero
51. Raoeng 1927/28
52. Kawah Jdjen 1917 1817

Bali

23. Batoer 1926
54. Api (Goenoeng Agoeng) 1843

Lombok

55. Rindjani 1915

Soembawa

56. Tambora 1815
57. Sangeang Api 1911

Flores

58. Wai Sano
59. Wai Kokor (Potjo Leok)
60. Jnië Like 1905
61. Jnië Rië (Jneri) (Rokka-Peak)
62. Amboeromboe (Amboelombo) (Keo-Peak) 1927
63. Poei oder Medja 1671?
64. Jia od. Ende-API 1882
65. Keli Moetoe 1860?
66. Soekaria-Caldeira
67. Egon
68. Lobetobi-Perampoean(Lewotobi) 1921
69. Lobetobi-Laki-laki 1910
70. Leweno(Lewero) 1881
71. Paloweh (Paloë) 1928

Vulkane zwischen Flores und Wetar

106. Jli Boleng 1855?
72. Jli Lewotolo (Wariran)
73. Jli Kedang 1849?
74. Jli Weroeng 1870?
75. Komba (Batoe Tara) 1849/50
76. Pantar Api (Pandai)

Bandasee

77. Damar
78. Teoen 1693
79. Nila
80. Seroea 1921?
81. Manoek
82. Bandi-API 1824
83. Api (nördl. Wetar) 1699

Sangi-Inseln

84. Submar. Vulkan 1922
85. Awoe 1921/22 1892
86. Mahengetang (Banoea Woehoe) (submarin) 1918
87. Api Siaoë 1922
88. Roeang 1914

Minahassa (N.-Celebes)

89. a. Tonkoko 1801
- b. Batoe Angoes 1893
90. Klabat
91. a. Lokon
- b. Empoeng 1893
92. Roemengan (Mahawoe) 1904
93. a. Tampoësöe
- b. Lahendong
- c. Sarangsong
94. a. Sopoetan 1924/25
- b. K. Masem
- c. Tompaso

Golf von Tomini

95. Oena-Oena 1898

Halmahera

96. Tobelo Vulkane
- a. G. Doekono (Tolo)
- b. Maloempang-Welirang 1901
97. Jboe 1911
98. Todako-Vulkane
- a. Todako
- b. Telaga Ranoe
- c. Sahoe (Doekon)
99. Gamkonora 1673/74
100. Peak von Ternate 1923 1840
101. Moti 1774?
102. Makian 1890

Die Undationstheorie will vorerst die oben genannte Verschiedenheit zwischen dem vulkanischen Innenbogen des Archipels und dem nicht vulkanischen Aussenbogen sowie die auffallenden Tiefseerinnen westlich Javas und Sumatras erklären. Sie geht davon aus, dass überall unter den grossen Meeren und unter den granitischen Kontinentmassen eine basische, basaltische Magmazone als vorhanden angenommen werden dürfe. Das thermische Gleichgewicht dieser Zone (Salsima) werde an gewissen Orten gestört und die Folge von solch verschiedener Abkühlung sei eine Störung des chemischen Gleichgewichts, die sich in Trennung von leichtern und schwereren Kristallen und Magmamassen äussere. Diese wollen sich nach ihrem spezifischen Gewicht trennen; das Schwerere sinkt seitlich ab, das Leichtere steigt langsam auf. So erklären sich ungezwungen isostatische Bewegungen durch Differentiation in der Fliesszone des Magmas und diese Vertikalbewegungen haben in der Mitte eine mächtige Hebung zur Folge, die von Ausbrüchen von gasreichem Magma gefolgt ist, während auf den beiden Flanken tiefe Senken (Geosynklinalen) entstehen, welche vorläufig frei sind von Vulkanismus. In dieser Vortiefe wiederhole sich der Prozess der Differentiation; es entstehe in ihrer Mitte eine Hebung und neue Vortiefen weiter aussen und innen. Dieses wellenförmige Fortschreiten vertikaler Bewegungen grossen Stils, deren Ursache im Magma liegen, nennt van Bemmelen Undationen.

Auf den Flanken der Undationen kommen, ähnlich wie es auch schon andere Forscher postuliert haben, mächtige Schichtpakete ins Gleiten, werden gefaltet, dann wieder gehoben, zusammengestaut und im Verlauf der weiterschreitenden Undation zum Hochgebirge gehoben, das sich dann schliesslich an den Rändern des nächsten Kontinents festfährt.

Diese grosszügige und zugleich einfache Theorie erklärt nicht nur die topographischen Eigenheiten des vulkanischen Innenbogens und des nichtvulkanischen Aussenbogens, der beiden tiefen Rinnen östlich und westlich der Nias-Engganogruppen, sondern wird auch der Verteilung der Massendefekte und Massenüberschüsse gerecht und vermag die Lage der Epicentra der zahlreichen Erdbeben südwestlich von Java und Sumatra zu erklären.

Dass die Schlüsse, die van Bemmelen aus der Stratigraphie des Jungtertiärs für die Geschichte der Undationen zieht, im allgemeinen zutreffen, kann ich durch meine Kenntnisse des sumatranischen Neogens, vor allem in der Petrolgeosynclinale, bestätigen. Es wird so ohne weiteres klar, dass diese Undationstheorie eine sehr brauchbare Arbeitshypothese für Niederländisch-Indien geworden ist; ja es wird einleuchten, dass auch für andere Gebiete der Erde die Undationstheorie ihre Grundgedanken anwenden wird, so dass der Kontraktionstheorie und der Hypothese Wegeners der Kontinentalverschiebungen, die beide Anspruch auf Erklärung der Gebirgsbildungen unserer Erde machen, ein neuer Konkurrent sich zugesellt, der zudem noch den Vorzug hat, die Verteilung der Vulkane in den Gebirgskörpern zwangslos erklären zu können, was bei den andern Theorien immer Schwierigkeiten machte.

Der erste wissenschaftliche Untersucher der niederl.-indischen Vulkane, der bekannte Botaniker F. Junghuhn, kannte 1852 bereits 109 Vulkane in Indonesien. Von den ca. 450 tätigen Feuerschlünden unserer Erde entfallen etwa $\frac{3}{4}$ auf die Ränder des pacifischen Ozeans mit Ge-

bieten tertiärer Faltung; Insulinde beherbergt ca. 300 erloschene und (nach Kemmerling 1929) 102 tätige Vulkane, wenn man Vulkanreste im Fumarolenstadium ebenfalls dazu rechnet (lit. 5).

Die zahlreichen und verheerenden Vulkankatastrophen Holländisch-Indiens waren der Anlass, dass, nach einem Vortrag von Wing Easton (1915) in Holland, in Batavia eine « vulkanologische Comissie » ernannt wurde, die dann 1919 in Verbindung mit dem Departement «Mijnwezen» nach den Vorbildern Italiens und Japans einen vulkanologischen Dienst einrichtete, der zweierlei Zwecke verfolgte. Erstens wurden die meisten Vulkangebiete wissenschaftlich untersucht, was bereits zu einer Reihe wertvoller Vulkanmonographien geführt hat. Andererseits wurden an den gefährlichsten Ausbrechern, wie Krakatau, Papandajan, Tangkoeban Prahoe, Merapi, Keloet und am Lamongan Vulkanbewachungsdienste eingerichtet, die mit Telephon, Radio, Seismograph, Tromometer, Eötvös-drehwage ausgerüstet und durch den Flugdienst unterstützt sind, um drohende Vulkanausbrüche rechtzeitig zu erkennen. Obwohl vorbildlich organisiert, gibt dieser Dienst infolge Versagens, z. B. am Merapi, Anlass zu allerlei skeptischen Bemerkungen.

II. Zur Systematik der Vulkane.

Es möge dabei zunächst daran erinnert werden, dass es sich bei der vorliegenden Betrachtung nur um die jüngste Vulkantätigkeit handelt, die vermutlich im Miocän begann, sich im Pliocän derart steigerte, dass das Oberpliocän z. T. aus rein tuffigen Ansätzen besteht und im Quartär wohl einen Höhepunkt erreichte. Aeltere vulkanische Vorgänge, wie z. B. die Emporwölbung jungmesozoischer Granite mit ihren Zinnerzen pneumatolytischer Entstehung, werden hier nicht berücksichtigt.

Bekanntlich teilen die modernen Vulkanologen, die ihre Wissenschaft wohl auch etwa bündig als Entgasungsprozess des Magmas bezeichnen, die Ergussgesteine in pacifische oder geosynclinale und atlantische oder geoanticlinale Gesteinssippen ein. Letztere sind mehr basischer, kalkarmer, dünnflüssiger und darum nicht explosiver, sondern effusiver Natur, während die kalkreicheren, zähen pacifischen Magmen schlotverstopfend wirken und darum Neigung zu Explosivausbrüchen haben, wobei dann oft riesige Lockermassen ausgeschleudert werden.

Während früher die Systematik der Vulkane ausschliesslich nach morphologischen Gesichtspunkten erfolgte, wird heute das Hauptgewicht auf die Magmaart gelegt, da es sich gezeigt hat, dass die Vulkanform von der Magmabeschaffenheit abhängt. Natürlich kann man in diesem Fall umgekehrt auch von der Form auf die genetische Ursache schliessen und kommt auf diesem Weg doch wieder zu einer für die Morphologie brauchbaren Systematik der Vulkangebilde.

Ein erstes, bedeutsames Charakteristikum besteht darin, dass sich während der Lebensdauer eines Vulkans das Magma nicht ändert. Es entstehen Vulkanbauten, die sich nur durch die Menge der gefördert

Stoffe unterscheiden; diese quantitative Entwicklungsreihe ergibt einfache Vulkankörper, die oft auch die ersten Anfänge unter sich begraben oder zerstören, die oft aber auch unmerklich ineinander übergehen.

Häufig aber macht das Magma des Herdes oder seiner obern Partien eine Aenderung durch, weil die Restschmelze meist kühler und gasreicher wird oder weil sie Nebengestein absorbiert, sich also sowohl physikalisch als auch chemisch ändert. Jeder neue Ausbruch hat, entsprechend den neuen Bedingungen, neue Formen im Gefolge, sodass eine Reihe qualitativ verschiedener Formen über- oder auch nebeneinander entstehen können; in letzterem Fall sind es eher selbständige Körper. Ein solches Gebilde heisst ein zusammengesetzter Vulkanbau.

Bei den einfachen Vulkanen mit basischem heissem, dünnflüssigem Magma, dessen Tätigkeit rein effusiv ist, unterscheidet man mit zunehmender Quantität des beteiligten Magmas:

Einzelstrom, Fliesskuppe (bei flachem Untergrund), Schildvulkan.

Bei relativ sauerem, kühlerem, zähflüssigem Magma, das stark explosiv wirkt, unterscheidet man bei zunehmender Quantität des Magmas: Staukuppe mit Lockerwall oder sogar Maar, geborstene Staukuppe, Stratovulkan mit Lockermassen, Stratovulkan mit parasitären Kratern oder vulkano-tektonische Senken.

Bei den zusammengesetzten Vulkanen gelten nach v. Wolff folgende Erfahrungsgesetze:

1. der jüngere Vulkan bleibt in seinen Dimensionen meist hinter dem ältern, dem er aufsitzt, zurück;
2. der jüngere Vulkan weist meist eine solche Form auf, die einen weitem Fortschritt der Herderstarrung anzeigt.

Die meisten hierher gehörenden Vulkangebilde sind nach Rittmann dadurch gekennzeichnet, dass jede jüngere Form einem fortgeschrittenen Entwicklungszustand ihrer Restschmelze entspricht. Deshalb werden diese Typen normal zusammengesetzte Vulkane genannt.

Aus den wichtigern Untergruppen seien folgende Kombinationen herausgegriffen:

- Schildvulkan vom Islandtyp (Basalt) mit aufgesetztem Stratovulkan (Andesit);
- Stratovulkan, im ältern Teil lavareich (Basalt), im jüngern reich an Lockermaterial (Andesit), im Gipfelkrater mit Staukuppe;
- Stratovulkan (Andesit) mit Gipfelcaldera und Bimssteinbedeckung (Dacit bis Rhyolith).

Zu den rekurrierend zusammengesetzten Vulkanen zählt man diejenigen, die nach einer Förderung von saurem Material wieder auf ursprünglichere, flüssigere, basischere Magmen zurückgreifen, die also «primitivere» Laven ergeben. Hierher gehören die meisten Somnavulkane (Doppelvulkane), nicht aber der Vesuv, dessen Laven und Tätigkeit gerade umgekehrt als die Normalreihe verläuft und zu den inversen Reihen gehört.

In der Frage der Vulkansystematik bin ich A. Rittmann gefolgt; wer mehr Details wünscht, findet sie in lit. 8.

Andere Einteilungsprinzipien haben z. B. Mercalli (einachsige und mehrachsige Vulkane) oder v. Wolff (Doppelberge mit konzentrischer oder exzentrischer Lage der Caldera usw.).



Fig. 2. Ansicht des Vulkans Keloet mit Kratersee.

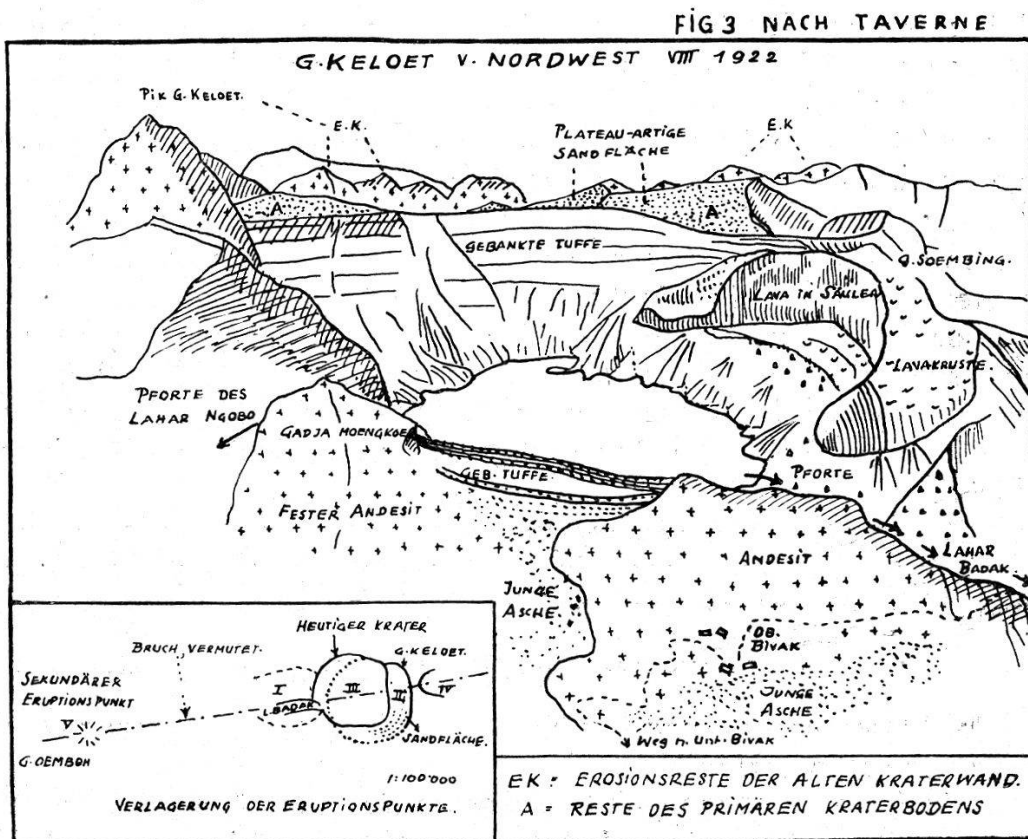


Fig. 3. Aufbau des Vulkans Keloet.

III. Allgemeines über indischen Vulkanismus.

Das Hauptmagma der indonesischen Vulkane ist Andesit, der meistens als Pyroxenandesit auftritt; ferner sind Augit- und Hypersthenandesite bekannt. Auch Basalte treten oft auf. Recht selten sind Leucitbasalte gefunden worden, welche Effusiva in Ostjava, auf Bawean und auf Südcelebes auftreten und heute zu einer Mittelsippe, der mediterranen Gesteinssippe gerechnet werden (lit. 8, Tafel S. 162).

Es folgen nun erst einige allgemeine Notizen über die Oberflächenformen.

1. Der Haupttyp ist der Tuff-Lavaschichtkegel, der schichtweise aus Asche, Tuffen, Lavaströmen und Lagergängen (Sills) aufgebaut wird. Obwohl die Schlote meistens nachweisbar auf Spalten liegen, kommen echte Spaltenergüsse wie z. B. derjenige längs der Lakispalte aus Island (1783) nicht vor.

2. Als einfachste Form der Eruption ist das Maar, der Gas-Schusskanal zu betrachten. Dieses Embryonalstadium ist nur auf Java etwas häufiger, besonders in der Gegend des Lamongan in Ostjava. Sie liegen exzentrisch im Fussgebiet des Conus und schufen bis einige hundert m breite Vertiefungen im Gelände, die heute als Seen erkennbar sind. Liegen solche Eruptionspunkte an den Flanken des Berges, so kann man sie Bocca heissen, sofern sie keinen sekundären Kegel aufbauen. Am Aetna z. B. sind viele hunderte Bokkas festgestellt; der Lamongan zeichnet sich durch wenig Bokas u. viele Adventivkrater aus. Da aber Maare und Boccas sich plötzlich öffnen können, wie die Erfahrung zeigte, so wird obiger Vulkan, dessen Umgebung reichstes Plantagenland ist, ständig überwacht.

3. Auch Lavadome wie diejenigen des Mont d'Or, des Santo Maria auf Guatemala und des Novarupta (Alaska), sind nicht häufig. Der bekannteste ist derjenige der Goenoeng Galoenggoeng bei Garoet (Java). Dieser Berg wird gebildet von einem ganzen System von alten und neuen Eruptionspunkten; im Hauptkrater — einem Kessel von über 1 km Durchmesser und 500—900 m Tiefe, in dem wie beim Papandajan die südöstliche Wand herausgesprengt ist — stieg 1918 ein Propf aus äusserst zäher Lava ca. 200 m hoch auf und verdrängte den Kratersee. Auch der Soembing hat eine ähnliche Quellkuppe (Fig. 4).

4. Lavaströme spielen nicht die Rolle wie in andern Gebieten; häufiger sind die heissen Schlammströme, Lahar oder Besoek genannt. 99% der geförderten Produkte sind Lockermassen.

IV. Die Haupttypen der Vulkane.

Die Regierungsgeologen teilen die Vulkane ein in monoconische und polyconische Typen (lit. 10).

1. **Einfache (monoconische) Vulkane.** Zu den jüngsten, von der Erosion noch wenig berührten Bergen gehören auf Sumatra z. B. der Sinaboenng, 2417 m, der Pic von Korintji, 3805 m, der Dempo,

3167 m; auf Ost-Java der *S m e r o e*, 3671 m, der höchste Berg der paradiesischen Insel, der *T j e r i m a i*, *T j k o r a i*, *S l a m a t*, 3422 m u. a. in Westjava. Die sumatranischen Kegel bauen sich vornehmlich auf mesozoischen Schichten des Barissangebirges, die javanischen meist auf tertiärem Hügelland und jungen Küstenebenen auf. Einige der Genannten (z. B. *Dempo*, *Pic von Korintji*) tragen einen Kratersee, eine in Niederländisch-Indien nicht seltene Erscheinung. Auch die Gipfelpartien dieser scheinbar so einfach gebauten Kegel zeigen oft ziemlich verwickelten Aufbau; meist sind mehrere Eruptionspunkte im Krater von verschiedenem Alter mit Adventivkratern, heißen Quellen usw. linear angeordnet, was das Vorhandensein von Brüchen beweist.

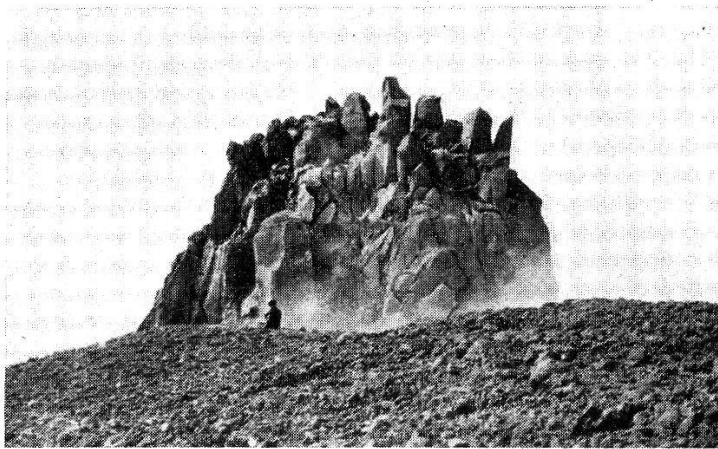


Fig. 4. Gipfel des Soembing in Nordsumatra mit «Pfropfen».

Von den beiden noch gut erhaltenen und benachbarten Kegeln im Mitteljava: *S e n d o r o* und *S o e m b i n g* erweist sich der letztere durch die Ausbildung der Erosionsgräben (*Barrancos*) und durch die Ueberlagerung der Lavaströme (Flugzeugphotos!) als der ältere. Der *R a o e n g* in Ostjava, der seit altersher in fast ununterbrochener Tätigkeit steht, zeigt einen vesuvähnlichen Krater von ca. 2 km Breite und maximal 570 m Tiefe. Ein sekundärer Eruptionspunkt im Innern errichtete 1913 einen ebenfalls an den Vesuv mahnenden ca. 160 m hohen Kegel. Zu den monoconischen Typen gehören auch die beiden gefährlichsten Javas, der 1731 m hohe *K e l o e t* und der 2963 m hohe *M e r a p i*.

Die Gefahr des überwachten *K e l o e t* (vergl. Fig. 2 und 3) (sprich *Klut*) wird durch den Kratersee bedingt, der bei Eruptionen ca. 35 Millionen m^3 siedendes Wasser, dann vermischt mit vulkanischer Asche und Lavatrümmern auswarf als Schlammströme (*Lahar*); ein solches Gemenge, das durch die Schluchten der Flanken die Ebenen am Vulkanfuss erreichte, vernichtete 1919 5500 Menschenleben und zahlreiche Kulturen. In der Ebene werden dann diese Lahars bald ausgewaschen und zurück bleibt ein Lavablockfeld, das eine Lavalawine vortäuschen kann. Der Kratersee wurde in 9jähriger Arbeit abgezapft und enthält heute nur noch ca. 1,8 Millionen cm^3 . Gleichen Eruptionstypus wie der

Keloet zeigen die bekannte Kawah Jdjen in Ostjava und der Awoe auf den Sangi-Inseln.

Wie beim Keloet, so ist auch beim Merapi (api = Feuer) keine bestimmte Periodizität feststellbar. Er liegt nördlich der Sultansstadt Djocjakarta; dieser tätigste Uebeltäter, dessen letzte Ausbrüche 1920 bis 1921, 1924, 1931, 1934—1935 erfolgten, wird auf 3 Arten gefährlich: durch Lahars, entstanden durch Abspülung der glühenden Effusivmassen in den zahlreichen Rinnen, durch Lavalawinen und durch Glutwolken (nuées ardentes). Der Krater des Merapi wird durch einen Pfropfen aus äusserst zäher Lava ausgefüllt (vergl. Fig. 4); beim Nachstossen neuer Lava lösen sich Lawinen; aus dem Bimsstein werden grosse Gasmengen frei, die über den heissen Lawinen zu Tal stürzen, sich meist mit Wasserdampf sättigen und weitherum alles verbrennen. Diese Art Glutwolke ist von denjenigen, die 1902 und 1903 am Mont Pelée auf Martinique beobachtet wurden, genetisch verschieden (lit. 7).

Uebergänge von einfachen zu zusammengesetzten polyconischen Formen bilden die bekannten «Touristenberge» Papandajan bei Garoet und Tangkoeban Prahoe (d. h. umgekehrtes Schiff) in Java. Der letztere, von Bandoeng aus leicht erreichbar und deshalb oft im Film festgehalten, bildet einen stark erodierten Doppelkrater, von dem jeder Teil einen kleinen sekundären Nebenkrater aufweist. Die Hochfläche von Bandoeng wurde vermutlich durch Seen gebildet, verursacht durch den von Lahars des Tangkoeban Pranoe gestauten Taroemfluss. Die Senke wurde dann langsam durch Schwemmmaterial aufgefüllt, der Damm später durchnagt, dadurch der See angezapft und die Ebene entwässert. Ähnlicher Entstehung sind wohl manche Hochflächen Javas.

Der Doppelkrater Kelimoeoe (Endeh, Flores) ist ähnlich gebaut und wohl eine der grossartigsten Vulkanansichten der Welt; beide Krater sind nämlich mit Seen angefüllt, wobei der eine durch Schwefelösungen grüngelb, der andere durch Ferrisalze glutrot gefärbt ist.

2. Zusammengesetzte (polyconische) Vulkane.

Ein echter Doppelgipfel ist der Gedeh-Pangerango (Westjava), die beide von hufeisenförmigen Ringwällen, den Resten früherer, grösserer Kraterwälle, umgeben sind. Vor allem der Gedeh gleicht auffallend dem Vesuv mit dem alten Wall (Somma), dem sandigen primären Kraterboden (Atrio del Cavallo) und dem sekundären Kegel, der auch im Krater tertiäre Eruptionspunkte zeigt und an einer Seite eine Lücke in der Umrandung aufweist, aus der die Lavaströme der neuen Schlotte der Tiefe zustreben. Der Pangerango ist, wie auch die benachbarte Telaga Bodas, als Nationalpark geschützt.

Doppelvulkane sind Lamongan-Taroeb und vermutlich auch der bekannte Tenggerkrater E. Soeraboja (Ostjava). An den Abhängen des letzteren gedeihen beim Höhenkurort Tosari auf 1900 m Höhe noch Mais, Bananen, Pfirsiche, Rizinus und Tabak; die Waldvegetation wird von Casuarinen gebildet. Ueber diesen zusammengesetzten Krater wird im nächsten Abschnitt noch eingehender berichtet.

3. Die Caldera.

Holländisch Indien ist das Gebiet der grossen Calderen. Ueber den Begriff der Caldera sind sich die verschiedenen Wissenszweige noch

nicht einig. Der Morphologe wird sich mit dem bekannten Namen Riesenkrater zufrieden geben, während der Vulkanologe, der in erster Linie die Genesis zu erforschen sucht, mit Recht darauf weist, dass Calderen auf verschiedene Weise entstehen können. Es darf jedoch geltend gemacht werden, dass in diesem Fall die moderne Vulkanologie, die uns zeigt, dass die Form der Vulkangebilde nichts anderes als eine Funktion der innern Mechanik und vor allem der Art des Magmas ist, das Vorrecht hat und die Erdbeschreibung sich fügen muss.

Unter Caldera versteht man heut Einbruchsformen, die direkt in einem Krater oder in einem Vulkangebiet entstehen. Der Holländer van Bemmelen bezeichnet sie als negative Vulkanformen, die durch Ausblasen von Magma unter dem Vulkankörper und dann durch Einbruch des zu schweren Herddaches entstanden sind. Dass bei der Bildung von Hohlzellen unter dem Vulkankörper auch die Schmelzwirkung der heissen, aufsteigenden Gase von Einfluss ist, wird von einigen holländischen Regierungsvulkanologen in Java stark verteidigt und ist auch bei der Katmaiexplosion in Alaska sehr schön nachgewiesen worden (vergleiche auch lit. 4). Zur Einteilung der Calderen sind drei Gesichtspunkte massgebend: die räumliche Anordnung, die zeitliche Entstehung und die Art der Bildung.

Der bis jetzt am meisten gebrauchte Name der Caldera betrifft die sog. Gipfelcaldera, die entweder zu einem bereits bestehenden Stratovulkan konzentrisch oder auch exzentrisch liegt und in deren oft über 10 km weitem Riesenschlund jüngere und meist auch kleinere Tochterkrater beobachtet werden. Dieser Typ des zusammengesetzten Vulkans kann auch Doppelberg (v. Wolff) genannt werden; neuere Forscher nennen ihn Kratertyp (Tanakadate) oder Zentraltyp (van Bemmelen). Wenn die Caldera stark exzentrisch liegt, so beginnt sich ein neuer Ausdruck durchzusetzen, namentlich weil dann auch der Einbruch über dem Massendefekt von grossen Brüchen begleitet wird: van Bemmelen und Rittmann sprechen von vulkanotektonischen Senken.

In der Regel entsteht ein Calderaeinbruch nicht bei der ersten Explosion eines Magmaherdes, ausgenommen, wenn man als Caldera auch die kleinen Maare oder vulkanischen Gräben bezeichnen wollte. Bei all den bekannten grossen Senken, am Katmai (Alaska) am Krakatau, am Bromo, am Tobasee (Sumatra) sind sie erst im Lauf der Entwicklung des Vulkangebirges entstanden. Es sind meiner Auffassung nach eigentliche Sekundärbilde, welches Merkmal bis jetzt wohl etwas zu wenig in Betracht gezogen wurde und bei der Definition berücksichtigt werden kann.

Der Entstehung nach kann ein solches — oft zirkusartiges — Becken dadurch sich bilden, dass das Dach des Herdes sich ins Innere senkt und dann dortige Hohlräume ausfüllt; sie sind Einbruchscalderas genannt worden. Oder aber das ganze Material ist in die Luft gejagt worden durch eine riesige Explosion der magmatischen Gase: Explosionscaldera. Dann kann auch erst eine Explosion den Hohlraum und den Massendefekt geschaffen haben und dann ist das Hangende durchgebrochen. All diese Fälle — und noch kompliziertere, wo Calderen mehrmals entstanden und sich gegenseitig verdecken — sind oft ausserordentlich schwer zu klassifizieren. Bei allen aber ist die Vertiefung

des Kraterbodens gemeinsam, die Depression gegenüber dem frühern Zustand.

Eine Caldera kann also definiert werden als eine vulkanische Einbruchsgrossform, die erst im Verlauf der Bildung des Vulkangebirges sekundär entstanden ist.

Die bekannteste und in manchen Lehrbüchern abgebildete Caldera Javas ist die des Tenggergebirges im Osten der Insel. Sehr wahrscheinlich ist dieses Vulkangebirge ein Doppelvulkan oder eine Doppelcaldera, entstanden aus mindestens fünf Eruptionspunkten. Nach der Bildung eines grossen, auf 4500 m Höhe geschätzten Vulkans bildete sich im Osten eine erste, eine Einsturzcaldera, die heute noch am Kamm von Ngadisari und am Tal von Sapikerep zu erkennen ist (nach van Bemmelen (lit. 2)). Nach einer neuen aufbauenden Eruptionsperiode folgte ein zweiter Einsturz, der den bekannten Sandseezirkus mit 9—10 km Durchschnitt schuf. Gegenwärtig ist der Komplex wieder im Aufbaustadium: aus der Sandseecaldera schlugen 6—7 Schloten durch, die Lava und Asche förderten und z. T. noch heut tätig sind. Der Batok ist erloschen, noch tätig sind u. a. Widodaren und der jüngste, der von den Touristen oft erstiegene Bromo.

Weltbekannt ist die Geschichte des Krakatua oder Krakatau geworden. Auch hier steht fest, dass vor der grossen Katastrophe von 1883 drei Vulkane, der Danan, der Perboewatan und der Rakata (Krakatau) anwesend waren, die bereits eine gewisse Vergangenheit aufzuweisen hatten. Nach der Katastrophe war nur noch der Rakata zur Hälfte anwesend, dafür aber eine exzentrische Höhle von ca. 7 km Durchmesser und 250—280 m Tiefe unter Meeresspiegel entstanden. Bei der Explosion und auch nach Bildung der Caldera sollen nach Verbeek ca. 18 km^3 Asche und Bimsstein ausgeworfen worden sein. Bekanntlich ist in den letzten 9 Jahren die Krakataugruppe wieder aktiv geworden und hat aus sekundärem Eruptionspunkt (dem Anak Krakatau = Kind des Krakatau) viel Gas gefördert. Man streitet sich noch heut darüber, ob die Katastrophe eine reine Explosionscaldera oder eine Einsturzcaldera geschaffen habe; aber es ist wohl ebenso müssig zu streiten, ob unter dem Gewicht der Decke die ausgehöhlte Masse des Vulkaninnern nachgibt und dann eine Explosion nachfolgt oder ob durch Ausblasungen grosse Zylinder entstehen, um die sich Einsturztrichter formen; für den Morphologen kommt es auf sehr ähnlichen Endeffekt heraus. Uebrigens hat Kemmerling (lit. 5) 1929 auf die meines Erachtens sehr richtige Feststellung hingewiesen, dass grosse Calderen meist da entstehen, wo der Vulkanschlot bereits mehrfach seinen Ort wechselte, weil die frühern Schloten verstopft wurden. Dass unter so kompliziert zusammengesetzten Vulkangebirgen eher grössere Areale mit Hohlzellenstruktur entstehen können als in der Nachbarschaft eines einzigen Schlotes, scheint ohne weiteres einleuchtend. Gerade beim Krakatau, einem der ganz wenigen Beispiele eines vor unsern Augen entstandenen Riesenkraters, war vor der Explosion zu sehen, dass aus den beiden Vulkanen Perboewatan und Danan aus sehr vielen Stellen Gas und Asche und Bimsstein ausgeworfen wurden. Die grösste Caldera vom

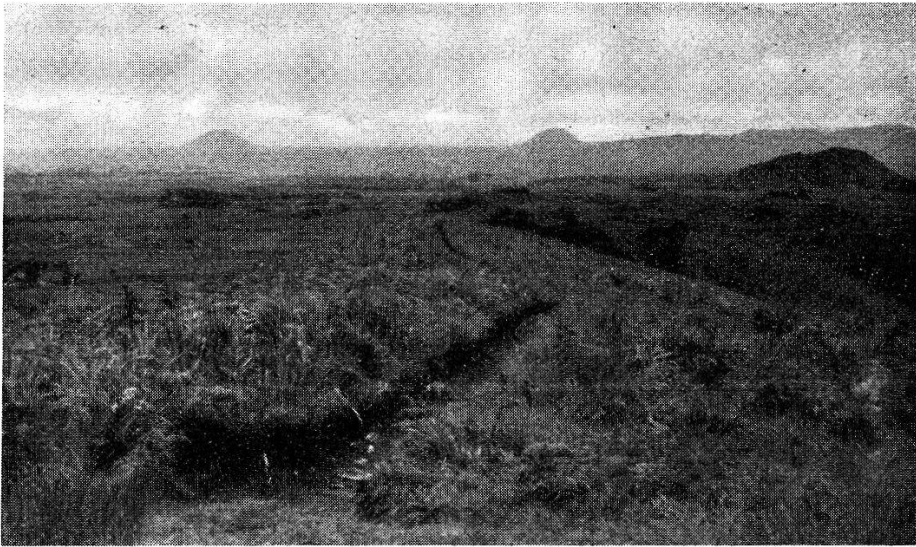


Photo Liniger

Fig. 5. Die Batakker-Hochfläche von Brastagi nach Süd; im Hintergrund alte Vulkane (Piso-Piso).

Die Entwaldung ist durch intensiven Mais- und Kartoffelbau sehr stark fortgeschritten. Neben den Feldern dehnen sich wüste Haug-Haugsteppen aus.

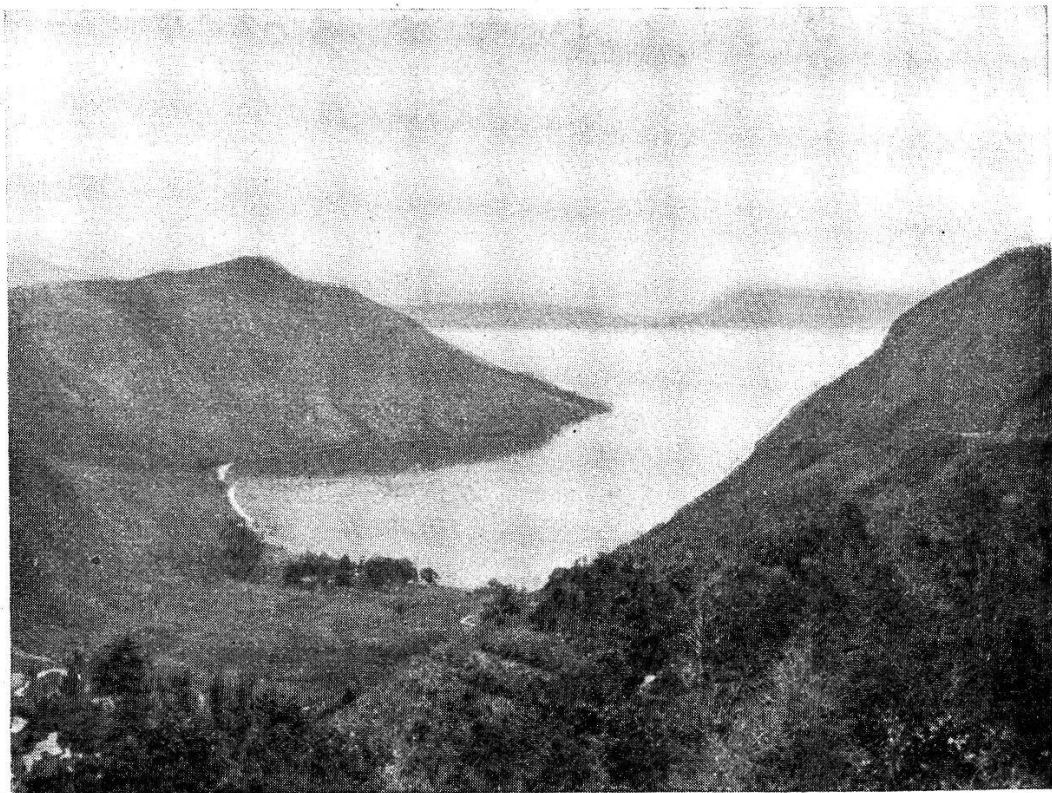


Fig. 6. Batakkerhochfläche (1250 m ü. M.) und der auf ca. 900 m liegende Tobasee (Nordende), mit der Küstenortschaft Harangaul. Im Hintergrund rechts die «Halbinsel» Samosir.

«Kratertyp» ist wohl die des Idjengebirges in Ostjava, die einen Durchmesser von ca. 15 km besitzt.

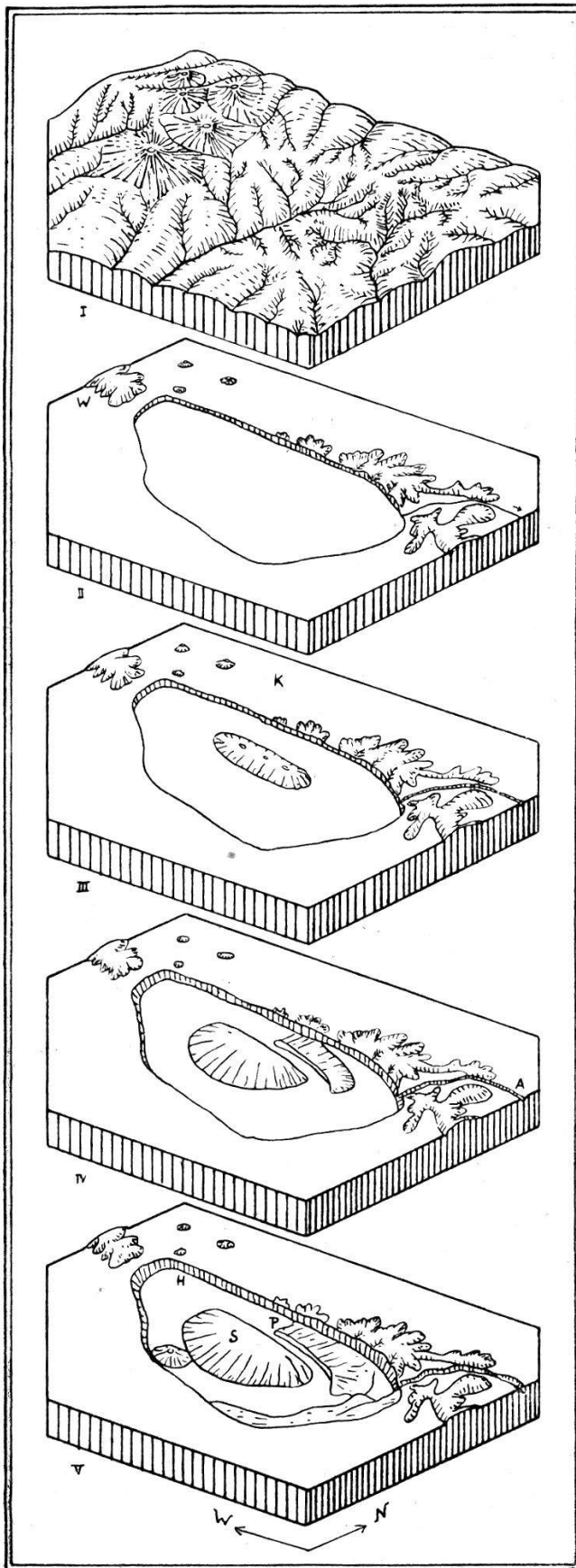
Durch neuere Untersuchungen von van Bemmelen ist nun auch der früher als rein tektonische Senke erklärte Tobasee in Nordsumatra als eine riesige Caldera, als vulkano-tektonischer Einbruch aufzufassen. Dieser See ist etwa 100 km lang, 31 km breit und umfasst eine Fläche von 2269 km². Das Seeniveau liegt 400—500 m tiefer als die gewaltige Hochebene der Batakländer, die aus liparitischen Tuffen besteht und die man beim ersten Anblick als Peneplain empfindet. Auf dem Barissangebirge sind dort rezente und quartäre Vulkane aufgesetzt, in deren Nachbarschaft dann ungeheure Massen von Tuffen in drei Perioden ausbrachen; nach der ersten und zweiten Eruption seien die Gelände des heutigen Sees eingebrochen, wobei der neue Hauptvulkan nicht weggesprengt, sondern nur eingesackt sei und heute als gekippte Scholle die grosse Halbinsel Samosir bilde. Hochinteressant ist dabei, dass van Bemmelen das Volumen des ausgeworfenen Materials ungefähr mit dem Volumen der Hohlform übereinstimmend erachtet und auf etwa 2000 km³ schätzt, eine gegenüber dem Krakatau riesige Menge, die den Tobasee als eine der allgrössten vulkano-tektonischen Senken der Erde überhaupt erkennen lässt (Fig. 5—7). Auch der Ranausee und der Gedongsurian-Einbruch in Südsumatra sind solche Senken.

Wirtschaftliche Bedeutung der Vulkane.

Der geographisch ungemein bedeutsame und vielseitige Einfluss der Vulkane erstreckt sich nicht nur auf Ausgestaltung des Landschaftsbildes und auf Formengebung weiter Gebiete, sondern ist vor allem wichtig für Klima, Pflanzendecke, Plantagenbau, menschliche Siedlungen und Verkehr. Greifen wir nur einige wenige Punkte heraus, z. B. die wirtschaftlichen Einflüsse.

Aus den mannigfaltigen klimatischen Beziehungen möge nur hervorgehoben werden, dass die Vulkankörper mit ihren porösen Gesteinen und dem dicken Urwaldmantel, dessen obere Grenze bei 3000 m liegt, für die tropischen Regengüsse, die oft bis 1000 mm per Monat betragen, gewaltige Speicher darstellen; die grossen Regenmengen, an den die Condensation fördernden 3000—3800 m hohen Vulkankegeln sind ja eine direkte Aufforderung zur Irrigation, die auf Java beim Reis- und Zuckerbau besonders nutzbringend ist und 2—3 Ernten pro Jahr ermöglicht. Die Bewässerungsmöglichkeit ist der eigentliche Grund für die Ueberbevölkerung; so gehören Java, Westsumatra und die ebenfalls vulkanreiche Minahassa (N. Celebes) zu den am dichtesten besiedelten Gebieten des Archipels.

Mancherorts wird durch Inländer in den Kraterböden (Kawah) Schwefel gewonnen. Schwefel entsteht durch Einwirkung von H²S auf H²O oder schwefelsauren Gasen (Dampf) auf H²S. Der Schwefel vermengt sich dann mit vulkanischem Schlamm wie in der Kawah Poeti (Preanger), wo der Boden des Kraters 60 % S enthält oder in der Telaga Bodas, einem riesigen Schwefelsumpf von schätzungsweise



I. Ur-Barissanberglandschaft mit Andesitvulkanen.

II. Erste Phase der Liparittuff-Eruptionen, Eindeckung der Landschaft; grosse Einbrüche bilden einen See. (Caldera I).

III. Zweite Phase liparitische Eruptionen.

IV. Zweite Bruchbildung; Formung einer zweiten Caldera innerhalb der ersten, ältern. Der Samosirvulkan zerbricht.

V. Dritte Phase von Liparit-Ausbrüchen. Gegenwärtiges Stadium. (SiO_2 gehalt des Liparits ist höher als beim Samosirvulkan).

Legenda:

W = Wilhelmina-Gebirge. K = Karo Hochfläche. A = Asahan-Ausfluss des Tobasees. S = Samosir(vulkan)halbinsel, mit Nebenvulkan Poesoek-Boekit. H = Haranggaul. P = Prapat.

Fig. 7. Morphologische Entwicklung des Tobasees.

500,000 t Schwefel. Ebenfalls in Java wird Schwefel ausgebeutet im Weliran, Tangkoeban Prahoe, auf Sumatra im Sorik Merapi, auf Celebes im Mahawoekrater.

Am Kawah Kamodjang bei Garoet in Java wird in einem Fumarenfeld Dampf erbohrt, der in elektrische Energie umgesetzt wird. Die letzten Bohrungen trafen vulkanische Dampfeservoirs in 66—128 m Tiefe an; der ausströmende Dampf enthält sehr wenig korrodierendes Gas; die Nutzwirkung einer Bohrung, deren Dampf ca. 123° C heiss ist und 5—6 Atmosphären Druck aufweist, liefert ca. 900 kW per Stunde. Bedeutsame Bohrungen auf vulkanische Dämpfe sind z. B. bekannt aus Island und Norditalien (lit. 6).

Die vulkanischen Effusivgesteine werden durch die gründliche Verwitterung ausserordentlich rasch dem Feldebau erschlossen und liefern z. B. durch ihren Phosphatreichtum nicht nur am Berg, sondern auch in den Ebenen auffallend fruchtbare Böden, die zu Pflanzungen der Eingeborenen, zu Plantagenbau grössten Ausmasses Anlass gaben. Das betrifft z. B. den Zuckerbau Ostjawas und die Tabakskultur Nordsumatras.

Literaturnachweis.

1. van Bemmelen, R. W. The origin of Lake Toba (North Sumatra). 4. Pacific science Congress. Bandoeng, 1929.
2. van Bemmelen, R. W. De Tengger-Strijavraag. Natuurkundig Tijdschrift, 1. Aflev. Deel 90, 1930.
3. van Bemmelen, R. W. De Undatie-Theorie (hare afleiding en toepassing op het westelijk deel van den Soendaboog). Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie, Deel XCII, Afl. 1.
4. Daly, J. Igneous rocks and the depth of the earth. London, 1934.
5. Kemmerling, G. L. L. De aktieve vulkanen van den Nederlandsch-Indischen Archipel in 1928/1929. Tijdschrift Kon. Aardr. Gen. 1929.
6. Rittman, A. Die Nutzbarmachung vulkanischer Kräfte. Die Naturwissenschaften. 16. Jahrgang, 1928, Heft 43.
7. id. Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen. Die Naturwissenschaften, 19. Jahrgang. 1931, Heft 51.
8. id. Vulkane und ihre Tätigkeit. Ferdinand Enke, Stuttgart, 1936.
9. Ruffen, L. M. R. Voordrachten over de Geologie van Nederlandsch-Oost-Indie. Den Haag. 1927.
10. Taverne, N. J. M. Vulkanstudien op Java. Dienst van den Nijnbouw in Nederlandsch Indie. Vulkanologische Mededeelingen, No. 7, 1926.

Neue Niederschlagssammler?

Von H. Gutersonn.

Die Messungen der jährlichen Niederschläge gehören zu den wichtigsten Aufgaben der Meteorologie und Klimatologie. Die Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt unterhält ein Netz von ungefähr 420 Stationen, an denen die Regenmenge täglich abgelesen wird. Dazu kommen 28 Totalisatoren im unbewohnten Hochgebirge. Das ist wenig