

ABHANDLUNGEN  
DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE  
DER SÄCHSISCHEN  
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

VIERZIGSTER BAND

MIT 343 SCHWARZEN UND 36 FARBIGEN ABBILDUNGEN IM TEXT  
UND AUF 48 TAFELN, 10 LICHTDRUCKTAFELN, 1 KARTE UND 1 PANORAMA

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG 1929

ABHANDLUNGEN

DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE

DER SÄCHSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

VIERZIGSTER BAND

MIT 28 SCHWARZEN UND 26-FARBIGEN ABBIUDUNGEN IM TEXT  
UND AUF 48 TAFELN, 10 LICHTDRUCKTAFELN, 1 KARTE UND 1 PANORAMA

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG 1933

## INHALT

- Nr. 1. H. Meyer, Morphologie der Virungavulkane in Ruanda, Ostafrika. Mit 1 Karte, 1 Panorama und 10 Bildertafeln. 1927.
2. F. Hayn, Der Sternhaufen Praesepe. Mit einem Anhang von H. Naumann. Mit 1 Figur. 1927.
3. H. v. Philipsborn, Beziehungen zwischen Lichtbrechung, Dichte und chemischer Zusammensetzung in der Granatgruppe. Mit 15 Figuren im Text. 1928.
4. F. Firbas und R. Grahmann, Über jungdiluviale und alluviale Torflager in der Grube Marga bei Senftenberg (Niederlausitz). Mit 14 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. 1928.
5. F. Rinne und E. Schiebold: F. Rinne, Zur Nomenklatur der 32 Kristallklassen. E. Schiebold, Über eine neue Herleitung und Nomenklatur der 230 kristallographischen Raumgruppen. Mit Atlas der 230 Raumgruppenprojektionen, enthaltend 313 schwarze und 36 farbige Abbildungen auf 46 Tafeln. 1929.

# INHALT

- Nr. 1 H. Meyer, Morphologie der Vinylenkane in Brande, Ozonolyse. Mit  
1 Karte, 1 Formel und 10 Bildtafeln. 1937.
- 2 F. Hays, Der Stenographen Prozess. Mit einem Anhang von H. Han-  
mann. Mit 1 Figur. 1937.
- 3 H. v. Philippborn, Beziehungen zwischen Lichtbrechung, Dichte und  
chemischer Zusammensetzung in der Grenzschicht. Mit 15 Figuren  
im Text. 1937.
- 4 F. Fritze und H. Grubmann, Über Jungfährten und ältere Fortlager  
in der Grotte Mergel bei Bötzenberg (Niederschlesien). Mit 14 Abbildungen  
im Text und 2 Tafeln. 1938.
- 5 F. Binnig und E. Schiebold, F. Binnig, Zur Nomenklatur der 32 Kristall-  
klassen. E. Schiebold, Über eine neue Herleitung und Nomenklatur der  
230 kristallographischen Raumgruppen. Mit Atlas der 230 Raumgruppen-  
Projektionen, enthaltend 313 schwarze und 38 farbige Abbildungen auf  
48 Tafeln. 1938.

# MORPHOLOGIE DER VIRUNGAVULKANE IN RUANDA, OSTAFRIKA

VON

HANS MEYER

---

DES XL. BANDES  
DER ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE  
DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
N<sup>o</sup> I

MIT 1 KARTE, 1 PANORAMA UND  
10 BILDERTAFELN



LEIPZIG  
BEI S. HIRZEL  
1927

429  
Einzelpreis 4 Mark





MORPHOLOGIE  
DER VIRUNGAVULKANE  
IN RUANDA, OSTAFRIKA

VON  
HANS MEYER

---

DES XL. BANDES  
DER ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE  
DER SACHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

N<sup>o</sup> I

MIT 1 KARTE, 1 PANORAMA UND  
10 BILDERTAFELN

LEIPZIG  
BEI S. HIRZEL  
1927

MORPHOLOGIE  
DER VIRLINGAVULKANE  
IN RUANDA, OSTAFRIKA

HANS MEYER

Vorgetragen für die Abhandlungen am 13. November 1926.

Das Manuskript eingeliefert am 30. März 1927.

Der letzte Bogen druckfertig erklärt am 10. August 1927.



27,43, 24058

Druck von August Pries in Leipzig.

1927 IV 1587





## Vorwort.

Die nachstehende Abhandlung ist ein erweiterter Akademievortrag, der auf Beobachtungen, Aufnahmen und Studien beruht, welche ich auf meiner fünften Ostafrika-Expedition 1911 ausgeführt und nachher mannigfach fortgesetzt habe. Es ist ein Ausschnitt aus einem Gesamtbild des ostafrikanischen Zwischenseengebietes, insbesondere des Reiches Ruanda, das weiterhin ausführlich behandelt werden wird. Ich gedenke diese Monographie im nächsten Jahr abzuschließen.

Von mehreren Seiten, namentlich von Schutztruppenoffizieren und von den „Weißen Vätern“ der katholischen Missionsstationen in Ruanda, sind mir wertvolle Nachrichten über vulkanische Vorgänge, die sich dort nach meiner Reise vollzogen haben, zugegangen. Dafür und für die mir von Männern der Wissenschaft zuteil gewordene Förderung meiner Arbeit zu danken, ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis. Ich nenne die Namen im Verlauf des nachstehenden Aufsatzes selbst.

Leipzig, 1. August 1927

Hans Meyer.

## Inhalt.

	Seite
Vorwort . . . . .	III
Inhalt . . . . .	IV
Entdeckung und Erforschung . . . . .	1
Lage und Tektonik . . . . .	2
Aktiver Vulkanismus und Beben . . . . .	4
Der große Querbruch im Zentralafrikanischen Graben . . . . .	5
Die Vulkanreihe und der Bruchrand Nord-Ruandas . . . . .	7
Die Grabensohle und ihre Granitkuppen . . . . .	8
Dreigliederung der Virungareihe. Reihungsdichte . . . . .	9
Schönheit und Größe der Virungalandschaft . . . . .	9
Arealgröße. „Phlegräische Felder“ Ostafrikas. Ausdehnung der Lava . . . . .	10
Abdämmungsseen. Hydrographisches Netz. Wasserscheide . . . . .	11
Frühere Abflußrichtungen . . . . .	13
Jugendliche Gestalten der Virungaberger. Typische vulkanische Großformen . . . . .	14
Geometrische Figuren und Profilkurven . . . . .	15
Endogene Baukräfte. Morphologische Analyse . . . . .	17
Erosion und Aufschüttung. Geologisches Alter . . . . .	18
Muhawura, Mfumbiro, Sabinjo, Mikeno. Diluviale Zerstörungen . . . . .	19
Gipfelkrater. Der Niragongo . . . . .	20
Der Namlagira . . . . .	21
Die zeitliche Abfolge der Ausbrüche. Frage der Periodizität . . . . .	21
Ausbrüche der parasitären Kegel. Jüngste Eruptionen des Katerusi-Vulkans . . . . .	23
Die petrographische Beschaffenheit und die Bauformen . . . . .	24
Monzonitischer und theralitischer Magmaherd. Schlußbetrachtung . . . . .	24
Anhang . . . . .	26



# Morphologie der Virungavulkane in Ruanda, Ostafrika.

Vortrag gehalten in der öffentlichen Sitzung der Sächsischen Akademie der Wissenschaften vom 14. November 1926.

## Entdeckung und Erforschung.

Im Innersten des dunklen Erdteiles, nahe dem Schnitt des Äquators mit dem 30° ö. L. und auf der Scheide zwischen Ost- und Westafrika erhebt sich nördlich vom Kiwusee eine gewaltige Vulkangruppe, die erst in junger Zeit entdeckt und noch wenig erforscht ist: Die Virungaberger. Über ihre Gipfel läuft heute die Grenze zwischen dem Britischen Uganda und dem Belgischen Congo. Der Name Virunga bedeutet nach v. Beringe schlechthin „hohe Berge“, nach Kandt aber „Feuerberge“ (Nr. 46, S. 72), denn zwei resp. drei von ihnen sind noch tätig bis in die Gegenwart. Nicht um kleine Kraterberge und Vulkankuppen handelt es sich hier, die sich der Aufmerksamkeit der Menschen und der Erkundung durch Reisende leicht hätten entziehen können, sondern es sind Bergriesen von 3000 bis 4500 m Höhe, also bis zur dreifachen Höhe des Vesuvs, die in einer 65 km langen Linie aneinandergereiht sind und ein Landschaftsbild von so erhabener Großartigkeit und Schönheit entfalten, wie kaum eine andere Vulkanlandschaft der Erde.

Trotzdem haben diese stolzen und teilweise noch aktiven Vulkane viele Jahrtausende ihr geheimnisvolles Dasein bewahrt und ihr gefährliches Wesen getrieben, ohne andern Menschen als den umwohnenden eingeborenen Neger- und Hamitenstämmen bekannt zu sein, denn in das Reich Ruanda, in dessen Nordprovinz die Virunga liegen, wagte sich keine Araberkarawane und keine Europäerexpedition, weil die despotischen Ruandakönige mit ihren starken, tapferen Kriegerscharen jeden Versuch, in das Land einzudringen, blutig zurückgeschlagen hatten.

Erst im letzten Drittel des 19. Jahrh. fiel der Blick eines europäischen Reisenden John Hanning Speke (1861) aus weiter Ferne auf die östlichen drei der Virunga, für die ihm der Name Mfumbiro genannt wurde (Tafel I, Abb. 1). Auch spricht er schon von einem schneetragenden Gipfel Mfumbiro (Bd. 1, S. 237—238). Die Enthüllung wurde fortgesetzt von Stanley, der 1870 das Ruandareich im Osten umging und einige weitere hohe Kegel wahrnahm, ohne ihren Vulkancharakter zu erkennen (Abb. 2); ferner von Franz Stuhlmann, der 1891 auf der Emin-Pascha-Expedition vom fernen Nordosten her die ganze Virungakette überschaute und skizzierte (Abb. 3), zum erstenmal den Namen „Virunga“ erwähnte und zuerst eine Nachricht der Eingeborenen von feurigen Ausbrüchen verzeichnete. Dem Grafen G. A. von Götzen war es vorbehalten, nicht allein 1894 als erster mit seinen Begleitern W. v. Prittwitz und H. Kersting in das sagenhafte und verschlossene Reich Ruanda einzudringen, sondern auch zuerst den Feuerberg Niragongo in der westlichen Virungagruppe bis zum Kraterande zu ersteigen und, nordwestlich davon, den in voller Eruption befindlichen

Namlagira zu entdecken, den Dr. Kersting bestieg. Götzen wandte zuerst den Namen Virunga auf die ganze Vulkankette an (Literaturliste Nr. 7, S. 162).

Nun folgten im nächsten Jahrzehnt weitere Besuche der Virungakette und partielle Untersuchungen durch Offiziere der deutschen Schutztruppe (Langheld, v. Beringe, Bette, Herrmann, Ramsay, Fonck, Schwartz, Kandt usw.), durch belgische und englische Beamte, durch Missionare der katholischen Ruandastationen, durch englische Reisende (Grogan, Scott Elliot, Moore, Wollaston usw.) und relativ am eingehendsten 1908 durch die Expedition des Herzogs Adolf Friedrich zu Mecklenburg mit seinem wissenschaftlichen Stabe, die mehrere der Hauptberge bestieg und darüber, jeder von seinem Fach aus, wertvolle Berichte erstattet hat. Sie haben am meisten zur Aufhellung der wundervollen vulkanischen Landschaft beigetragen (Literat. Nr. 28, 45 bis 48). Unter ihnen sind die vulkanologischen Beobachtungen und Aufsammlungen des Dr. E. Kirschstein besonders wertvoll; aber nur für die aktive Westgruppe, während sein anderes Material verloren gegangen ist.

Ich selbst konnte zu diesen Resultaten durch meine Expedition von 1911, auf der mich ein Topograph und ein Zoologe begleiteten, wesentliche Ergänzungen liefern, die teilweise veröffentlicht sind (Nr. 25, 26, 27), während ein zusammenfassendes Werk erst 1928 erscheinen wird.

In und nach dem Weltkrieg ist von englischen Beamten und Missionaren, sowie von amerikanischen und schwedischen zoologischen Reisenden mancherlei interessantes Neues über die Virunga beigetragen worden (Jack, Sharpe, Philipps, Barns, Akeley, Prinz Wilhelm von Schweden, Carpenter), deren wichtigste Mitteilungen den Ende 1912 in der Westgruppe entstandenen neuen Kraterberg Katerusi schildern, über dessen Ausbrüche uns schon 1913 deutsche Schutztruppler, namentlich A. Schumacher, und Missionare berichtet hatten (Nr. 55, 56, 57).

Über alle diese Beobachtungen und Untersuchungen sind zahlreiche Veröffentlichungen in Zeitschriften und selbständigen Büchern erschienen (vgl. die Literaturliste). Ein geographisches Gesamtbild ist 1917 von meinem Schüler H. Linke in seiner Dissertation (Nr. 62) entworfen worden.

Auch die kartographische Aufnahme hat nicht gesäumt, die Anordnung und die morphologischen Charakterzüge der Virungavulkane zur Darstellung zu bringen; vor allem die Karten von Hauptmann Herrmann und Oberleutnant Weiß. Ihrer aller Ergebnisse sind zusammengefaßt in der Ostafrikakarte des deutschen Kolonialamtes, Maßstab 1:300 000 von 1914, Blatt A 1, Kiwusee, und bis auf die Gegenwart ergänzt durch eine Karte meines Assistenten H. v. Wißmann in 1:50 000, deren Verkleinerung dem vorliegenden Aufsatz beigegeben ist.

Nach alledem sind wir heute wohl imstande, uns ein einigermaßen zutreffendes, obwohl noch recht lückenhaftes Bild von den Virungavulkanen in ihren hauptsächlich geographischen Zügen zu machen. Am besten sind wir jetzt nach den Arbeiten von E. Kirschstein, L. Finckh und E. Krenkel (Nr. 46, 48, 76, 77, 78) über ihren geologischen Bau orientiert. Die Morphologie ist aber bisher noch zu kurz gekommen. Ich will daher versuchen, eine Skizze von der Morphologie der Virungavulkane und von deren tektonisch-geologischer Bedingtheit zu entwerfen.

### Lage und Tektonik.

Fragen wir zuerst nach der Lage der Virungavulkane auf der ostafrikanischen Landmasse, so sehen wir sie eng gebunden an die große Störungszone des sogenannten Zentralafrikanischen Grabens. Von diesem riesigen, vom Busifluß südlich des Sambesi bis Gondokoro nördlich des Albertsees über 2700 km langen Grabenbruch, in dessen

Tiefe die Seen Nyassa, Rukwa, Tanganyika, Kiwu, Edward- und Albertsee eingebettet liegen (Nr. 77, S. 229), und von dem weiter östlichen noch längeren Großen Ostafrikanischen Graben sowie von der Küstenbruchstufe am Indischen Ozean haben uns E. Sueß (1891), Herrmann (1891), Uhlig (1907), Sharpe (1916), Stigand (1916), Gregory (1920), Wayland (1921), Dixey (1926) u. a. wertvolle Übersichten geliefert (s. Literaturliste), und schließlich hat Erich Krenkel, der das ganze Gebiet in mehreren Reisen durchquert hat, zuletzt 1914—1916, leider ohne einen Besuch der Virungavulkane, eine treffliche eingehende Schilderung dieser Gräben in seinen beiden Büchern: „Die Bruchzonen Ostafrikas“, Berlin 1922, und „Geologie Afrikas“, 1. Teil, Berlin 1925, gegeben (Nr. 76, 77).

Über die Ursache der Entstehung der großen tektonischen Gräben sind die Ansichten noch sehr verschieden. In der Hauptsache steht die Antiklinal- oder Kompressionshypothese der Zerrungs- oder Distraktionshypothese gegenüber. Jene wird vertreten durch E. de Martonne, A. de Lapparent, K. Uhlig, F. Jaeger, E. Obst, L. Kober, J. Wayland u. a.; diese durch E. Sueß, J. W. Gregory, O. Sharpe, F. Dixey, F. Koßmat, E. Krenkel u. a.; teilweise in Kombination beider Hypothesen unter der Annahme einer zeitlichen Aufeinanderfolge beider Vorgänge, so namentlich Sueß und Gregory. Ich selbst habe früher der Antiklinalhypothese beigepflichtet, bekenne mich aber nun, nachdem die weiterschreitende Forschung so viel mehr in die Probleme eingedrungen ist, zur Distraktionshypothese, d. h. zu der Auffassung, daß die Gräben entstanden sind durch Zerreißen der Erdkruste infolge von Zerrungen in der alten, starren Großscholle Ostafrika.

Auf welche Weise diese Zerrungen zustande kommen und in Wirkung treten, ist ebenfalls eine noch viel umstrittene Frage. Ich schließe mich in ihrer Deutung F. Koßmat an, der diese Gräben als Gebilde ansieht, welche im Zusammenhang mit der Faltung der mediterranen und benachbarten großen Kettengebirge „durch Spannungen entstanden sind, denen die starren Krustenteile während ihrer Bewegung zum Falten-gürtel hin ausgesetzt waren“ (Nr. 73, S. 38), so daß sie weithin aufreißen mußten.

E. Krenkel hingegen sieht die Ursache der Zerrung im Einsinken des Indischen Ozeanbeckens, das die kontinentalen ostafrikanischen Randpartien nachzieht und dadurch die beiden großen, der Stufenküste im wesentlichen parallelen Grabensysteme aufreißen läßt. Wenn Krenkel erklärt, daß „nur zerrende Kräfte klaffende Risse und Gräben schaffen können“ (Nr. 77, S. 240), so bestreitet Stille überhaupt das Bestehen von besonderen „zerrenden Kräften“ und erklärt auch die Zerrungser-scheinungen als Wirkungen des orogenen seitlichen Druckes (Nr. 88, S. 247). Krenkels „Tafrogenese“ (Tafros, griech. = Graben) läßt Stille nur als eine Unterform der Orogenese gelten, die besonders in den stabileren Gebieten auftritt (Nr. 88, S. 252).

Es scheint mir aber, daß Stilles Theorie von der rein orogenen Entstehung der Bruchgräben zu wenig die ungeheure Großräumigkeit der ost- und zentralafrikanischen Gräben und der in ihr zum Ausdruck kommenden riesigen Kräfteinheit berücksichtigt. Diesen Erscheinungen wird Koßmats Erklärung der Grabenbildung in seiner unter Nr. 73 angeführten Arbeit viel mehr gerecht.

Die Riesengröße der afrikanischen Gräben dürfte auch der Hauptgrund sein, warum man in geologischen und geophysikalischen Instituten meines Wissens noch nicht den Versuch gemacht hat, durch das Experiment der Lösung dieses Problems, die noch in sehr verschiedenen Hypothesen auseinandergeht, nahezukommen. Die tektonischen Experimente, die W. Paulcke in seinem Buch „Das Experiment in der Geologie“, Berlin 1912, zusammenfaßt, berühren das Problem der Grabenbildung ebensowenig wie die älteren Daubrée'schen Versuche.

Schon 1914 hat Johannes Walther bei Experimenten „über tektonische Druck- und Zugspalten“ (Nr. 58), wozu er einen besondern, ganz einfachen Apparat konstruiert hatte, die Überzeugung geäußert, daß die räumlichen und zeitlichen Dimensionen und Nebenumstände, die bei geologischen Vorgängen in der Natur eine so maßgebende Rolle spielen, sich nicht alle im Laboratorium nachahmen lassen. „Mit der Vergrößerung von Maßen, Raum und Zeit wachsen auch die Fehlerquellen in ungeahntem Maß, so daß ein prinzipielles Mißverhältnis zwischen den künstlichen Bedingungen, die wir im Laboratorium zusammenstellen, und den natürlichen Umständen besteht“ (Nr. 58, S. 300).

Vielleicht gibt aber die neuere vollkommeneren Technik die Mittel an die Hand, den genannten Versuch mit besserem Erfolg zu wiederholen.

Doch soll uns diese Frage hier nicht weiter beschäftigen; bleiben wir bei der Betrachtung des Zusammenhanges von tektonischen Gräben und Vulkanen.

In dieser Beziehung weist auch Krenkel, wie vorher mancher andere Forscher, nachdrücklich darauf hin, daß in Afrika, das ja nur im äußersten Nordwesten (Atlas) und im äußersten Süden (Kapland) Faltengebirge hat, ganz allein die Bruchgräben der Sitz und Entstehungsherd von Vulkanen sind, und daß am vulkanreichsten der Große Ostafrikanische Graben und seine südliche einseitige Bruchstufe sind, aus oder an denen nicht bloß das vulkanische Hochland von Abessinien mit den vielen Kraterbergen der Afarniederung, sondern auch die gewaltigen ehemaligen Feuerberge Kenia, Meru, Kilimandjaro und andere hervorgewachsen sind. Nur wenig nach steht ihm der Zentralafrikanische Graben an tertiären und quartären Vulkanen. Da finden wir die beiden großen Gruppen der Kondevulkane am Nordende des Nyassa-sees und der Virungavulkane am Nordende des Kiwusees, und dazwischen oder darüber hinaus zahlreiche vulkanische Einzelberge oder kleine Gruppen südlich vom Kiwu, östlich vom Edwardsee, zwischen Edward- und Albertsee, östlich vom Albertsee, nördlich vom Albertsee am Ende des Grabenbruches, östlich von Faschoda u. a. m. Außerhalb dieser großen Störungszonen des östlichen Afrika und mehrerer kleinerer erkennbarer Bruchgebiete des westlichen, zentralen und nördlichen Afrika (z. B. im Djebel Sirona und Djebel Avuja des marokkanischen Atlas) gibt es keine jungen Vulkane im dunkeln Kontinent.

### Aktiver Vulkanismus und Beben.

Die große Mehrzahl dieser afrikanischen Vulkane ist jungtertiär und quartär, die ältesten mitteltertiär und wenige alttertiär; nur der Kenia ist vielleicht noch älter oder doch eozän (Nr. 14, S. 105). Die allermeisten sind erloschen und nur wenige noch tätig; so z. B. eine Gruppe in der Afarniederung östlich von Hochabessinien, mehrere kleine am Rudolfsee (Telekivulkane und Andrewvulkan), der periodische Oldonyo l'Engai (Nr. 57a, 65a) und vor allem zwei der Virungaberger im Zentralafrikanischen Graben. Aus dem Ost- und dem Zentralafrikanischen Graben zählt Krenkel noch den Buru, Longonot und Meru, sowie den Kanamaharage und den Adolf-Friedrich-Kegel dazu (Nr. 76, S. 63), obwohl einige nur noch im Solfatarenzustand sind.

Wie die Genesis der Bruchzonen in Ostafrika von Osten nach Westen fortschreitet, also der westliche, der Zentralafrikanische Graben, dessen Seismizität auch gegenwärtig noch viel größer ist als die der mittleren und der östlichen Störungszone und mit den durch die negativen Schwereanomalien angezeigten großen Dichtedefekten der Tiefen ein fortdauerndes Einsinken seiner Keilschollen in die Bruchtiefe verrät, als

der jüngste der drei känozoischen Bruchgräben resp. Bruchstufen Ostafrikas anzusehen ist, so ist auch die mit den Dislokationen verbundene vulkanische Kraftäußerung am anhaltendsten in der westlichen Störungszone, also im Zentralafrikanischen Graben. Nur in ihm sind einige der Virungavulkane noch so stark aktiv, daß sie nicht bloß Dämpfe und Gase aushauchen, also sich im Solfatarenzustand befinden, wie mehrere Vulkanberge des Ostafrikanischen Grabens (Longonot, Buru und Meru), sondern von Zeit zu Zeit auch explosiv werden und Lockermassen, Lapilli und Aschen, auswerfen oder in stiller Konstanz Lavaströme ausgießen. Das tun die in der Westgruppe der Virunga beisammenstehenden großen Dreitausender Niragongo- und Namlagira und vorübergehend einige kleine Kraterkegel an ihrem Fuß, vor allem der ganz junge niedrige Katerusivulkan von 1912, worüber nachher mehr zu sagen ist (S. 23). Sie machen diese Vulkangruppe zur tätigsten in ganz Afrika.

Wenn E. Krenkel auf seinen beiden Kärtchen der Schüttergebiete Deutsch-Ostafrikas (Nr. 76, S. 85, und Nr. 78, S. 1262) Schütterelipsen tektonischer, an die Grabenbrüche gebundener Beben von Schütterkreisen vulkanischer Beben unterscheidet, muß die Zone der Virungavulkane wie die der Kondevulkane und die des Kilimandjaro-Meru die beiden Bebenarten in sich vereinen. Im Bereich der tätigen Vulkane heben sich rein vulkanische Beben deutlich von den anderen ab (s. unten S. 23). Sie gehen den starken Ausbrüchen kurz voraus und wiederholen sich während der Eruptionsphase oftmals. Eindrucksvoll beschreibt sie A. Sharpe von den Ausbrüchen des Katerusi 1912 (Nr. 60, S. 27, 29), wo sie täglich mehr oder minder stark eintraten.

### Der grosse Querbruch im Zentralafrikanischen Graben.

Warum die Virungavulkane mit ihren zwei tätigsten Feuerbergen Ost- und Zentralafrikas gerade an der Stelle entstanden sind, wo sie stehen, erklärt sich aus den besonderen Eigenschaften gerade dieses Teils der Zentralafrikanischen Bruchzone (s. Tafel III, Abb. 7 u. 8). Hier, wo der Graben in weitem und langem, nach Osten offenem Bogenschwung aus der vom Tanganyika her eingehaltenen SSO—NNW-Richtung in die SSW—NNO-Richtung, also aus der „erythräischen“ in die „somalische“ Richtung, die ja das tektonische Baubild ganz Afrikas beherrschen und uralt sind, übergeht, wird das archaische Hochland von Westruanda—Ostkongo mit seinen kristallinen Schiefen und Graniten 800—1200 m tief durchschnitten von der 30 bis 40 km breiten Grabensenke mit steilen Bruchwänden, die im Westen schroffer sind als auf der Ostseite und im Westen bis über 3000 m aufsteigen. Während nun der Zentralafrikanische Graben in seiner Nordhälfte von der Mitte des Tanganyika bis Dufile rund 1200 km weit ohne eine deutliche seitliche Abzweigung und ohne einen ihn schneidenden Querbruch verläuft — südlich davon wird der Tanganyikagraben von dem älteren Rukwa-Lukugagraben gekreuzt und nördlich davon der Albertgraben von „transverse tectonic axes“ in Unyoro (Nr. 79, S. 348) — biegt unter  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  südl. Br. der Ostrand des Zentralgrabens plötzlich in einem scharfen Knick direkt nach Osten aus, wahrscheinlich einer alten tektonischen Schwächelinie folgend, wie wir nachher (S. 18) sehen werden. Er umschließt in seiner östlichen Ausbiegung eine 85 km breite kesselbruchartige Senke (Virungasenke), um erst 150 km weiter nördlich in der Landschaft Bugansa südöstlich vom Edwardsee in den SSW—NNO-Verlauf des großen Grabens zurückzukehren und parallel mit dem Westrand weiterzulaufen.

Ähnliche plötzliche Knickungen des einen Grabenrandes oder des ganzen Grabens sind in dieser wie in den andern ostafrikanischen Bruchzonen nicht selten. Im Zentralafrikanischen Graben finden wir solche z. B. im Wangiri-Escarpment bei Wadelai und weiter nördlich im Madi-Escarpment bei Dufile, oder im Tanganyika- und Rukwagrabens am Ufipahorst; im Ostafrikanischen Graben bei der Turustufe und westlich von der Ugogoscholle u. a. m. Im großen ganzen verlaufen diese Gräben bogenförmig, aber in den Einzelteilen in geradlinigen, oft scharf geknickten Rissen, wie sie bei tangentialer plötzlicher Lösung von Spannungen in der starren Erdkruste entstehen müssen.

In der Virungazone wie im Gebiet des Nyassagrabens, des Tanganyika-, Kiwu-, Edward- und Albertgrabens begleiten den Hauptgraben rechts und links zahlreiche kleine longitudinale, seltener auch transversale Risse und offene Klüfte, die oft zum Graben hin sich abstufen und beim Einbruch des Grabens durch das abreißende Nachsinken der Seitenteile entstanden sind. Auf der Karte sind sie häufig als Betten kleiner Seen, als Durchzugstäler von Flüssen, als tief ins Land eingreifende Buchten usw. zu erkennen (vgl. die beigeheftete Karte).

In dem östlichen großen kesselartigen Querbruch des Zentralgrabens erheben sich nun am Nordfuß des steil abfallenden kristallinen Ruandahochlandes die Virungavulkane in etwa 65 km langer westöstlicher resp. westsüdwest-ostnordöstlicher Reihe.

Doch auch die im übrigen geschlossen fortlaufende Westwand des Zentralgrabens ist bei diesem Störungsvorgang nicht ohne Eingriff geblieben. Hier öffnet sich, wie ich 1911 vom Niragongogipfel aus sah, aber erst durch die Reisen der englischen Naturforscher A. Sharpe (1912) und A. Barns (1921/22) näher bekannt geworden ist, 15 km nordwestlich vom Namlagiravulkan eine ca. 10 km breite Lücke (gap, break) im Grabenrand, die über einige Staffeln zu einem weiten Talkessel mit drei kleinen Seen (Mokoto) hineinführt und von vulkanischen Lockermassen bedeckt ist. Auch westlich der Oso-Mweso-Wasserscheide hat Barns noch „ruins of crater rings“ gefunden (Nr. 84, S. 117). Allem Anschein nach ist es eine, wenn auch nur ca. 40 km lange Fortsetzung des Virungaquerbruchs nach der Westseite und im innern tektonischen Zusammenhang mit dem östlichen Kesselbruch. Entdeckt hat dieses Seenbecken Richard Kandt, als er 1902 eine westliche Umgehung der Virunga ausgeführt und den westlichen Grabenrand in der Landschaft Kischari erstiegen hatte. Er sagt nur (Nr. 23, II, S. 205): „Nach Norden dehnt sich ein Becken mit Sumpf und vier kleinen Seen, die früher ein einziger gewesen sein sollen und wechselnden Wasserstand haben. Der größte von ihnen ist der Muntaragga.“ So sind sie auch im kleinsten Maßstab auf der seinem Buch angehängten Reisekarte angegeben. Zuerst besucht hat sie A. Sharpe 1912 und deutet sie auch auf seiner kleinen Skizze der Reiseroute (Nr. 60, S. 23) an. Doch nennt er sie nicht Muntaragga, sondern Mokotoseen. Und diesen Namen, nach dem einstigen Häuptling der Landschaft, tragen sie auch auf der viel größeren Kartenskizze von A. Barns, der im Oktober 1921 diese Seengruppe von Westen her traversierte, ihrer aber nur drei festgestellt hat, während ein vierter, Magera, außerhalb der Gruppe im Lavafeld westlich des Namlagira, also im großen Graben selbst, liege (Nr. 84, S. 116 und Karte S. 124). Demgemäß hat auch H. v. Wißmann drei Mokotoseen in die große Virungakarte eingezeichnet.

Naturgemäß mußte in der Kreuzung des großen Grabens mit dem ostwestlichen Querbruch die Zersplitterung der Erdkruste am stärksten, ihre Aufspaltung am tiefsten sein und demzufolge den Magmen der Tiefe einen leichteren Ausweg schaffen als an anderen Stellen der zentralafrikanischen Störungszone. Es ist dieselbe Erschei-



nung des durch doppelte Krustenzerreiung (in meridionaler und in ostwestlicher Richtung) gesteigerten Vulkanismus, wie wir sie auch in der Kreuzung des Nyassagrabens mit dem Ruahagraben finden, wo sich die *Kondevulkane* breit und hoch aufbauen; und weiter nordöstlich in der Kreuzung des Njarasagrabens mit dem großen Ostafrikanischen Graben (Irakubruchstufe), wo aus den Gebieten stärkster Schollenzertrmmerung das seltsame „Hochland der Riesenkrater“ herausgewachsen ist. In der Virungazone aber stehen die zwei jüngsten und tätigen großen Feuerberge Niragongo und Namlagira sowie der 1912/13 nur kurze Zeit aktive kleine Katerusivulkan auf dem Boden des Zentralafrikanischen Grabens selbst, wo ihn die Linie des ostwestlichen Querbruches schneidet und die tektonischen Schollenbewegungen nach Ausweis der Erdbeben (s. S. 4) am stärksten fort dauern.

### Die Vulkanreihe und der Bruchrand Nord-Ruandas.

Vom Westrand des Zentralafrikanischen Grabens ziehen sich die Virungaberger entlang dem Nordrand des Ruanda-Hochlandes in einem 65 km langen Streifen von wechselnder Breite und haben mit ihren Erguß- und Auswurfmassen fast den ganzen Kesselbruch überdeckt. Dadurch ist eingewaltiger vulkanischer Wall aufgebaut worden, dessen Verlauf die Richtung der Bruchlinie oder richtiger gesagt des Systems von Teilbrüchen in der Tiefe anzeigt und im ganzen eine lange Reihe von einzelnen Vulkanbergen und Vulkanrcken, also ein ausgedehntes Vulkangebirge darstellt.

Die ganze Virungareihe oder Virungakette ist nur wenige Kilometer vom nördlichen Bruchrand Hoch-Ruandas entfernt. Am nächsten stehen ihm der Muhawura und der Karissimbi, am fernsten der Mikeno und der Namlagira. Alle sind aus der Grabensohle, deren südliche Peripherie 5—600 m tiefer liegt als der Nordrand Ruandas, aufgestiegen und überragen nun mit ihren Hauptgipfeln die zerschnittene Hochfläche Nord-Ruandas um mehr als 1000 m, ja bis 2500 m (Karissimbi). Keiner der großen Vulkane lehnt sich unmittelbar an die Bruchhnge des kristallinen Massivs von Nord-Ruanda an; keiner greift auf das Ruanda-Hochland selbst über, wie manche Vulkanberge im Ostafrikanischen Graben resp. der Ostafrikanischen Bruchstufe auf die dortigen Bruchrnder und die dahinterliegenden archaischen Hochländer bergreifen. Also liegen hier auch nicht Verhältnisse vor, wie sie W. Volz von West-Sumatra beschreibt, wo die Vulkane die Ränder der jungen Grabenbrüche krönen, weil die tief versunkenen und verkeilten Partien der Gräben dem Magma keinen Aufstieg über den Spalten selbst gewähren. (Volz, Nord-Sumatra, Berlin 1912, Bd. II, Kap. VII.) Zweifellos sind im Virungagebiet die geschilderten Verhältnisse ein Anzeichen dafür, daß in dieser Zone die Brüche und Spalten der Tiefe nicht durch eingeklemmte Keilschollen verrammt sind und nicht das Magma zwingen, sich seitlich auf den Rändern der Plateaus Luft zu machen.

Doch liegen, wie oben erwähnt, nordwestlich von der Virungazone jenseits des Grabenrandes in der westlichen Fortsetzung des Querbruches bei der Oso-Mweso-Wasserscheide zahlreiche „ruins of crater rings“ und Vulkankegel (Nr. 84, S. 117), sowie im Quellgebiet des Mweso mehrere kleine, nicht mit den Virunga zusammenhängende Kraterberge, die Lava ergossen (Nr. 84, S. 123; Nr. 60, S. 36) und die oben genannten drei kleinen Seen in der Mokotolandschaft mit abgedämmt haben. In der Hauptsache aber scheint die Abdämmung erfolgt zu sein durch die Auswurfmassen, die vom Namlagiravulkan und seinen Fukratern durch den Passat herbergetragen

werden (Nr. 84, S. 119). Auch östlich vom östlichen Grabenrand wird am Nordende des Bunyoni-Sees in der kristallinen Berglandschaft Ndorwa ein Lavafeld erwähnt (v. Beringe, Carpenter), das vermutlich örtlichen Ursprung hat.

### Die Grabensohle und ihre Granitkuppen.

Im Graben selbst und in dem ihn kreuzenden Kesselbruch haben die Reihenvulkane der Virunga die tief eingesunkene Graben- und Kesselsohle mit ihren Laven und Lockermassen zugedeckt und das Bodenniveau, das ursprünglich gewiß sehr ungleich und bewegt war, beträchtlich aufgefüllt, weithin ausgeglichen und zu einer mittleren Höhe von 2000 m erhöht. Aus den vulkanischen Massen ragen aber südlich vom Sabinjo und Karissimbi und weiter westlich zum Kiwusee hin mehrere steile runde Kuppen und Rücken von Granit 2—300 m hoch heraus, wie Inseln aus dem Meer. Am Südostfuß des Karissimbi sitzen sie gleichsam im Vulkankörper drinnen (Abb. 21). Es sind meist hell rötliche oder graue Biotitgranite, daneben auch Zweiglimmergranite und stellenweise Muskovitgranite; d. s. Gesteine derselben Art, wie sie, im Gegensatz zu den gneisartigen gepreßten Gesteinen Hoch-Ruandas und des östlichen Grabenrandes, in der westlichen Randzone des Ruandahochlands nicht selten die kristallinen Schiefer und die alten Quarzite, Tonschiefer usw. durchdrungen haben, und wie sie auch manche Inseln des Kiwusees (Wau, Mugarura, Idschwii usw.) zusammensetzen.

In noch größerer Zahl ragen solche Granitkuppen und -rücken im Norden der Virungamittelgruppe aus den vulkanischen Decken heraus, und wo die Lavaüberschwemmung in der Nähe des Rutschurufusses endet, setzen viele Granitrücken und Granithügelzüge diese Formation bis in die Nähe des Edwardsees fort (vgl. die Karte). Wir haben alle diese Granitkuppen und -rücken als die Gipfel und Kämme abgesunkener granitischer Schollen anzusehen, die von den jüngeren glutflüssigen Lavaströmen umflutet worden und daher in ihren peripheren Teilen zuweilen durch magmatische Einwirkungen verändert sind.

Dagegen sind im westlichen Teil der granitischen Randzone Nord-Ruandas und in den von ihr auslaufenden Granithügeln am Kiwusee (Russigari, Ruwawu, Nkama usw.) Pegmatitgänge häufig, die meist westöstlich oder SW—NO streichen und sich durch handgroße Glimmerplatten, große Orthoklas- und Turmalinkristalle, Spinelle und andere Sonderheiten auszeichnen. Auch auf den Inseln des Kiwusees, die ja nichts anderes sind als die Gipfel im Graben versunkener Schollen des alten Hochlandes, sind solche Pegmatite häufig und sehen fast an jeder Fundstelle anders aus. Ihre Mannigfaltigkeit erklärt sich hier, wie überall im altkristallinen Hochafrika und anderwärts, durch die „komponentenreiche Natur des fluiden Magmarestes, als dessen Ausscheidung in Klüften und anderen Hohlformen der Granitmassen“ der Pegmatit anzusehen ist (Rinne, Mineralogie, S. 165, 181). Wenn solche Pegmatitgänge hauptsächlich am nördlichen Bruchrand von Ruanda auftreten, wo sie alte Spalten im Granit ausfüllen, so weisen sie mit darauf hin, daß hier der wahrscheinlich tertiäre Abbruch des Hochlandes zur Grabentiefe auf einer Zone alter präexistierender Risse und Spalten erfolgt ist, wie ja junge Dislokationen gern immer wieder auf alten aufgelockerten Schwächezonen vonstatten gehen und z. B. die alten Brüche des somalischen und des erythräischen Systems in Afrika immer wieder „wie alte unheilbare Wunden der Erdkruste“ aufreißen bis in die neueste Zeit.

Ich lasse es dahingestellt sein, ob diese Pegmatite ein Seitenstück zu jenen sind, die Krenkel aus den Ganggesteinen der jüngeren Granite im Ulugurugebirge be-

schreibt. (Ber. Sächs. Akadem. d. Wissensch., 71. Bd., 1019, S. 202.) Die Ähnlichkeit des Vorkommens spricht dafür.

Auch unter den Auswürflingen der großen aktiven Westvulkane Namlagira, Niragongo und des kleinen Adolf-Friedrich-Kegels sowie unter den Einschlüssen ihrer Laven finden sich Granite und andere Gesteine, die dem Basisgebirge der Virunga entstammen und durch die Eruptionen von den jüngsten Magmen mit heraufbefördert worden sind. Kirschstein spricht von ihnen in seiner geologischen Skizze der westlichen Virungagruppe (Nr. 28, I, S. 84/85), und L. Finckh beschreibt sie (in demselben Band, S. 35—38) als Gesteine, deren Ausgangsmaterial in der Tiefe hauptsächlich Granite (Pegmatite), teilweise auch Quarzite und Phyllite gewesen sind, die durch die Einwirkung des glutflüssigen Magmas erhebliche Veränderungen erlitten haben.

### Dreigliederung der Virungareihe. Reihungsdichte.

Nicht genetisch, sondern topographisch lassen sich die Virungavulkane in drei Gruppen gliedern, von denen jede wieder drei große, über 3000 m hohe, und zahlreiche kleine Berge oder Hügel umfaßt. Verbindende hohe und niedrige Rücken, Wälle und Hügelreihen laufen von einem Berg und von einer Gruppe zur anderen und lassen, wie die von WSW nach ONO gereihten Bergriesen selbst, den Zusammenhang mit der großen Störungslinie des Untergrundes erkennen. Dazu kommen Hunderte von kleinen, aus radialen und peripherischen Spalten der großen Bergkörper hervorgewachsenen „parasitischen“ Eruptionskegeln, die sich je wieder einer der drei Hauptgruppen eingliedern und ihr Landschaftsbild auf das mannigfaltigste beleben.

In der Ostgruppe steht der Muhawura (4112 m), d. i. der „Mfumbiro“ Spekes und Stanleys, ziemlich dicht neben dem Mgahinga (3487 m) und dem Sabinjo (3654 m). Deutlich von ihnen getrennt erhebt sich die Mittelgruppe mit dem stolzen Karissimbi (4506 m), dem höchsten und oft beschneiten Hauptgipfel der gesamten Virungareihe, dem sich im Norden der Mikeno (4380 m) und der Wissoke (3660 m) angliedern. Und die von diesen noch weiter abgetrennte Westgruppe setzen die zwei großen tätigen Feuerberge Niragongo (3469 m) und Namlagira (3052 m) und der niedrige, zur Ruhe gekommene Adolf-Friedrich-Vulkan (1827 m), sowie der noch niedrigere, erst Ende 1912 ausgebrochene und bis März 1913 tätige Katerusivulkan (1700 m) zusammen; alle umlagert von zahllosen kleinen und kleinsten Trabanten.

Ihre Namen sind verschieden gedeutet und teilweise auch verschieden angegeben worden. Ich halte sie so fest, wie sie auf der amtlichen deutschen Karte in 1:300 000 Blatt A 1 stehen und wie ich sie draußen gehört habe.

Um das Nebeneinander der großen Virungaberger zahlenmäßig zu erfassen und auszudrücken, kann man ihre Achtzahl ins Verhältnis zur Länge der ganzen Vulkanreihe (65 km) setzen, und erhält dann eine Reihungsdichte von 8:65, also rund 1:8, was für Feuerberge von solcher Größe sehr viel ist.

### Schönheit und Größe der Virungalandschaft.

Eine Übersicht über die Vulkankette, wie sie sich vom Nordrand des Ruandahochlandes aus bietet, ist von unvergleichlicher Großartigkeit und Schönheit. Es war das höchste Erlebnis in meiner ganzen Expedition von 1911, als wir, nach mehrwöchigem Wandern über das östliche und nördliche Ruandahochland, von

der auf freiem Bergsporn gelegenen katholischen Missionsstation Ruasa aus mit einem Male die Ost- und Mittelgruppe der Virungaberger in strahlender Klarheit vor uns aufsteigen sahen. (Vgl. die Abbildung der Ostgruppe, Nr. 10, und das große Panorama, rechte Hälfte.) Die Westgruppe war durch Vorberge verdeckt, verriet jedoch ihre Anwesenheit durch zwei himmelhohe weiße Eruptionswolken. Vor uns aber standen sechs neben- und hintereinander gereihte Kolosse in edelster Vulkanform, und in der Mitte das hochhehre Schneehaupt des Karissimbi (Abb. 9, 15, 17).

Um Einzelheiten von den Bergen zu unterscheiden, war die Entfernung noch zu weit. Aber gerade darum traten die großen Formen und Linien, die durch das Ganze gehende Einheitlichkeit des vulkanischen Baues, die Harmonie von Form und Farbe um so eindrucksvoller heraus. Es ist ein eigener Stil, in dem Zyklopen bauen; und wieder wie auf meinen Reisen in Japan, im Malayischen Archipel, im andinen Südamerika etc. habe ich es hier tief empfunden und erkannt, daß es eine besondere Ästhetik der Vulkanformen gibt, deren Hauptelemente die Symmetrie der Berggestalt, der edle Schwung der Konturen, der Linien- und Formenrhythmus in der Vulkanlandschaft, die „klassische“ Architektur gegenüber der „romantischen“ der Urgebirgsformen, die Ähnlichkeit mit großen menschlichen Kunstbauten sind, und zu alledem die Vorstellung von den gewaltigen Kräften, die solche Riesenberge in relativ kurzer Zeit aufgeschüttet haben, und von ihrem Zusammenhang mit den geheimnisvollen Tiefen des Erdinnern. Ein jeder dieser Bergriesen ist, trotz ihrer vulkanischen Familienverwandtschaft, eine ausgeprägte Persönlichkeit von eigenem Aussehen und Charakter, die zu erfassen und in Wort und Bild festzuhalten eine höchst reizvolle Aufgabe des reisenden Geographen ist.

Auch vom westlichen und vom östlichen oberen Grabenrand aus öffnet sich vor dem Beschauer ein wundervolles, großartiges Vulkanbild. Von Westen her schildert es begeistert Richard Kandt (Nr. 23, II, S. 216/217), von Nordosten her H. Carpenter, der 1916 dort gestanden hat und darüber schreibt (Nr. 91, S. 56): „Von der Kante der Grabenwand, die das große Bruchtal begrenzt, ist die Aussicht in ihrer immensen Großartigkeit zuerst überwältigend. Man blickt hinweg über eine weite flache Talebene, die etwa 2000 Fuß unter einem liegt und in der Ferne von einer ganz ähnlichen Grabenwand begrenzt ist, in das Belgische Territorium hinein, verschwimmend im heißen Dunst. Aus dem Grund der Talebene erheben sich zahllose kleine vulkanische Kegel und Hügelrücken von allen Größen bis hinauf zu den Riesen, die die Virungakette bilden, einige noch tätige Vulkane und bis zur Höhe von 16000 Fuß über Seeniveau aufsteigend.“ Und ebenfalls von einem nordöstlichen hohen Standpunkt aus das Panorama überschauend ruft E. T. Philipps 1923 begeistert aus: „Der Atem stockt einem vor Bewunderung und Erstaunen. Der Himmel selbst scheint erfüllt von dieser Unermeßlichkeit“ (Nr. 87, S. 235).

### Arealgröße. „Phlegräische Felder“ Ostafrikas. Ausdehnung der Lava.

Die mächtigen vulkanischen Flächen, die sich nördlich und südlich der großen Vulkankette in der Grabenniederung ausdehnen (vgl. die Karte), haben eine Arealgröße von rund 4800 qkm, was ungefähr der Fläche von Braunschweig und Lippe entspricht. E. Kirschstein hat nur rund 3000 qkm errechnet (Nr. 46, S. 64), was nach der neueren Kenntnis der Dinge zu wenig ist.

Diesen riesigen Feldern von Laven und Tuffen wird ein vielbewegtes und vielgestaltiges Relief verliehen durch die vielen Hunderte von kleinen, über die

wellige Fläche zerstreuten Ausbruchskegeln und Kratern, von vereinzelt lavaumflossenen Granitkuppen, von langen Lavawällen und -wülsten, von klaffenden Spalten wie in Gletschern, von vielgliedrigen Tuffstufen, von Anstauungen der Fladen- und Blocklaven u. a. m. (Abb. 13). Wo sie noch jung und kahl sind, wie im Ufumbirogebiet der Nordostseite, sind sie ins große erweiterte „Phlegräische Felder“ Ostafrikas. Gegen die weit überwiegenden geflossenen sog. rheumatischen Massen, die sich als Decken oder als Lavaströme ausgebreitet haben, treten die von Explosionen herrührenden lockeren Aufschüttungen, die sog. klastischen Massen von Lapilli, Schlacken, Sanden, Aschen, Bomben, Blöcken u. dergl. sehr zurück. Aber die feinsten und leichtesten vulkanischen Asche- und Staubteilchen sind besonders im Westen verbreitet, wo sie bei den Ausbrüchen des Niragongo, des Namlagira und ihrer Fußkegel in großer Höhe vom östlichen und südöstlichen Passatwind nach W und NW getragen werden und bis über 150 km weit jenseits der Grenzen des Vulkangebietes im kongostaatlichen Nachbarland niederrieseln (s. S. 22).

Die gewaltige vulkanische Aufschüttung auf der Grabensohle, die den Boden immer mehr erhöht, ist sehr verschieden dick, je nach der Höhe des Untergrundes und nach der Ergiebigkeit der Ausbruchsstellen. Vom Fuß der großen Kegelberge bis zu den innern Abhängen des Bruchgrabens ist die Aufschüttung dicker um die Ost- und Mittelgruppe herum als um die Westgruppe, weil um die ersteren, die ohnehin älter sind als jene, der Raum kleiner und die Laven saurer, also dickflüssiger sind als um die Westgruppe, wodurch sie schneller aufgestaut werden. An der Peripherie liegt die primäre Basis im Osten bei 1900 m, im Süden bei 1800, im SW (Kissenji) bei 1500, im NO bei 1800, im N (Rutschuru) bei 1350, im NO bei 1200 m; der Fuß der großen Kegelberge aber in der Ost- und Mittelgruppe bei 2300 m, in der Westgruppe bei 2100 m. Somit können wir die Dicke der Aufschüttung um die großen Vulkanberge herum auf durchschnittlich 600 m bemessen.

Wie im Westen, Süden und Osten die Grabenwände, so ist im Norden der Rutschurufluß, im SW der Kiwusee die Grenze der Lavaüberflutung (s. die Karte). Am Kiwusee schiebt sich die Grenze aber immer weiter nach S vor, denn die jungen, sehr ergiebigen Ausbruchsstellen im Vorland des Niragongo, wie jüngst der neuentstandene Katerusivulkan, wälzen ihre Lavaströme immer weiter in den Nordzipfel des Sees hinein und füllen die Nordbucht allmählich ganz aus (s. S. 23).

### Abdämmungsseen. Hydrographisches Netz. Wasserscheide.

Eine unmittelbare, im Landschafts- und Kartenbild des Virungagebietes auffallende Folge dieser vulkanischen Aufschüttungen ist die Abdämmung und Anstauung der Gewässer zu Seen verschiedener Größe und Gestalt. Es sind ihrer im Vulkangebiet und in seiner nächsten Nachbarschaft 2—3 Dutzend, und gerade sie tragen zur morphologischen Belebung des Landschaftsbildes viel bei. Der größte ist der 1460 m hoch liegende Kiwusee mit 2630 qkm Fläche, wovon 290 qkm Inseln sind. Er ist also fünfmal so groß wie der Bodensee. Tief eingebettet in den Zentralafrikanischen Graben, „wie eingezwängt in ein Netz von Bruchlinien“, umrahmt von 2000—3200 m hohen vielgestaltigen Bergrücken und -kuppen, reich an waldigen Inseln und Halbinseln und gegliedert in Hunderte von weit ins Land greifenden riasartigen Buchten („ertrunkenen“ Talmündungen), ist er zweifellos der schönste See Afrikas (Abb. 7, 29 und 36).

Viele kleinere Süß- und Salzwasserbecken sind namentlich im Osten der Vulkanreihe verstreut, wo das Gelände nach dem Grabenrand hin niedriger als weiter westlich ist und mehr Zuflüsse vom Hochland Mpororó-Ndorwa empfängt. Demgemäß hat das hydrographische Netz des Virungagebietes seine Wurzeln im Osten und Südosten, von wo es sich nach der allein offenen Nord- und Nordwestseite des Grabenbodens ausdehnt; mit einziger Ausnahme des Mkungaflusses, der, ebenfalls aus Südosten kommend, das Ruandahochland nach Süden durchbricht. Man hat (v. Beringe) hier, wo der Luhondo- und der Mulerusee noch in unserem ehemaligen Schutzgebiete liegen, von einer „Seenplatte“ des Vulkangebietes gesprochen, was ganz unzutreffend ist, da es hier weder eine durch glaziale Abtragung oder durch Moränenschutt geschaffene Platte gibt, wie in Norddeutschland oder in Kanada, noch so gestaltete Seen wie dort.

Diese Seen (Luhondo, Muleru, Tschahafi, Mutanda usw.) sind lauter Abdämmungsseen, in denen die vorher in Bächen und Fließchen fließenden Gewässer durch Schollenverschiebungen, durch Lavaströme und Tuffanhäufungen aufgestaut sind, bis sie sich in den Stauwall eine Abflußrinne eingeschnitten haben. Oft ist man verblüfft über ihre Ähnlichkeit mit den künstlichen Staueisen der Talsperren in den europäischen Mittelgebirgen. Ob auch der östlich des Mulerusees in der Landschaft Ndorwa sich lang hinstreckende ungemein buchtenreiche Bunyonisee durch Lava an seiner Nordküste abgedämmt ist, wie es nach Angaben von v. Beringe und A. Carpenter (Nr. 91, S. 55) scheint, muß noch genauer untersucht werden. Wahrscheinlicher ist es, daß er einen longitudinalen Seitenbruch im Ndorwahochland einnimmt. Aber ein lokaler Lavaerguß mag bei der Abdämmung mitgewirkt haben (s. S. 8).

Über das ganze Vulkangebiet zerstreut sind dagegen viele Miniaturseen, Weiher und Tümpel, die ihre Gewässer in erloschenen Kratern kleiner und großer Vulkanberge oder in Explosionstrichtern von „Vulkanembryonen“ (Branca), also in Maaren angesammelt haben, oft ohne Abfluß und etwas salzig sind und in ihrem Wasserstand jahreszeitlich sehr schwanken.

Das fließende Wasser aber ist ein sehr untergeordnetes Element im Landschaftsbild der Virunga, und seine morphologischen Wirkungen sind sehr gering. Freilich sind die großen Vulkankegel von den täglich auf ihren Höhen niedergehenden Regengüssen vielfach zerfurcht und zertalt; ja die beiden ältesten, der Sabinjo und der Mikeno, sind durch die Erosion des fließenden Wassers, und wahrscheinlich auch durch diluviale Gletscher (s. S. 19), in gewaltige Vulkanruinen verwandelt. Aber in den weiten Ebenen am Fuß der Berge, wo sich der abgeschwemmte Schutt ausbreitet, wo Tuffschichten und Lavadecken tausendfach zerklüftete und lockere, wasserdurchlässige Massen darstellen, verschwinden die Gewässer schnell im Boden und treten erst an entfernten, tieferliegenden Stellen über undurchlässigen Böden als Quellen zutage, um als Bäche weiterzufließen. Erst an der Peripherie des Lavagebietes sammeln sie sich zu kleinen dauernden Flüssen, die auch die größeren Seen entwässern, im Norden zum Rutschuru, der dem Edwardsee zuströmt, im Süden zum Mkungwa oder Mkunga, der in den Njavarongo-Kagera mündet. Ihre vielen Schnellen und Fälle in dem oft wechselnden Gestein bekunden ihr jugendliches Alter. Nur die Südhänge der westlichen Vulkanberge entsenden ihre sehr geringen Wasser zum Kiwusee und damit zum Kongo, während das ganze übrige Vulkangebiet über den Nord- oder den Südweg sich zum Nil entwässert. Also eine sekundäre Wasserscheide innerhalb des Nilsystems ist die Virungakette.

Aber die Wasserscheide zwischen Nil und Kongo ist nicht der große Vulkandamm der Virunga, wie man oft hört, sondern der Westrand des Zentralafrikanischen Grabens und die Einzugsgrenze des Kiwusees im Norden und Osten, die nirgends weiter als 20 km vom See entfernt liegt.

### Frühere Abflußrichtungen.

Zweifellos gingen vor dem Aufbau der großen Vulkanschwelle die Abflüsse Nord-Ruandas und der Mkungafluß direkt nach Norden in die Grabentiefe und weiter zum Nil, vielleicht erst nach Durchfluß durch einen großen See der Grabensohle; und wenn das nicht, dann unter immer weiterer Abdrängung nach dem östlichen Grabenrand durch die wachsenden Virungavulkane. Auch der Njavarongo, der jetzt bei Mutego (Katikawisifähre) in einem tektonisch und orographisch unverständlichen scharfen Knick nach SO sich wendet, ist sehr wahrscheinlich einst durch das daselbst einmündende Mkungatal nach Norden geflossen, bis er mit dem untern Mkunga (oder Mkungwa) durch den Aufbau des großen Vulkanriegels nach der entgegengesetzten Richtung abgelenkt wurde, also eine „Reversion“ erlitten hat.

Und so gewiß auch der Abfluß des Kiwusees. Vermutlich hat an dieser Stelle schon vor dem Aufbau der Vulkankette ein See in der Tiefe des Grabens gelegen, der, wie schon vorhin bemerkt, sich vielleicht auch über den Boden des nachmaligen Virungagebietes ausgedehnt und die von den Grabenrändern abfließenden Bäche gesammelt hat. Wahrscheinlich hat dieser See im Norden mit dem Edwardsee, der ebenfalls auf der Grabensohle liegt, zusammengehungen, worauf auch die Identität der Wasserfauna beider Seen und das massenhafte Vorkommen von Muscheln, die den beiden Seen gemeinsam sind, in der heute trockenen Grabenebene zwischen den Seen hinweisen. Diese nordwärts gerichtete Entwässerung des alten Kiwusees wurde erst durch das Entstehen des Virungavulkanriegels verhindert, seine Wassermasse zu höherem Niveau angestaut, seine seitlichen Talmündungen unter Wasser gesetzt, und der See schließlich gezwungen, sich an dem relativ niedrigsten Südrand einen erosiven Ausweg zu suchen, der nun seine Gewässer durch den Russissifluß zum Tanganyika und Kongo führte. Daß der Kiwusee noch vor 20 Jahren nach Norden entwässerte, wie Krenkel angibt (Nr. 77, S. 232), ist unmöglich, da weder die älteren Reisenden etwas davon berichten, noch die heute noch lebenden älteren Eingeborenen etwas davon wissen. Die irrige Angabe geht auf Gregory (Nr. 14, S. 268) zurück, der eine Mitteilung J. Maurys falsch zitiert hat. Maury schreibt nämlich (Nr. 54a, col. 256), daß neben den 8 großen Vulkanen viele kleine über das Gebiet verstreut seien, worunter als jüngster der Jubilé-Vulkan, der 1905 entstanden sei und noch Fumarolen enthalte. Offenbar ist der Adolf-Friedrich-Kegel damit gemeint. „Alle diese Schlünde (bouches) haben ihre Lavaströme über die Umgegend ergossen . . ., und diese Eruptionen haben grundlegende Änderungen im hydrographischen System herbeigeführt . . ., so die Bildung des Kiwusees, dessen Boden ehemals das Tal des Rutschuru-Oberlaufes gewesen ist, und vieler kleiner Seen am Fuß der Vulkane“. Also sagt Maury kein Wort davon, daß der 1905 entstandene Jubilé-Vulkan allein den Abfluß des Kiwu nach Norden verbaut hätte.

An all diesen Änderungen des hydrographischen Netzes im Virungagebiet und seiner Nachbarschaft werden auch andauernde Verschiebungen, Hebungen und Senkungen der Bruchschollen im großen Graben und den benachbarten Hochländern wirksam mitgearbeitet haben.

## Jugendliche Gestalten der Virungaberger. Typische vulkanische Großformen.

Im Gegensatz zu den tiefeingeschnittenen Flußtäälern Hoch-Ruandas, der ungemein reichen Gliederung der Kiwuküsten durch „ertrunkene Talmündungen“, durch viele tief eingreifende Riasbuchten (Abb. 36) und ausspringende Halbinseln — sie alle mit stark zertalten Hängen und Randrücken —, sind die Vulkane der Virungagruppen zu allermeist noch wenig von den Gewässern und von den zerstörenden atmosphärischen Kräften angegriffen, obgleich die Niederschläge zweier Regenzeiten und fast alltäglicher Steigungsregen an ihnen arbeiten. Die Vulkane erweisen schon dadurch ihr wesentlich jüngeres Alter gegenüber dem Einbruch des großen Grabens und dem Beginn des neuen Erosionszyklus im Ruandahochland.

Zufolge ihrer geologischen Jugend (meist spättertiär und quartär) hat die große Mehrzahl der Vulkane noch eine jugendliche, teilweise sogar ganz intakte Körpergestalt. Nur wenn man an ihnen selbst emporsteigt, bemerkt man im Einzelnen allenthalben die kräftigen Spuren des ab rinnenden und erodierenden Wassers. Dank dem die meisten Vulkanberge bis ca. 3000 m Höhe umhüllenden Schutzmantel von Urwald und dichtem Unterwuchs ist auf ihnen die flächenhafte Abspülung, die von einem hier nicht näher zu erörternden äquatorialen Klima genährt wird, viel geringer als die radiale Tiefenerosion. Oft sieht ihre Kegeloberfläche aus wie ein gefalteter Lampenschirm. An den beiden noch aktiven, westlichen Vulkanen Niragongo und Namlagira, die wegen ihrer großen Jugend noch wenig Wald tragen, werden die von den Regengüssen gerissenen Wunden immer wieder durch neue Laven, Schlammmassen und Aschen zugedeckt und verheilt.

So finden sich unter den Virungabergen alle typischen vulkanischen Großformen von Spitzkegeln, Stumpfkegeln, Pyramiden, Schilden, Domen usw. Auch hier haben wir, wenn wir von Vulkankegeln sprechen, natürlich nicht an mathematische Kegelformen zu denken, sondern an mannigfach modifizierte „kegelähnliche“ Gleichgewichts- oder Abrollfiguren, wie sie später (S. 15, 16) beschrieben werden. Nur in seltenen Ausnahmen kommen wirkliche Kegel vor. So ist ein modellartiger kraterloser Spitzkegel der 4506 m hohe Karissimbi, der höchste der ganzen Virungareihe (Abb. 9, 14 bis 17), während Stumpfkegel mit Gipfelkratern vier gezählt werden: Muhawura (4112 m), Mgahinga (3487 m), Wissoke (3660 m) und Niragongo (3469 m), außer den vier Nebenkratern des Karissimbi und des Niragongo. Ein Schildvulkan mit Gipfelkrater ist der Namlagira (3052 m). Der Sabinjo (3654 m) und der Mikenö (4380 m) sind unregelmäßig pyramidenförmige Vulkanruinen, deren durch Explosionen, Einsturz und namentlich durch atmosphärische Kräfte, wahrscheinlich auch durch einstige Vereisung, zerstörte Gipfelregionen die ursprüngliche Kegelform nur noch ahnen lassen (Abb. 12, 18, 19).

Berechnet man die relative Höhe auf 2243 m in der Ostgruppe, 2700 m in der Mittelgruppe, 2137 m in der Westgruppe und vergleicht damit die relative Höhe der höchsten Vulkanberge im Gebiet des Ostafrikanischen Grabens, des Kilimandjaro (5100 m relative Höhe), des Kenia (3300 m), des Meru (3000 m), so ergibt sich, daß die Virungaberger als vulkanische Bauten längst nicht so hoch und so mächtig sind wie jene; aber in der Großartigkeit ihrer Reihung, in der Mannigfaltigkeit ihrer Formen und ihres Alters und in der Schönheit ihres Gesamtbildes haben sie unter den afrikanischen Vulkanen nicht ihresgleichen.

Der großen Mehrzahl nach sind sie einfache Vulkane, wenn auch mit vielen parasitären kleinen Flanken- und Basiskegeln. Keiner stellt einen Zwillingvulkan



dar, weder innerhalb einer großen Caldera noch außerhalb, wogegen zwei als Drillinge anzusprechen sind: der Karissimbi und der Niragongo. Bei beiden erheben sich auf einem älteren breiten Unterbau von ca. 2800 m Höhe, der am Karissimbi sich als ein ausgedehntes Plateauschild namentlich nach Osten erstreckt und die Hauptmasse dieses Vulkanbaues ausmacht (Abb. 14), drei Kraterberge verschiedenen Alters und verschiedener Höhe (Abb. 16, 22 u. Karte). Ihre Dreigliedrigkeit ist entstanden durch die Verschiebung der Eruptionsachse infolge von Verstopfung des anfänglichen Hauptschlotes, worauf sich nacheinander je zwei Seitenkrater gebildet haben, die allmählich den ältern Eruptionskegel überstiegen oder neben ihm nach einmaliger luftschaffender Explosion untätig liegengelassen sind (Südkarissimbi); also ein ganz ähnlicher Vorgang wie am Ätna, am Cotopaxi, am Kilimandjaro und vielen anderen großen Vulkanen.

Dabei ist die gewöhnliche Reihenfolge der eruptiven Stadien im vulkanischen Zyklus auch hier eingehalten, nämlich zuerst „Arealeruption“, die flächenhaft verläuft, dann „Lineareruption“, die aus Spalten vor sich geht und lange Rücken oder Reihen schafft, und drittens „Zentraleruption“, die aus einem Zentrum oder Schlot erfolgt und Einzelberge aufbaut.

Alle Virungaberger sind **Stratovulkane**, außer vielleicht dem am meisten zerstörten und aufgeschlossenen Sabinjo (Abb. 12), den man mit Kirschstein wohl als einen Massenvulkan, als eine Quellkuppe großen Formates ansehen kann. Er harret noch der Untersuchung. An allen anderen ist stellenweise die Schichtung der lockeren Auswurfmassen (Abb. 20) und die Bankung der übereinander geflossenen Lavaströme wundervoll durch Erosion aufgeschlossen. Auch der Mikeno, dessen gewaltiger zentraler Felsturm (Abb. 18, 18) zweifellos der erhalten gebliebene Kern des ehemaligen Eruptionsschachtes ist, offenbart sich im übrigen allerwärts als ein Stratovulkan; und der jüngste und westlichste, der Namlagira, stellt sich als ein Stratovulkan aus sehr überwiegenden Lavaströmen dar, denen sich erst in jüngerer Zeit lockere Auswurfmassen zwischen- und aufgelagert haben. Ein gleiches gilt vom Niragongo. Auf ihm wie auf dem Namlagira sind die leichten Aschen, Sande und Lapilli hauptsächlich auf der Westseite infolge von Verwehung durch den Passatwind abgelagert, wodurch die Form dieser Berge stark beeinflußt ist.

## Geometrische Figuren und Profilkurven.

Für die geometrische Figur und für die Profilkurven der Virungaberger kommen die Untersuchungen, die von J. Milne (1878), G. F. Becker (1885), F. Auerbach (1901) und G. Linck (1907) an großen Vulkankegeln der Erde und an künstlichen Aufschüttungskegeln angestellt worden sind, vielfach erklärend in Betracht. (Vgl. das beigeheftete Panorama.) Es handelt sich bei den Ergebnissen dieser Untersuchungen in der Hauptsache um Gleichgewichtsfiguren und Abrollfiguren und um die sog. Maxwell'sche Wahrscheinlichkeitskurve, die, kurz gesagt, oben konvex und unten konkav ist (Nr. 41, S. 100, 101, 108). Daß das experimentelle Schema nur für die Aufschüttung von Lockermassen gilt und daß diese eine andere Figur bilden als Berge aus überwiegenden Lavaströmen oder aus Schlammgerinnen, hat Linck selbst wiederholt betont, geht aber auf solche Modifikationen nicht ein (S. 104) und weist nur kurz darauf hin, daß „in der Natur die Vulkane nicht immer unserm schematischen Bild entsprechen“ (S. 103). Das betont auch K. Sapper in seiner unter Nr. 49a genannten Arbeit und anderwärts. Am meisten scheint mir die Becker'sche Auffassung (Nr. 4) zuzutreffen, daß ein durch Eruptionen aus einem

Schlot hervorgegangener Vulkankegel nicht mit einem Haufen von Brocken und Körnern, wie sie das Experiment verwendet hat, vergleichbar ist, sondern als eine durch ihr Lavagerüst, ihre harten Ganggesteine und ihre zusammengebackenen Aschen verfestigte Masse gelten muß, die nach dem Ausbruch lockerer Lapilli und Aschen von einem „kinetischen Mantel“ teilweise umhüllt wird; dieser aber geht allmählich durch Druck, Wasser und chemische Einwirkungen in den „statischen Kern“ über.

J. Milne aber ist am Ende in seinem Verzicht, die zahllosen Formen und ihre Ursachen auf eine gemeinsame Formel zu bringen, so weit gegangen, daß er erklärt: „The task of unravelling their complications becomes quite hopeless. In cases like this mathematical investigation helps us to obtain a clearer idea of an action, but it seldom can be made to measure it. We fall back upon opinions, observations and common sense“ (Nr. 3, S. 514).

Die Natur ist eben auch hier zu vielfältig, als daß sich die wechselnden Verhältnisse in dem Aufbau eines Vulkankegels in eine mathematische Formel von konstanter Gültigkeit zwingen ließen. Je nach der Art des ausgeworfenen Materials, nach der Zahl und Dauer der Ausbrüche, nach der Mitwirkung von Wind und Wasser bei den Eruptionen, nach den Pausen zwischen den Ausbrüchen, nach dem Grad der Verwitterung u. a. m. wird auch die geometrische Figur und die Profilkurve eines Vulkans verschieden sein und sich zeitlich ändern müssen. Aber im allgemeinen kann man für die Virungavulkane sagen, daß die Kurve ihrer Gehänge nach außen konkav ist, wenn der Berg überwiegend von groben Auswürflingen und dickflüssigen Laven aufgebaut ist, die sich nahe um den zentralen Ausbruchschlot anhäufen und nur wenig weit an den Hängen abrollen oder abfließen und so den Zentralkegel immer höher auftürmen, bis entweder der Magmaherd seiner Erschöpfung entgegenggeht, oder bis der Gasdruck sein Maximum erreicht hat, oder bis durch Flankeneruptionen dem Zentralschlot das Aufbaumaterial entzogen wird, oder bis mehrere dieser Ursachen zusammenwirken. Diese Grenze für das Höhenwachstum der vulkanischen Aufschüttungen, die nach der Beschaffenheit des Aufbaumaterials und nach der Art und Dauer des Aufbauprozesses sowie nach dem Maß des durch Explosionen und Einsturz herbeigeführten Abbaues der Gipfelhöhe schwanken wird, möchte ich die „obere Wachstumsgrenze“ der Vulkane nennen, die mit der das Niveau der „Gipfelur“ bestimmenden „oberen Denudationsgrenze“ der vulkanischen und nichtvulkanischen Gebirgsstöcke in Vergleich gestellt werden kann.

Je dünnflüssiger die Laven und je feiner und lockerer die Auswurfsmaterialien sind, desto mehr breiten sie sich vom zentralen Schlot in die Weite aus, desto mehr werden die Böschungen und Profilkurven geradlinig oder konvex (s. das Panorama). Von den Virungabergen hat nur der Namlagira ein solches konvexes, hyperbolisches Profil; nur er ist als Ganzes ausgesprochen schildförmig (Fig. 27) bis auf seine ungeheuer weit ausgedehnte, aus dünnen Lavadecken und pulverigen Aschen bestehende Basisfläche, die geradlinig oder gar flach konkav verläuft. Der Namlagira ist der Typus eines aus extrem dünnflüssigen basaltischen Lavaströmen von seinem zentralen Gipfelkrater her gleichmäßig aufgebauten Schildvulkanes. Erst in neuerer Zeit ist er aus der effusiven Phase in die explosive, nur Lockermaterial ausschleudernde Phase übergegangen, weil offenbar die Temperatur im Vulkanherd oder im Vulkanschlot heruntergegangen ist, wodurch die Laven das Höchstmaß von Dünnflüssigkeit verloren haben.

Wenn wir die auf dem Panorama nach Photographien und exakten Skizzen gezeichneten Profilkurven ausmessen und die auf den Photographien noch sichtbaren Basisteile mit hinzuziehen, so erhalten wir für die einzelnen Vulkane vom Fuß bis zum Gipfel

die folgenden Böschungswinkel: Muhawura, Osthang:  $6^{\circ}$ ,  $9^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ; Westhang:  $12^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ; Mgahinga:  $7^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ; Sabinjo, Berg-ruine:  $20^{\circ}$ ,  $27^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $44^{\circ}$ ; Wissoke  $9^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ; Karissimbi, Osthang:  $9^{\circ}$ ,  $17^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $27^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ; Westhang:  $10^{\circ}$ ,  $17^{\circ}$ ,  $27^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ; Mikeno, Ostseite  $12^{\circ}$ ,  $18^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$ ,  $46^{\circ}$ ,  $54^{\circ}$ ,  $61^{\circ}$ ; Westseite:  $18^{\circ}$ ,  $22^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $43^{\circ}$ ,  $58^{\circ}$ ; Niragongo:  $4^{\circ}$ ,  $11^{\circ}$ ,  $24^{\circ}$ ,  $27^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ; Namlagira, Osthang:  $3^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$ ,  $16^{\circ}$ ,  $11^{\circ}$ ,  $4^{\circ}$ ; Westhang:  $4^{\circ}$ ,  $13^{\circ}$ ,  $17^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$ . Am gleichmäßigsten sind also der Mgahinga, der Wissoke, der Gipfelkegel des Karissimbi und der Niragongo aufgebaut. Am flachsten ist der schildförmige Namlagira, am steilsten der Gipfelturm des Mikeno, der aber in seiner gegenwärtigen Gestalt nicht ein Erzeugnis der Aufschüttung, sondern der Erosion und Denudation ist. Nicht viel anders sehen die, auf unserem Panorama aus Süden aufgenommenen, Kurven von Osten, Norden und Westen her aus. Nur daß auf diesen anderen Seiten die Unterbaue des Karissimbi und des Niragongo die Böschungslinie mehrfach unterbrechen (Abb. 14 und 22).

Welch einen Gegensatz bilden diese Kurven zu den Bergskizzen der ersten Entdecker Speke, Stanley, Stuhlmann, die alle an dem so lange üblichen Vertikalismus der Gebirgszeichnung leiden (Tafel I)! Auch die Herrmann'schen weit genaueren Profile sind noch viel zu steil (Tafel II).

### Endogene Baukräfte. Morphologische Analyse.

Mit Ausnahme der beiden ältesten Berge, des Mikeno und des Sabinjo, sind es also ganz überwiegend endogene, nicht exogene Kräfte, die die heutige Gestalt, die Profilkurven und die Böschungswinkel der Virungavulkane verursachen. Die von Walther Penck in seiner „Morphologischen Analyse“ (Nr. 68) dargelegten Ausführungen über konkave, konvexe und geradlinige Hangprofile, seine These von der Unabhängigkeit der flächenhaften Abtragung vom Klima, seine Auffassung von der Hangentwicklung nur als Funktion der Erosionsintensität, u. a. m. können nach meinen Beobachtungen nur wenig Anwendung auf die Erklärung so junger Vulkanformen wie hier finden, an denen noch stärkste endogene Kräfte arbeiten oder bis vor kurzem gearbeitet haben.

Es ist merkwürdig, daß W. Penck, der doch in seinem südamerikanischen Forschungsgebiet viele junge Vulkane gesehen, bestiegen und untersucht hat, in seiner „Morphologischen Analyse“ nur solche Gebirgsformen in Betracht zieht, die durch endogene Hebung oder Faltung oder durch exogene Zerschneidung und Abtragung entstanden sind, was freilich die große Mehrzahl auf der Erde ist; daß er aber die jungen Vulkanformen der endogenen Aufschüttung aus der Betrachtung ausscheidet. Ich führe aus seiner „Morphologischen Analyse“ nur die folgenden prinzipiellen Sätze an:

S. 2: „Sieht man ab von der endogen bedingten vulkanischen Aufschüttung, die nur in bescheidenem Umfang und örtlich beschränkt morphologische Bedeutung erlangt, und deren weitere Schicksale überdies mitbestimmt werden durch die Geschehnisse ihrer Unterlage, so bestehen die endogenen Vorgänge in Bewegungen der Erdkruste“.

Gewiß! Aber wie kann man in einer Betrachtung, die ein allgemein gültiges Gesetz sucht, willkürlich einen ganzen großen Erscheinungskomplex wie die Vulkane und den Vulkanismus ausschließen, die das morphologische Bild großer Erdräume durchaus bestimmen und ihre eignen Normen und Gesetze haben? Oder sind es wirklich nur Gebilde von „bescheidenem Umfang und örtlich beschränkter Bedeutung“, wenn wir die Vulkangebiete Vorderasiens, Ostafrikas, des Sundaarchipels, der Philippinen,

Japans, des westlichen Nord- und Südamerika, Mexikos, der Antillen u. a. m. ins Auge fassen?

Allerdings hat Penck in seiner Betrachtung der Äußerung und Wirkung endogener Kräfte die vulkanischen Vorgänge nicht ganz vernachlässigt. So, wenn er schon in seinem Vortrag über Wesen und Grundlagen der Morphologischen Analyse (Nr. 67, S. 70) sagt: „Magmatische Aufschüttung erzeugt eine Aufragung, weil sie rascher entsteht, als sie gleichzeitig durch Abtragung beseitigt werden kann“. Und so, wenn er in seiner „Morphologischen Analyse“, S. 2 schreibt: „Die endogenen Massenverlagerungen verlaufen unabhängig von der Schwerkraft; sichtlich entgegen der Schwere werden Krustenteile gehoben, gelangt Magma in die Kruste und bis zur Oberfläche empor“. Es ist aber eine Lücke, wenn Penck diese Gedanken vom Mitwirken des Magmas nicht weiterführt bis zum Aufbau der Vulkane über der Oberfläche und bis zu ihrer Beteiligung am morphologischen Gesamtbild.

Er würde diese Lücke gewiß selbst noch ausgefüllt haben. Denn es war seine mündlich ausgesprochene Absicht, die „Morphologische Analyse“ in einem zweiten Teil fortzusetzen. Wegen seines allzufrühen Todes ist diese Absicht leider nicht ausgeführt worden.

### Erosion und Aufschüttung. Geologisches Alter.

Über die Erosion an den Virunga nur noch eine kurze Bemerkung. An den Außenflanken aller der jungen großen Vulkankegel sind die zahllosen radialen Schluchten, die einem solchen Berg, wie oben gesagt, das Aussehen eines gefalteten Lampenschirmes geben (Fig. 17), selten durch den innern Druck der Magmen und Gase gebildete Risse, sondern meist erosive Rillen. Dagegen lassen auf vulkanische Radialspalten viele Reihen kleinerer parasitärer Kraterhügel an den unteren Partien des Namlagira, des Niragongo, des Mikeno usw. schließen, die die Grundformen der großen Kegel auf das mannigfaltigste abwandeln und das Reliefbild in hohem Grad beleben.

Jede endogen entstehende Vulkanform wird schon im Entstehen exogen beeinflusst. An den aktiven Vulkanen der Westgruppe (Niragongo, Namlagira) überwiegt noch die Aufschüttung und Aufschichtung stark über die Abtragung, wogegen an den jüngeren erloschenen Bergen der Mittel- und der Ostgruppe die Abtragung schon tiefe Spuren zeigt und an den beiden ältesten der ganzen Reihe, dem Mikeno und Sabinjo, die schon sehr lange keine Ausbrüche mehr gehabt haben, recht weit fortgeschritten ist.

Einigermaßen sicher läßt sich das geologische Alter der Virungaberger bestimmen. Betreffs ihres relativen Alters können wir sagen: sie sind jünger als der Zentralafrikanische Graben und sein Querbruch, in dem sie emporgewachsen sind, und sie sind älter als die auf ihren Fußebenen liegenden Seen, die durch sie aufgestaut worden sind. Da nun der Einbruch des Zentralafrikanischen Grabens in seiner jetzigen Gestalt nach den Untersuchungen von Sueß, Gregory, Finckh, Krenkel und anderen in der Wende vom Miozän zum Pliozän beginnt, seine stärkste Ausbildung aber erst im Quartär erfahren hat, können die ältesten der Vulkane frühestens mitteltertiär sein (s. auch S. 4). Und da die Stauseen eine noch sehr dürftige rezente Fauna haben, in der noch nicht einmal Krokodile und Nilpferde vorhanden sind, ja in vielen sogar noch die Fische fehlen, müssen die jetzt erloschenen Vulkane mit ihrer aufstauenden Tätigkeit bis in die jüngste geologische Vergangenheit hineingereicht haben. Die aktiven Berge, also die der Westgruppe, arbeiten an ihrem Aufbau noch mit wenig verminderter Kraft weiter; nur verlegen sie ihre Lavenergüsse mehr und mehr

vom zentralen Schlot weg auf Risse und Nebenkrater an den Flanken und der Basis-ebene und verändern damit auch stetig ihr Profil und ihre Gehängekurven.

### Muhawura, Mfumbiro. Sabinjo. Mikeno. Diluviale Zerstörungen.

Das letztere geschieht auch beim großen östlichen Eckpfeiler der ganzen Virungakette, dem Muhawura (Abb. 11). Er, dessen Bau schon lange als abgeschlossen gelten kann und der keine neuen Ausbrüche aus seinem Gipfelkrater erlebte, hat doch nach der Erinnerung der heutigen Eingeborenen noch in jüngster Zeit Lavaströme aus einer dem Gipfel nahen Spalte nach Nordosten resp. Osten entsandt. „Kabiranjuma“, d. h. der Letztkochende, wird dort eine Schlucht genannt, in der die Lava herabgeflossen ist (Nr. 45, S. 289). Seine Nordostseite verrät auch dadurch ihr junges Alter, daß sie nur eine dünne Pflanzendecke hat und schwarz aussieht (Nr. 91, S. 54.) Von Süden oder von Norden gesehen, erscheint der Berg als ein langer hoher, vom Gipfel nach Osten verlaufender Rücken (Abb. 11); von Osten oder von Westen aus als ein riesiger leicht abgestumpfter Kegel oder Dom.

Die nordöstlich und nördlich von ihm sich ausdehnende Ebene aber wimmelt von kleinen Kraterkegeln, die zum Teil noch Rauch und Dampf entwickeln (Nr. 45, S. 289; Nr. 87, S. 235), und trägt darum bei den Eingeborenen den Namen Mfumbiro, d. h. das Rauchende, ein Name, der schon dem Reisenden Speke, der ja zuerst den Muhawura von weither gesehen hat, als Name dieses Vulkanberges selbst angegeben worden war (s. S. 1).

Hier haben wir, wie in der Westgruppe, jüngste Aktivität vor uns. Wesentlich älter als quartär sind offenbar der Mikeno und der Sabinjo. Zerstörungen bis in den Kern des Vulkanberges hinein, wie sie die mächtige „Quellkuppe“ Sabinjo zeigt (Abb. 12), dürften vor allem den Abschwemmungen einer Pluvialzeit zuzuschreiben sein, deren Bestehen in Ostafrika und Wirken ja auch durch Beobachtungen an den abflußlosen Seen und an den Gletschern des Kilimandjaro, Kenia und Ruwensori festgestellt worden sind. Vielleicht ist der Sabinjo einst so hoch gewesen, daß er über die diluviale Firngrenze (hier bei 4200 m) hinaufgeragt hat und auch durch Gletschereis mit abgetragen worden ist. Man wird an ihm nach Glazialspuren (Moränen, Schliften usw.) suchen müssen, obwohl er, von Süden gesehen, weder Kare noch U-förmige Täler noch Talstufen erkennen läßt.

Auch die sehr starke Denudation des oberen Mikeno (Abb. 18, 19) ist am einfachsten durch die Eingriffe der Pluvialzeit zu erklären, hier aber vor allem durch Wirkung des Eises, denn da der Berg schon mit seiner heutigen Höhe von 4380 m ein Stück über die in diesen äquatorialen Breiten Afrikas bei 4200 m liegende diluviale Firngrenze emporsteigt, wird sein ursprünglicher intakter Kegel noch beträchtlich höher in die diluviale Schneeregion hinein gereicht und in den prädiluvialen Bodenumulden des oberen Kegels dauernd Firn und Eis enthalten haben, das als Gletscher ausräumte und abtrug. Wie aus den Beschreibungen der einzigen Europäer, die dem gewaltigen Felsgipfel nahegekommen sind — Herzog Adolf Friedrich zu Mecklenburg und seine Begleiter 1907 (Nr. 45, S. 249), während von der angeblichen Gipfelbesteigung des belgischen Vermessungsbeamten Derscheid, im März 1927, noch nichts Näheres bekannt geworden ist — zu entnehmen ist, liegen dort an der Südseite oberhalb 4000 m zwei ausgeprägte Kare und hat ihre Ausgangsmulde ausgesprochene Glazialform. Ich konnte diese Gebilde mit dem Glas schon vom Fuß des Berges erkennen, und noch heute hält sich dort nach stärkeren Schneefällen der Schnee mehrere Tage lang.

Auch die Bloßlegung des riesigen Mikeno-Gipfelfelsen (Abb. 19), der sicherlich nicht ein aus dem Vulkanschlot herausgepreßter Extrusionsobelisk (Aiguille, Spine) ist, wie die sog. „Nadeln“ am Mont Pelé, am Pichincha, am Sajama u. a. m. — die sehen ganz anders aus —, sondern der entblößte Kern des Eruptionsschachtes, und die enorme Zerschneidung des südlichen oberen Bergdrittels in Zacken und Türme wird größtenteils der Eiswirkung neben der starken diluvialen Wassererosion zuzuschreiben sein. Bei dem ungeheuern runden zentralen Gipfelfels kann man wirklich von einem vulkanischen Dom sprechen. Nur ist seine Gestalt nicht primär und endogen, sondern sekundär und exogen entstanden.

In den unteren Dreivierteln des Berges hat der Mikeno seine alte Kegelgestalt in der Hauptsache noch bewahrt. Hier ist er durch eine dichte Urwalddecke geschützt, aber auch da sind seine Flanken von kolossalen Schluchten durchfurcht, die das Wasser gerissen hat.

### Gipfelkrater. Der Niragongo.

Solche Zerstörungsformen wie am Sabinjo und Mikeno finden sich an keinem anderen der Virungaberger wieder, weder an dem kraterlosen, spitzen Laven- und Aschenkegel Karissimbi, obgleich er tagelang eine wenn auch dünne Schneehaube trägt, noch an den mit einem oder mehreren Kratern, teils mit, teils ohne Wasserfüllung, versehenen Stumpfkegeln der übrigen großen Vulkane.

Als partielle Zerstörung haben natürlich auch die durch die explosiven Eruptionen oder durch Einbruch oder Sackung geschaffenen Gipfelkrater (Calderas) zu gelten. Als ihren typischen Repräsentanten führe ich den größten, den des 3469 m hohen Niragongo an, der nach seinem Entdecker „Graf-Götzen-Krater“ genannt wird, und kann mich dabei kurz fassen, da er schon des öfteren von anderen Reisenden, namentlich von E. Kirschstein (Nr. 46), beschrieben, wenn auch nur wenig erklärt worden ist.

Der ringsum geschlossene Krater mit seinem horizontal abgeschnittenen Oberrand und seinen wirklich „fast senkrechten“ Innenwänden (Abb. 24, 25, 30) ist 155 m tief bei einem Durchmesser von 1250 m. Der ebene Kraterboden ist von zahllosen kleinen Spalten zerrissen, aus denen gewöhnlich dünne Dampfwölkchen aufsteigen. In seiner östlichen Hälfte, also exzentrisch, sind zwei kreisförmige, einander berührende Explosionsschächte von 460 m und 340 m Durchmesser ausgesprengt (Abb. 30), an deren nach unten leicht konvergierenden Wänden die horizontalen Lavabänke und die ungebankten Lava- und Aschenmassen des Kraterbodens zu erkennen sind. Sie sind glatt durchgeschlagen wie eine Panzerplatte durch eine Riesengranate. Eben solche Explosionsröhren finden wir im Krater des Namlagira, des Kilauea, der Vulcano-Insel (Liparen) u. a. m.; ja auch der Ätnakrater hat 1804/05 zwei derartige „Feuerbrunnen“ besessen. Aus dem südlichen der beiden Explosionsschächte des Niragongo quollen bei meiner Besteigung (Oktober 1911) Wasserdampfwolken leicht brausend empor (Abb. 24), während 1907 (Kirschstein) der Krater still und scheinbar tot dagelegen hatte (Abb. 30). Nach neuesten Nachrichten von Pater Schuhmacher, der im April 1927 den Berg bestiegen hat, sind aber die beiden Explosionsschächte durch wiederholte Eruptionen zu einem einzigen umgewandelt worden (s. S. 24).

Viele horizontal übereinanderliegende Lavabänke verschiedener Dicke und Farbe treten auch an den Innenwänden der großen Caldera zutage und bekunden durch ihre ungestörte Lage und ihren periklinalen Abfall, daß vordem die Lavaströme aus dem Zentralschlot sich ganz gleichmäßig über den Kraterrand ergossen haben. Eine Lava-

säule ist im Kraterschacht auf- und abgestiegen und hat oberflächlich im Kraterkessel als Lavasee gestanden, der dann eingesunken und von oben nach unten lageweise erkaltet ist und nun den ebenen Kraterboden bildet, vielfach überschüttet von jüngeren Auswürfen klastischen Materiales, die jetzt ganz an Stelle der früheren Lavaergüsse getreten sind; wie am Namlagiragipfel.

Die hohen Steilwände des Kraterzirkus aber sind dadurch entstanden, daß sowohl der glutflüssige Lavasee die Kraterwände unterspült und am Fuß abgeschmolzen hat, worauf diese niederbrachen, als auch dadurch, daß die sinkende Lavasäule die Wände ihres Haltes am Fuß beraubte, was ebenfalls ihren Abbruch herbeiführte. So wurden die Calderawände immer wieder abgesteilt, die Peripherie immer mehr erweitert und der Kraterkessel immer mehr vergrößert, bis die Gipfeleruptionen von Lava ganz erloschen und nur noch gelegentlich Aschenauswürfe und Dampfausströmungen stattfanden; also der Hauptkrater in den Solfatarazustand trat, in dem er heute verharrt, während an den Flanken und am Fuß noch Lavaausbrüche stattfanden.

Die Steilheit der Zirkuswände (Abb. 25, 30) beweist aber, daß sie noch jung sind, daß die Lavasäule im Zentralschacht noch nicht lange erkaltet ist. Jetzt werden die Wände durch atmosphärische Kräfte angegriffen, so daß sie allmählich ihre Steilheit durch Abbröckeln der aufgelockerten Gesteine verlieren. Schon beginnt da und dort ein Schuttkegel sich von den Wänden auf den Kraterboden vorzuschieben, und in der weiteren Entwicklung werden die Wände stark abgeschrägt sein und auf dem schuttbedeckten Kraterboden zusammenlaufen, bis vielleicht eine neue Explosion neuen Raum schafft. Die periodischen Aschenausbrüche, welche den jungen Solfatarazustand unterbrechen (s. S. 22), wirken dann mit.

### Der Namlagira.

Zum Vergleich mit dem Niragongokrater sei die Caldera des Namlagira (3052m) nur insofern herangezogen, als sie ebenfalls einen bis auf einen nach NW geöffneten Barranco von Steilwänden umschlossenen ebenen Boden hat, der auch einen erkalteten, von den späteren Ascheneruptionen überschütteten Lavasee darstellt. Aber über dem Boden ragt noch eine randliche ebne Terrasse auf, die einen früheren Hochstand des Lavasees anzeigt und offenbar durch die Erkaltung und Sackung der Lavasäule mit nachfolgendem Einbruch geschaffen worden ist. In dieser Terrasse sind aber zwei kreisrunde brunnenförmige Explosionsschlöte ausgesprengt von derselben Art wie die des Niragongo und noch schwach rauchend. Und zweitens öffnet sich ebenfalls auf der Terrasse neben den genannten beiden Explosionslöchern ein viel größerer trichterförmiger Krater, aus dem es fortwährend dampft und raucht (Abb. 28) und die heutigen Ascheneruptionen unter Donnern und Beben in einer bis zu 10 km hohen „Fahnenwolke“ hervorbrechen (Nr. 45, S. 256 u. 264 und Abb. 26, 27). Nach den jüngsten Mitteilungen des Paters Schumacher brodeln jetzt in mehreren Explosionsschlöten innerhalb der Caldera die glutflüssige Lava (April 1927).

Lavaströme aber, wie sie früher in großer Dünnschicht diesen Schildvulkan aufgebaut haben, ergießen sich jetzt aus dem Krater des Namlagira ebensowenig mehr wie aus dem des Niragongo, wohl aber aus seinen kleinen Flanken- und Fußkegeln, und da in großer Masse und weiter Ausbreitung. Betreffs seiner Kraterform kann somit der Niragongo in Parallele zum Mauna Loa, der Namlagira zum Kilauea gestellt werden, wenn wir uns den Krater des letzteren, der sogar in zwei Terrassen gestaffelt ist resp. war, erkaltet vorstellen. Namlagira und Niragongo gehören also zu den Vulkanbergen vom hawaiischen Typus oder vom isländischen Dyngjut-Typus.

### Die zeitliche Abfolge der Ausbrüche. Frage der Periodizität.

Wenn wir schließlich die rezenten Ausbrüche in der Westgruppe der Virunga nach ihrer zeitlichen Abfolge überschauen, wie sie uns von Reisenden, Missionaren, Beamten und anderen berichtet worden sind, so gewinnen wir auch für das morphologische wechselvolle Bild wichtige Einsichten. Für den Niragongo und den Namlagira können wir die folgenden Angaben zusammenstellen:

a) Niragongo, Hauptkrater: 1891 (Stuhlmann, S. 265) nicht tätig; 1894 (Graf Götzen) tätig mit Wasserdämpfen und Aschenausbrüchen; 1898 (Grogan) schwarze Rauchwolken; 1899 (Moore) Rauch und Dampf; 1901 (Herrmann) Aschenfall; 1901 (W. Schwartz und R. Kandt) weiße Dampfwolken; 1902 (Missionare) desgl.; 1906 (Wollaston) Rauchwolken; 1907 (Herzog Ad. Friedrich) scheinbar erloschen; 1911 (Meyer) Dampfwolken; 1916 (Jack) untätig; 1920 (Times) starke Tätigkeit, dauerte bis Sommer 1921 (Barns), wo die Aktivität schnell abnahm; immer nur Aschen und Lapilli, keine Lava. Nach neuen Nachrichten, die ich dem verdienten Pater Donders, der schon früher über die Virunga berichtet hat (Nr. 66) und jetzt auf der Missionsstation Kabgaye (Mittel-Ruanda) wirkt, sowie dem naturwissenschaftlich gebildeten Pater Schuhmacher zu verdanken habe, waren im März—April 1927 der Niragongo und der Namlagira beide in Tätigkeit. Beide stießen fortgesetzt dicke Rauchwolken aus, keiner aber ergoß Lavaströme.

Schon v. Beringe hörte, daß der Niragongo etwa alle 8—9 Jahre in eine wenn auch kurze Periode starker Aktivität trete. Damit stimmen die vorgenannten Daten nicht recht überein; die Intervalle scheinen kleiner und verschieden lang zu sein. Immerhin ist eine gewisse Periodizität seiner Aschenausbrüche von durchschnittlich 5 Jahren zu beobachten. Und zwischen den Phasen der Aschenausbrüche entwickelt der Vulkan eine ruhige Solfatarentätigkeit oder äußert gar kein Lebenszeichen mehr, z. B. 1891, 1907, 1916. Dabei mag bemerkt sein, daß die Periodizität dieses wie aller aktiven Vulkane ein Analogon von viel geringerem Ausmaß in dem Rhythmus der Geisirausbrüche hat. Hier wie dort handelt es sich um eine Ansammlung der Dampf- resp. Gasspannung im Innern bis zur Überwindung des Widerstandes und Druckes, den die darüberliegenden Massen, dort von Wasser, bei den Vulkanen von Magmen oder von erstarrten Gesteinen, ausüben. In den viel kleineren Geisiren muß die Ausstoßung der viel leichteren Wassersäule auch viel leichter und schneller vor sich gehen als die Ausstoßung des schweren Materiales aus einem Vulkan.

b) Dem Niragongo gegenüber scheint der Namlagira seit seiner Entdeckung durch Graf Götzen und Kersting 1894, wo er einen mächtigen 25 km langen Lavastrom aus seinem Gipfelkrater nach SW entsandte (Nr. 7, S. 234/235) alle 2—3 Jahre starke Ausbrüche gehabt zu haben, ohne in der Zwischenzeit ganz geruht zu haben. Er raucht und dampft fortwährend. Dem Gipfelkrater sind seit der Jahrhundertwende keine Laven mehr entströmt, sondern nur einigen Seiten- und Fußkegeln, aber die Gipfeleruptionen fördern ungeheure Massen von lockerem Material zu Tage, das in pinienförmigen Wolken von 9—10 km Höhe in die Luft geschleudert wird und kleinerenteils auf den Vulkan zurückfällt, größtenteils mit dem Passatwind in langer dunkler Fahne nach Westen geweht wird. Ein solcher „klasmatischer“ Riesenausbruch (Abb. 26) war auch der vom Sommer 1907, den Kirschstein geschildert hat (Nr. 45, S. 258—264). Ebenso sind die Eruptionen im Dezember 1912 (Nr. 60, S. 27) und im Sommer 1920 (Times) und 1921 (Nr. 84, S. 23) solcher Art gewesen. Im März 1927 ist nach brieflicher Mitteilung des Paters Fages in Njundo (Nord-Ruanda) der Namlagira stark tätig gewesen mit mächtigen Rauchwolken und nächtlichem Feuer-



schein. Der schon oben (S. 19) genannte belgische Beamte Derscheid, der den Krater bestiegen hat, sah in mehreren Schlöten die weißglühende Lava kochen, ohne daß sie sich irgendwo ergossen hätte. Ebenso der Pater Schumacher (S. 21).

Es zeigt ein Vergleich der Ausbruchfolgen der beiden benachbarten großen Vulkane, daß ein Parallelismus der Gipfeleruptionen des Niragongo und des Namlagira nicht besteht, oder daß die Eruptionsphasen beider doch nur gelegentlich zusammentreffen. Offenbar hat jeder von beiden seinen eigenen Magmaherd, der in keiner Verbindung (mehr?) mit dem des anderen steht.

### Ausbrüche der parasitären Kegel. Jüngste Eruptionen des Katerusi-Vulkans.

Auch die Eruptionen aus kleinen parasitären, schnell entstehenden Fuß- und Flankenkegeln erfolgen in der Regel nicht gleichzeitig mit Ausbrüchen aus den großen Gipfelkratern. Sie verlaufen regelmäßig so, daß nach wiederholtem Erdbeben zuerst eine himmelhohe, von Rauch, Aschen, Lapilli und anderem Lockermaterial erfüllte pinien- oder blumenkohlförmige Wolke mit großem Getöse ausgestoßen wird, worauf ruhig und schnell ein Strom von dünnflüssiger Lava aus dem neuen Loch, das rasch zu einem Hügelkrater anwächst, sich ergießt. Derartige Eruptionen wiederholen sich mehrmals und können monatelang andauern; so im Mai 1904 die des Adolf-Friedrich-Kegels im W des Niragongo, so im Juli 1905 die des Kanamaharage im O des Namlagira, so namentlich 1912/13 die des Katerusi-vulkans, auch Ntsuro genannt, im SW des Niragongo (Nr. 55, 56, 57, 60, 84, 87), die vier Monate (Dez. 1912 bis März 1913) andauerten und unter riesiger Rauchentwicklung von mehr als 5000 m Höhe (Abb. 33) gewaltige Lavamassen in die Nordbucht des Kiwusees entsandten, wo das Wasser hierdurch kochte und der Wasserspiegel infolge der Erhöhung des Seebodens um 60 cm stieg. Die Lavaströme haben erkaltend die verschiedensten Oberflächenformen von Block- und Fladenlava angenommen (Abb. 31, 32). Im Westen des Vulkans, der selbst zu einer ganzen, den Hauptkraterberg umgebenden Hügelgruppe angewachsen ist, sind weite graue Aschenfelder  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  m dick aufgehäuft worden. Die kleine Kituale-Bucht ist von der Lava ganz zugeschüttet worden. (Abb. 33, 34, 35.)

Unterseeische Ausbrüche im Kiwusee sind nicht beobachtet worden. Die Erhöhung des Seebodens im Norden und das Steigen des Wasserspiegels um 60 cm ist offenbar durch die vom Katerusi kommenden Lavaströme verursacht. Nachdem der junge Vulkan im Laufe des Jahres 1913 im großen Ganzen zur Ruhe gekommen war, hat er doch noch wiederholt einzelne Erdstöße und leichte Dampf Wolken von sich gegeben und im November 1920 mit zwei heftigen Explosionen, denen aber keinerlei Ausbruch folgte, einen Teil des südlichen Kraterwalles in die Luft geblasen (Nr. 87, S. 243). Eingehende Mitteilungen über die Eruptionsphase 1912/13 verdanke ich dem ehemaligen Schutztruppenoffizier Herrn Major Köhl, der den Berg und seine Lavafelder 1912/13 von der Station Kissenji aus besucht hat. Ich werde diese interessanten Beobachtungen an anderer Stelle ausgiebig verwerten.

Desgleichen behalte ich mir Mitteilung der Beobachtungen, die mir in sehr dankenswerter Weise aus der Missionsstation Njundo von der oben erwähnten im April 1927 ausgeführten Reise des Paters Schumacher in die westliche Vulkangruppe zugegangen sind, zu einer anderweitigen Veröffentlichung vor, da sie an dem uns hier

interessierenden morphologischen Bild nichts wesentliches ändern. Nur zwei Punkte will ich aus dem inhaltreichen Schumacherschen Bericht zur Ergänzung meiner obigen Ausführungen hervorheben. Erstens: Der Niragongo und der Namlagira sind gegenwärtig (April 1927) in voller Tätigkeit: der Niragongo, indem er aus seinen zu einem großen Eruptionsschacht vereinten vormaligen zwei nebeneinanderliegenden Schloten gewaltige Rauch- und Dampf Wolken auspufft; der Namlagira, indem er aus mehreren innerhalb seiner großen Calderen sich öffnenden Eruptionsschachten und Schornsteinen, in denen die glutflüssige Lava zischt und wallt, Feuergarben und schwarze Rauchsäulen ausstößt, ohne daß es aber zu einer konzentrierten Explosion kommt.

Zweitens strömt jetzt der Katerusi (Ntsuro) aus zahlreichen Spalten seines 200 m hohen Zentralhügels Wasserdämpfe aus, und der Boden ist noch heiß. Von einer Schlotöffnung ist aber in ihm nichts zu sehen. Auf der südwestlichen Fußebene steigt aus mehreren Löchern Kohlensäure auf und tötet die in diesen Bereich geratenden Tiere.

Während der allermeisten Eruptionen aus Fußkegeln war an den beiden Hauptkegeln Niragongo und Namlagira keine wesentlich verstärkte Tätigkeit zu bemerken; also auch da besteht keine regelmäßige Verbindung mit dem Hauptschlot des einen oder des andern großen Vulkans. Nur vom Katerusiausbruch 1912 wird ausdrücklich berichtet, daß im Anfang desselben auch der Namlagira gewaltige Massen von schwarzem Rauch aus seinem Krater ausgestoßen habe, mit mehreren Schauern von vulkanischem Schlamm (Nr. 60, S. 27); nicht aber der Niragongo.

### Die petrographische Beschaffenheit und die Bauformen.

Nicht minder weist die petrographische Beschaffenheit der Auswurf- und Ausflußmassen, über die wir namentlich durch H. Finkh unterrichtet sind (Nr. 48), auf getrennte Herde der beiden großen Vulkane der Westgruppe hin. Unter den Gesteinen des Niragongo überwiegen Leuzitnephelinite, unter denen des Namlagira aber Leuzitbasanite, und unter denen des Katerusi Leuzitite. Auch der breite Unterbau des Karissimbi besteht hauptsächlich aus Leuzitbasanit, während im Gipfelkegel des Karissimbi Trachydolerit die Vormacht hat. Und wiederum überwiegt Trachydolerit im Muhawura und Mgahinga der Ostgruppe. Dagegen sind die beiden ältesten, am meisten zerstörten Vulkanberge Sabinjo und Mikeno hauptsächlich aus Trachyandesit aufgebaut. Zahlreiche andere Typen, namentlich von leuzitischen natronreichen oder aber kalireichen Laven, gehen in allen Virungabergen daneben her.

Aus solcher petrographischer Zusammensetzung erklärt sich vieles im morphologischen Bau und Bild der Virungavulkane. Die an Alkali-Aluminium-Silikaten reichen, dickflüssigen Magmen, wie Trachyandesite, Trachydolerite, Nephelinleuzitite usw., haben steile Kegelformen geschaffen, die in der großen Mehrzahl der Virungaberger vor uns stehen, und in demselben Stil haben die Schlackenauswürfe von dem nämlichen Gesteinscharakter gebaut, wie mehrfach am Gipfelkegel des Karissimbi und des Niragongo zu sehen ist.

Die basischen, mehr oder minder dünnflüssigen Laven dagegen, wie Leuzitbasanit, Leuzitit, Kivit, sind die Erbauer der flachen Vulkanschilde von der Art des breiten Karissimbi-Sockels und des Namlagira, sowie der weiten, über die Grabensohle ausgebreiteten welligen oder ebenen Lavadecken. Auch die feinen windbewegten Auswürflinge dieser Gesteinsherde häufen sich zu solchen Flachformen auf. Dies ist für die landschaftliche Verbreitung dieser Reliefformen von Bedeutung, denn die vom Namlagira und vom Niragongo und ihren Fußkegeln (z. B. Katerusi) her-

rührenden Aschenfälle reichen dank dem Passatwind, der die Aschen westwärts verfrachtet, (s. oben, S. 7, 11) bis über 150 km weit nach Westen in das Kongogebiet (Militärposten Walikali; Nr. 60, S. 29) hinein; und im Gebiet der Mokotoseen, 20 km vom Namlagira entfernt, liegen die von diesem stammenden Aschen, Lapilli und Bomben so dick, daß nirgends der kristalline Untergrund zum Vorschein kommt und die genannten Seen vorwiegend von diesen jungen klasmatischen Massen, außer von einigen örtlichen Lavaeffusionen älteren Datums, abgedämmt worden sind. (Nr. 84, S. 119, 122.)

## Monzonitischer und theralitischer Magmaherd. Schlußbetrachtung.

Wenn Finckh nachgewiesen hat (Nr. 48), daß in der Eruptionsfolge der Virunga zwei große Perioden zu unterscheiden sind: eine ältere, in der ein monzonitischer Magmaherd die obengenannten Laven der großen erloschenen Kegel in der Ost- und Mittelgruppe geliefert habe, und eine jüngere, die aus einem theralitischen Herd die Magmen der aktiven Vulkane der Westgruppe erhalten habe, so gibt uns auch dieser Nachweis einigen Anhalt für die Erklärung der morphologischen Gestaltung der Virungaberge; aber es fehlt noch viel, ehe wir uns von der Eruptionsfolge dieser zweiten Periode und ihrem zeitlichen Ablauf, der noch im Gange ist, ein klareres Bild machen können als heute.

Wie im ganzen Vulkanismus Ostafrikas, so gehören auch die Gesteine der Virunga, mögen sie dem monzonitischen oder dem theralitischen Herd entstammen, mit wenigen Ausnahmen, der großen atlantischen Sippe, also den Alkaligesteinen, an. Das zwingt zur Annahme einer „alle diese Gebiete einheitlich in gewisser Tiefe unterlagernden Magmazonne“ (Nr. 77) und führt zu einer planetarischen Weite der Auffassung vom afrikanischen Vulkanismus, in der die Virunga einen wichtigen Platz einnehmen.

Wenn überall auf der Erdoberfläche die miteinander und gegeneinander wirkenden endogenen und exogenen Kräfte und Vorgänge den morphologischen Formenschatz bestimmen, so muß in einem jungvulkanischem Gebiet, wie dem der Virunga, wo wir diesen Prozeß vor unseren Augen sich abspielen sehen, jene Erkenntnis sich uns am stärksten aufdrängen. Gerade hier wird die Morphologie als „erklärende Beschreibung der Landformen“ (Davis) für die geographische Betrachtungsweise die festeste Basis bilden, auf der sich alle anderen geographischen Kategorien, einschließlich der Geographie des Menschen, aufbauen und mit ihr zu einem im Kausalnexus ihrer Erscheinungen erfaßten Gesamtbild der Landschaft zusammenschließen.

Ich glaube, daß es für die kausative Geographie auf der ganzen Erde nur wenige Gebiete gibt, die auf verhältnismäßig engem und gut zu übersehendem Raum einer methodischen Erforschung so reiche Ergebnisse versprechen, wie das auf der Scheide zwischen Ost- und Westafrika liegende Land der Virungavulkane.

## Anhang.

### Die wichtigste Literatur über die Virungavulkane und den Vulkanismus Afrikas.

(Chronologisch angeordnet.)

1. J. H. Speke: Journal of the discovery of the Source of the Nile. London 1863; Deutsch Leipzig 1864, 2 Bde.
2. H. M. Stanley: Through the dark Continent. London 1878, 2 Vol. Deutsch 3. Aufl., Leipzig 1891.
3. J. Milne: On the form of Volcanoes. (Geolog. Magaz. Decade II, Vol. 5, London 1878, S. 337—345; 1879, S. 506—514. Mit Kurventafel.)
4. G. F. Becker: The geometrical form of volcanic cones, usw. (American Journal of Science, Serie III, 1885, S. 283—293.)
5. E. Suess: Die Brüche des östlichen Afrika. (Denkschr. d. Akad. d. Wissensch. Wien 1891, Bd. 58, S. 555—584.) Mit Karte.
6. F. Stuhlmann: Mit Emin Pascha ins Herz von Afrika. Berlin 1894. Mit Karte.
7. G. A. Graf von Götzen: Durch Afrika von Ost nach West (1893/94). Mit Karte. Berlin 1895.
8. Hauptm. Langheld: Über einen Zug nach Ruanda. (Dtsch. Kolonialbl., Berlin 1895, S. 71 ff.)
9. Leutnant Richter: Über einen Zug nach dem Mfumbiro in der Zeit vom 14.—21. Aug. 1894. (Dtsch. Kolonialbl. Berlin 1895, S. 109—110.)
10. Derselbe: Zug nach dem Mfumbiro, August 1894. (Dtsch. Kolonialbl., Berlin 1895, S. 109—110.)
11. Scott Elliot: A Naturalist in Mid-Africa. London 1896.
12. J. W. Gregory: The Great Rift Valleys. London 1896. Mit Karten.
13. Derselbe: The African Rift Valleys. (Geogr. Journal, London 1920, Bd. 56, S. 13 ff.)
14. Derselbe: The Rift Valleys and Geology of East Afrika. London 1921. Mit Karten.
15. Hauptm. Bethe: Bericht über einen Zug nach Ruanda. (Dtsch. Kolonialbl., Berlin 1899, S. 6—12.)
16. Hauptm. Herrmann: Der geologische Aufbau des deutschen Westufers des Viktoria-Nyansa. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Bd. 12, Berlin 1899, S. 168—173. Mit Karte.)
17. Derselbe: Das Vulkangebiet des Zentralafrikanischen Grabens. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Bd. 17, Berlin 1904, S. 42—64. Mit Karte.)
18. Hauptm. Ramsay: Uha, Urundi und Ruanda. Nach einem vorläufigen Bericht. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb. 1897, S. 177 ff.)
19. Derselbe: Über seine Expeditionen nach Ruanda und dem Rikwa-See. (Verh. d. Ges. f. Erdk. Berlin 1898, S. 303 ff.)
20. E. S. Grogan: Through Africa from the Cape to Cairo. (Geogr. Journ. London 1900, Bd. 16, S. 164 ff.)
21. Derselbe and A. H. Sharp: From the Cape to Cairo. London 1900.
22. R. Kandt: Bericht über meine Reisen und gesamte Tätigkeit in Deutsch-Ostafrika. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb. 1900, S. 240 ff.)
23. Derselbe: Caput Nili. Berlin 1904. (4. Aufl. 1919.)
24. Hans Meyer: Der Kilimandjaro. Berlin 1900. Mit großer Karte.
25. Derselbe: Ergebnisse einer Reise durch das Zwischenseengebiet Ostafrikas 1911. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Ergänz.-Heft 6, Berlin 1913.) Mit Karten.
26. Derselbe: Reiseberichte aus Ruanda und Urundi an das Reichskolonialamt. (Mitteil. a. Dtsch. Schutzgeb., Berlin 1911, 24. Bd., 4. u. 5. Heft.)

27. Derselbe: Auf neuen Wegen durch Ruanda und Urundi. (Ztschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin 1912, Heft 2, S. 1—29.)
28. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentralafrika-Expedition 1907—1908 unter Führung Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg. 8 Bände von E. Kirschstein, H. Finckh, M. Weiß, J. Mildbread, H. Schubotz, J. Czekanowski u. a. m., Leipzig, 1911 bis 1927 (noch nicht abgeschlossen).
29. F. Auerbach: Die Gleichgewichtskurven pulverförmiger Massen. (Annalen d. Physik, Nr. 5, 1901.)
30. Hauptm. v. Beringe: Berichte über seine Reisen im Gebiet der Kirungavulkane. (Mitteil. a. d. dtsh. Schutzgeb., Bd. 14, Berlin 1901, S. 20—39. Mit Karte.)
31. Derselbe: Bericht über eine Expedition nach Ruanda. (Dtsch. Kolonialbl. Berlin 1903, S. 234, 264, 295, 317.)
32. E. Kohlschütter: Die Grabenländer im nördlichen Deutsch-Ostafrika. (Ztschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde Berlin 1901, S. 152 ff. Mit Karte.)
33. E. S. Moore: To the Mountains of the Moon. London 1901. Mit Karte.
34. Derselbe: Tanganyika and the Countries north of it. (Geogr. Journ. Bd. 17, London 1901, S. 1—37.)
- 34a. E. Daelman: Aux volcans du Kivou. (Mouvement géographique 1903, S. 406—408.)
35. Oberleutn. W. Schwartz: Eine Besteigung des Namlagira. (Dtsch. Kolonialbl. 1902, S. 335.)
36. Derselbe: Eine Besteigung des Vulkans Kirunga tscha Niragongwe. (Dtsch. Kol.-Zeitung 1902, S. 231, 245.)
37. E. Mercier: La région volcanique du Grand „Graben“ africain. (Mouvem. géogr. 1904, S. 145—148.)
38. Oberleutn. Freiherr von Parish: Zwei Reisen durch Ruanda 1902—1903. Aus Tagebüchern, Briefen und hinterlassenen Papieren. (Globus, Bd. 86, 1094, S. 5 u. 73 ff.)
39. A. Sieberg: Handbuch der Erdbebenkunde. Braunschweig 1904.
40. Derselbe: Die Verbreitung der Erdbeben Jena. 1922. Mit Karten.
41. G. Linck: Über die äußere Form und den inneren Bau der Vulkane. (Neues Jahrbuch f. Mineral., Geol. u. Paläontol., Jubiläumsband 1907, Stuttgart; mit zahlreichen Abbildungen.)
42. Pater F. Dufays: Auf hohen Pfaden. (Afrikabote, Trier 1907, S. 5 ff.)
43. H. Simmer: Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln. (Münchener Geogr. Studien, Nr. 18 1906.)
44. C. Uhlig: Der sogenannte Große Ostafrikanische Graben zwischen Magad und Laua ya Mueri. (Geogr. Ztschr. Leipzig 1907, Bd. 15, S. 478—505.)
45. Adolf Friedrich, Herzog zu Mecklenburg: Ins innerste Afrika (1907/08). Leipzig 1909.
46. E. Kirschstein: Die Virungavulkane, ihr geologischer Bau und ihre Beziehungen zur Tektonik. (Wissensch. Ergebn. d. Dtsch. Zentralafrika-Expedition 1907/08. Bd. I, S. 61—110.)
47. Derselbe: Die Vulkane des Zentralafrikanischen Grabens. (Mitt. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1909, S. 6—9.)
48. H. Finckh: Die jungvulkanischen Gesteine des Kivuseegebietes. (Wissensch. Ergebn. d. Dtsch. Zentralafrika-Expedition 1907—1908, Bd. I, S. 3—44.)
49. F. A. R. Wollaston: From Ruwenzori to the Congo. London 1908. (S. 172—189, The Mfumbiro Volcanoes.)
- 49a. K. Sapper: Der gegenwärtige Stand der Vulkanforschung. (Fortschritte d. naturw. Forschung, 2. Bd. 1910, S. 115—162.)
50. R. A. Daly: The nature of volcanic action. (Proceedings of American Acad. of Arts and Sciences, 1911. Vol. 47, Nr. 3, S. 47/122.)
51. Derselbe: The Problems of Volkanism. London 1914.
52. E. M. Jack: The Mufumbiro Mountains. (Geogr. Journal 1913, I, S. 532—550. — Engl. Deut. Belg. Grenzkommission 1911. Mit Karte.)
- 52a. Derselbe: On the Congo frontier: Exploration and Sport. London 1914.
53. F. Jaeger: Das Hochland der Riesenkrater und die umliegenden Hochländer Deutsch-Ostafrikas. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Ergänz.-Bd. 4 u. 8, 1911 u. 1913.)

54. K. Schneider: Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911.
- 54a. J. Maury: La description de la frontiere Orientale du Congo Belge. (Mouvem. géographique 1912, Bd. 29, S. 253—260, m. Karte.)
55. Pater M. Donders: Im Reiche der Vulkane; Ostafrika. (Afrikabote, Trier, 20. Jahrgang, 1913, S. 228—235.)
56. Stabsarzt A. Schumacher: Der vulkanische Ausbruch im Norden des Kiwusees, 4. 12. 1912 bis 2. 1. 1913. (Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Bd. 26, Berlin 1913.)
57. Derselbe: Bilder aus dem zentralafrikanischen Vulkangebiet am Kiwusee. (Zeitschr. f. Vulkanologie 1914/15, I, S. 202 ff.)
- 57a. H. Reck: Der Oldonyo l'Engai, ein tätiger Vulkan im Gebiet der Deutsch-Ostafrikanischen Bruchstufe. (Branca-Festschrift, Berlin 1914.)
58. Joh. Walther: Über tektonische Druckspalten und Zugspalten. (Ztschr. Dtsch. Geolog. Gesellschaft, Bd. 66, 1914, Nr. 5, S. 284/311.)
- 58a. W. Koert, Beiträge zur geologischen Erforschung der deutschen Schutzgebiete, Heft I. Berlin 1914, S. 223 ff.
59. F. v. Wolff: Der Vulkanismus. Bd. 1, Stuttgart 1914; Bd. II, 1. Teil, Stuttgart 1913.
60. A. Sharpe: The Kivu Country. (Geogr. Journal, 1916, I, S. 21—34.)
61. C. H. Stigand: Observations on the northern section of the Tanganyika-Nile-Rift Valley. (Geogr. Journ. London 1916, vol. 48, S. 145 ff.)
- 61a. A. Holmes: Notes on the structure of the Tanganyika-Nile Rift Valley (Geogr. Journ. 1916, Vol. 48, S. 149—159.)
62. H. Linke: Die Virungavulkane. (Dissertation Universität Leipzig.) Leipzig 1917.
63. K. H. Dietzel: Versuch einer geographischen Charakterisierung des ostafrikanischen Zwischenseengebietes. (Dissertation Universität Leipzig.) Weida 1917.
64. K. Sapper: Beiträge zur Geographie der tätigen Vulkane. (Ztschr. f. Vulkanologie 1917, Bd. III, S. 65—197.)
65. Derselbe: Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche. Straßburg 1917.
- 65a. C. W. Hobley: A volcanic eruption in East Africa. (Journ. East Afr. Natural Hist. Society, Vol. 6, 1918, p. 339—343.)
66. Neumayr-Suess: Erdgeschichte. 3. Aufl., 1. Band, Leipzig 1920.
67. W. Penck: Wesen und Grundlagen der morphologischen Analyse. (Berichte der Math.-Physikal. Klasse d. Sächs. Akad. d. Wissensch. Leipzig, Band 72, 6. Dez. 1920.)
68. Derselbe: Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart 1924.
69. R. Schwinner: Vulkanismus und Gebirgsbildung. (Ztschr. f. Vulkanologie. Band 5, 1919/20.)
70. H. Cloos: Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Braunschweig 1921. (Sammlung Vieweg, Heft 57.)
71. L. Kober: Der Bau der Erde. Berlin 1921.
72. Derselbe: Gestaltungsgeschichte der Erde. Berlin 1926.
73. F. Kossmat: Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustand der Erdrinde. (Abhandl. d. Math.-Physikal. Klasse d. Sächs. Akad. d. Wissenschaft. Leipzig 1921, Bd. 38.)
74. Derselbe: Die Beziehungen des südosteuropäischen Gebirgsbaues zur Alpentektonik. (Geol. Rundschau 1924, Bd. 15, Heft 3, S. 279/280.)
75. E. Krenkel: Die Erdbeben Ostafrikas. (Zentralbl. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie, 1921, S. 23/24.)
76. Derselbe: Die Bruchzonen Ostafrikas. Tektonik, Vulkanismus, Erdbeben, Schwereanomalien. Berlin 1922. Mit Karten.
77. Derselbe: Geologie Afrikas. Erster Teil. Berlin 1925. (Geologie der Erde I.) Mit Karten.
78. Derselbe: Übersicht über den geologischen Aufbau Afrikas. (Die Naturwissenschaften, 1927, Heft 5, S. 1256—1265.)
79. E. J. Wayland: Some account of the Geology of the Lake Albert Rift Valley. (Geogr. Journ. Vol. 58, 1921, Nr. 4, S. 344 ff.)
80. M. Weber: Zum Problem der Grabenbildung. (Ztschr. Dtsch. Geolog. Ges., Abhandlungen, Bd. 73, 1921, S. 238—291.)
81. T. A. Barns: The Wonderland of the Eastern Congo. London 1922. (1. Reise 1921/22.)

82. Derselbe: The Mokoto Lakes, Western Rift Valley. (Geogr. Journal 1922, Bd. 59, S. 356—363. Mit Karte.)
83. Derselbe: A Transafrican Expedition. (Journal of the African Society, July 1925, S. 272—286. 3. Reise 1924/25, mit A. Collins und E. Heller vom Field Museum, Chicago.)
84. Derselbe: Across the Great Crater Land to the Congo. London 1923. (2. Reise 1922/23.)
85. F. R. C. Reed: The Geology of the British Empire. London 1922.
86. S. v. Bubnoff: Die Gliederung der Erdrinde. Berlin 1923.
87. J. E. T. Philipps: Mufumbiro. The Birunga Volcanoes of Kigezi-Ruanda-Kivu. (Geogr. Journ., April 1923, S. 233—258, mit 2 Kärtchen.)
88. H. Stille: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin 1924.
89. C. E. Akeley: In brightest Africa. London 1924.
90. F. Nölke: Geotektonische Hypothesen. Berlin 1924.
91. H. Carpenter: A naturalist in East Africa. Oxford 1925.
92. B. Gutenberg: Der Aufbau der Erde. Berlin 1925.
93. J. E. Pompeckj: Die Auffassung vom Vulkanismus seit L. v. Buch. (Sitzungsbericht Preuß. Akad. Wissensch., Berlin 1925.)
94. W. Salomon: Magmatische Hebungen. (Sitzungsberichte d. Heidelberger Akademie d. Wiss., Math.-naturw. Klasse, 1925, 11. Abhandl., Berlin 1925.)
95. Prinz Wilhelm von Schweden: Unter Zwergen und Gorillas. Mit der schwedischen zoologischen Expedition nach Zentralafrika. Leipzig 1925.
96. Bergeat-Sapper: Die Vulkane. (Jedermanns Bücherei), Breslau 1925.
97. F. Dixey: The Nyassaland Section of the Great Rift Valley. (Geogr. Journ. London 1926, Vol. 68, Nr. 2, S. 117—140.)
98. H. Norden: Auf neuen Pfaden im Kongo. Leipzig 1926.
99. H. L. Sikes: The structure of the eastern flank of the Rift Valley near Nairobi. (Geogr. Journ. London 1926, Vol. 68, Nr. 5, S. 385—402.)
100. W. Stackler: Der isostatische Zustand Ostafrikas, auf Grund der Ergebnisse der ostafrikanischen Pendalexpedition (1899/1900). Mitteil. a. d. Dtsch. Schutzgeb., Bd. 34, 1926, S. 23—39.

### Bemerkungen über die Karte und die Bilder.

Die beigegebene Karte der Virunga-Vulkane ist von Herrn Dr. Hermann v. Wissmann ursprünglich im Maßstab 1:50 000 gezeichnet und dann für den vorliegenden Zweck auf 1:250 000 verkleinert worden. Zu Grunde liegt ihr die von P. Sprigade und M. Moisel bearbeitete Karte von Deutsch-Ostafrika im Maßstab 1:300 000, Blatt A 1, Kiwusee, die alle bis 1914 gemachten Aufnahmen und Beobachtungen zusammengefaßt hat.

Dazu hat nun die Wissmann'sche Karte eine Reihe von Ergänzungen und Berichtigungen eingefügt, die den seit 1914 erschienenen Kartenskizzen und Mitteilungen englischer und belgischer Beamter und Offiziere sowie amerikanischer und schwedischer Reisender, namentlich denen von Barns, Philipps, Akeley, Carpenter, Prinz W. von Schweden (s. Literaturliste) entnommen sind. Sie betreffen hauptsächlich die Gebiete im NO, N und NW der großen Vulkanreihe; nicht zu vergessen die neueren Nachrichten von Beamten, Reisenden und Missionaren über die jüngsten Veränderungen am Katerusi-Vulkan nahe dem Kiwusee südwestlich vom Niragongo.

Es ist sehr zu wünschen, daß die englischen und belgischen Kolonialbehörden bald detaillierte Aufnahmen dieser ihnen unterstellten Mandatsgebiete veröffentlichen. So lange stellt unsere deutsche Karte den neuesten Stand der topographischen Kenntnis vom Virunga-Vulkangebiet dar.

Das von Herrn Erhard Rühle gezeichnete Panorama stellt die große Vulkanreihe in winkelrechter Linienführung dar, auf Grund von zahlreichen Photographien und von meinen Skizzen. Die Bergprofile sind nicht überhöht, aber die drei Vulkangruppen sind etwas aneinander gerückt, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Der Standpunkt ist für jede Gruppe die südliche Fußebene.

Die in gleicher Weise ausgeführten Umrißzeichnungen 1—6 sind direkte Kopien der Skizzen in den Reisewerken von Speke, Stanley, Stuhlmann und Herrmann. Davon erweisen sich die beiden ersteren als wahre Karikaturen von Vulkanformen, wogegen Fig. 3 der Wahrheit schon näher kommt und Fig. 4—6 noch mehr der Wirklichkeit entsprechen.

Alle übrigen Bilder sind Wiedergaben von Photographien und einigen Zeichnungen. In der angefügten Bilderliste ist für jedes Bild seine Herkunft und Bedeutung genau angegeben. Soweit sie nicht von mir selbst aufgenommen sind, stammen die Originale hauptsächlich von der Expedition des Herzogs Adolf Friedrich zu Mecklenburg, von den Missionaren der katholischen Missionsstation Njundo und von ehemaligen Offizieren unserer deutschen Schutztruppe. Den im Verzeichnis genannten Herren und der Zentrale der „Weißen Väter“ in Trier sowie dem Verlage des Herzogswerkes (Nr. 28 und 45 der Literaturliste), den Herren Klinkhardt und Biermann in Leipzig, spreche ich für die Überlassung der Bilder und für die Erlaubnis ihrer Wiedergabe auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aus.

### Liste der Beilagen.

- Karte der Virungavulkane, 1 : 250 000, gezeichnet von H. v. Wißmann.  
 Panorama (Profilkurven) der Virungavulkane, von Süden aus; gezeichnet von E. Rühle.
- Tafel I. Abb. 1: Die Mfumbiro-Berge von Karagwe aus gesehen, nach J. H. Speke.  
 2: do. von Mpororo aus gesehen, nach H. M. Stanley.  
 3: do. von NNO aus gesehen, nach F. Stuhlmann.
- Tafel II. Abb. 4: Die Virungavulkane nach Herrmann: die Ostgruppe von Süden.  
 5: do. die Mittelgruppe von Osten.  
 6: do. die Westgruppe von Osten.
- Tafel III. Abb. 7: Der Zentralafrikanische Graben südl. der Virungavulkane. Nach einer Zeichnung von J. E. S. Moore. Hinten der Niragongo, Mikeno und Karissimbi.  
 8: Der Zentralafrikanische Graben nördl. der Virungavulkane. Nach einer Zeichnung von J. E. S. Moore. Links der Namlagira.  
 9: Die Mittelgruppe der Virungavulkane, von Südwesten (Hehu) aus. Rechts der Karissimbi, links der Mikeno mit Vorhügeln. Aufnahme des Kommandanten Bastien, belgische Militärstation Ngoma.
- Tafel IV. Abb. 10: Die Ostgruppe der Virungavulkane, von der Katholischen Missionsstation Ruasa aus. Rechts der Muhawura, Mitte der Mgahinga, links der Sabinjo. Aufnahme der „Weißen Väter“ in Ruasa.  
 11: Die Ostgruppe der Virungavulkane, von SW aus. Rechts der Muhawura, links der Mgahinga. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich zu Mecklenburg.  
 12: Der Sabinjo von Süden. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.  
 13: Die nördlichen Vorberge der Virunga-Mittelgruppe, von der Missionsstation Lulenga aus. Aufnahme von A. Norden.
- Tafel V. Abb. 14: Der Karissimbi vom südlichen Bambuswald aus, mit breitem Sockelgebirge. Aufnahme von Hans Meyer.  
 15: Der Karissimbi, vom Mikeno aus. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.  
 16: Der Karissimbi, von SW aus. Vor ihm der Hans-Meyer-Krater. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.  
 17: Der Karissimbi aus Süden, vom Brancakrater aus. Vorne Baum-senecien und Schaftlobelien. Zeichnung von R. Reschreiter nach Skizze von Hans Meyer.



- Tafel VI. Abb. 18: Der Mikeno aus SO, vom Hans-Meyer-Krater des Karissimbi aus. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.
- 19: Der Gipfel des Mikeno von Osten, aus 3000 m Höhe gesehen. Aufnahme von C. E. Akeley.
- 20: Vulkanische Tuffschichten bei Kissenji. Aufnahme von Hauptmann Kraut.
- 21: Granitkuppe im vulkanischen Aufschüttungsgebiet des Süd-Karissimbi. Aufnahme von Hans Meyer.
- Tafel VII. Abb. 22: Der Niragongo mit seinen beiden Nebenkratern, aus Osten gesehen. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.
- 23: Der Niragongo aus Süden. Aufnahme von Hans Meyer.
- 24: Der Krater des Niragongo mit den beiden Explosionsschächten 1911. Aufnahme von Hans Meyer.
- 25: Der südliche Kraterrand des Niragongo. Aufnahme von Landmesser Lange.
- Tafel VIII. Abb. 26: Ausbruch des Namlagira Mitte November 1907. Aufnahme von E. Kirschstein.
- 27: Der Namlagira, von der belgischen Station Rutschuru aus, Anfang November 1907. Aufnahme von E. Kirschstein.
- 28: Eruptionsschacht im Krater des Namlagira, November 1907. Aufnahme von E. Kirschstein.
- Tafel IX. Abb. 29: Der Niragongo, aus SW gesehen. Zeichnung von J. E. S. Moore.
- 30: Der Krater des Niragongo mit den beiden Eruptionsschächten, im Sommer 1907. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich zu Mecklenburg.
- 31: Fladen- und Gekröselava des Katerusivulkans (Ntsuro), Frühjahr 1913. Aufnahme von Hauptmann Koehl.
- 32: Blocklava des Katerusivulkans (Ntsuro) Frühjahr 1913. Aufnahme der „Weißen Väter“ von der Missionsstation Njundo.
- Tafel X. Abb. 33: Ausbruch des Katerusivulkans (Ntsuro) am 11. Dezember 1912. Rechts die Eruptionswolke, links die Wasserdampfwolke beim Einfluß der Lava in den Kiwusee. Aufnahme von Hauptmann Koehl.
- 34: Einmündung des Lavastromes vom Katerusivulkan in den Kiwusee, Dezember 1911. Aufnahme von Van de Ghinste.
- 35: Der neue Kraterberg des Katerusivulkans (Ntsuro), von Süden gesehen, Dezember 1913. Vorne die Abflußschlucht der Lava. Aufnahme von Hauptmann Koehl.
- 36: Die Bugondebucht des Kiwusees. Aufnahme von Hauptmann Kraut.

- Tafel VII, Abb. 18: Der Mittengang des Kraters des Karsinschicht aus Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.
- 19: Der Gipfel des Mirkens von Osten, aus 3000 m Höhe gesehen. Aufnahme von C. E. Akley
- 20: Vulkanische Tuffschichten bei Karsinschicht. Aufnahme von Hauptmann Kras.
- 21: Granitkuppe im vulkanischen Aufschüttungsschicht des Süd-Kraters. Aufnahme von Hans Meyer.
- Tafel VII, Abb. 22: Der Nirtengang mit seinen beiden Nebengängen, aus Osten gesehen. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich z. M.
- 23: Der Nirtengang aus Süden. Aufnahme von Hans Meyer.
- 24: Der Krater des Nirtengangs mit den beiden Explosionsröhren. Aufnahme von Hans Meyer.
- 25: Der südliche Krater des Nirtengangs. Aufnahme von Landmesser. Länge.
- Tafel VIII, Abb. 26: Ausbruch des Nirtengangs Mitte November 1907. Aufnahme von E. Kirschtstein.
- 27: Der Nirtengang von der belgischen Station Rutschow aus, Anfang November 1907. Aufnahme von E. Kirschtstein.
- 28: Explosionsröhren im Krater des Nirtengangs, November 1907. Aufnahme von E. Kirschtstein.
- Tafel IX, Abb. 29: Der Nirtengang, aus SW gesehen. Zeichnung von J. E. S. Meier.
- 30: Der Krater des Nirtengangs mit den beiden Explosionsröhren, im Sommer 1907. Aufnahme der Expedition Herzog Adolf Friedrich zu Mecklenburg.
- 31: Laden- und Ökölava des Karsinschicht (Nirtengang). Frühjahr 1913. Aufnahme von Hauptmann Köhl.
- 32: Blocklava des Karsinschicht (Nirtengang) Frühjahr 1913. Aufnahme der „Weißen Väter“ von der Missionstation Njunda.
- Tafel X, Abb. 33: Ausbruch des Karsinschicht (Nirtengang) am 11. Dezember 1912. Rechts die Explosionswolke, links die Wasserstaubwolke beim Einfließen der Lava in den Krater. Aufnahme von Hauptmann Köhl.
- 34: Einleitung des Lavastromes vom Karsinschicht in den Krater. Aufnahme von Van de Ghille.
- 35: Der neue Kraterberg des Karsinschicht (Nirtengang) von Süden gesehen, Dezember 1912. Vor der Aufschüttung der Lava. Aufnahme von Hauptmann Köhl.
- 36: Die Ingoedebucht der Kivuer. Aufnahme von Hauptmann Kras.

# Die Mfumbiro-Berge



Abb. 1.

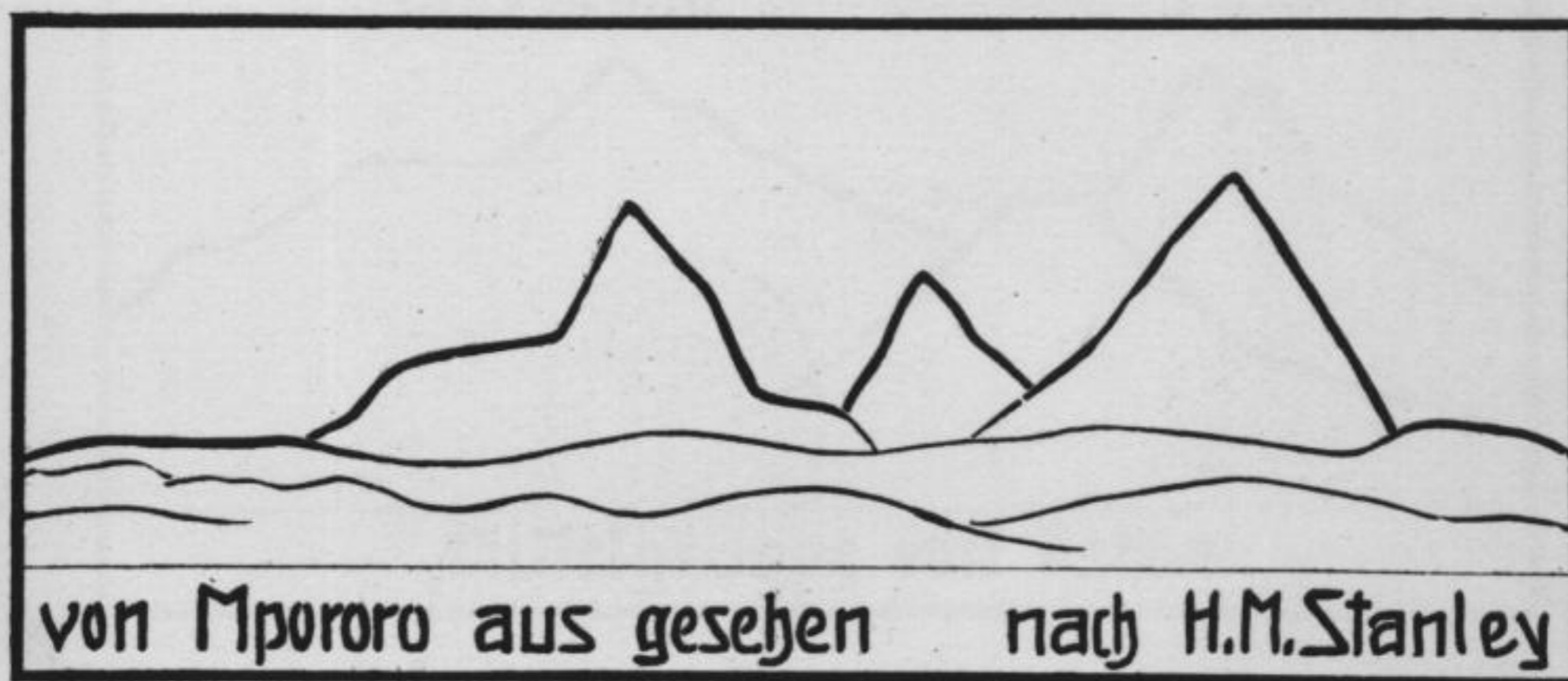


Abb. 2.

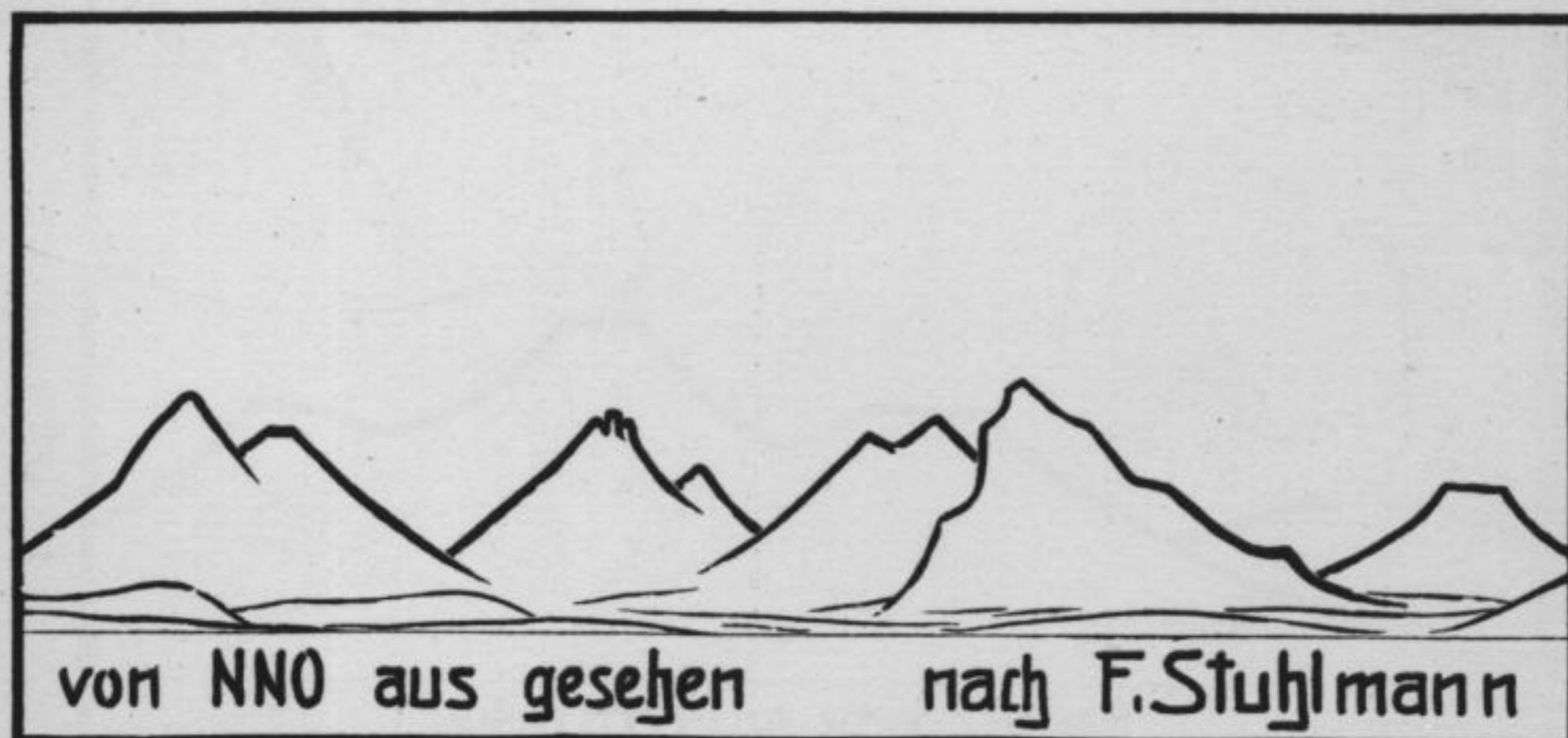
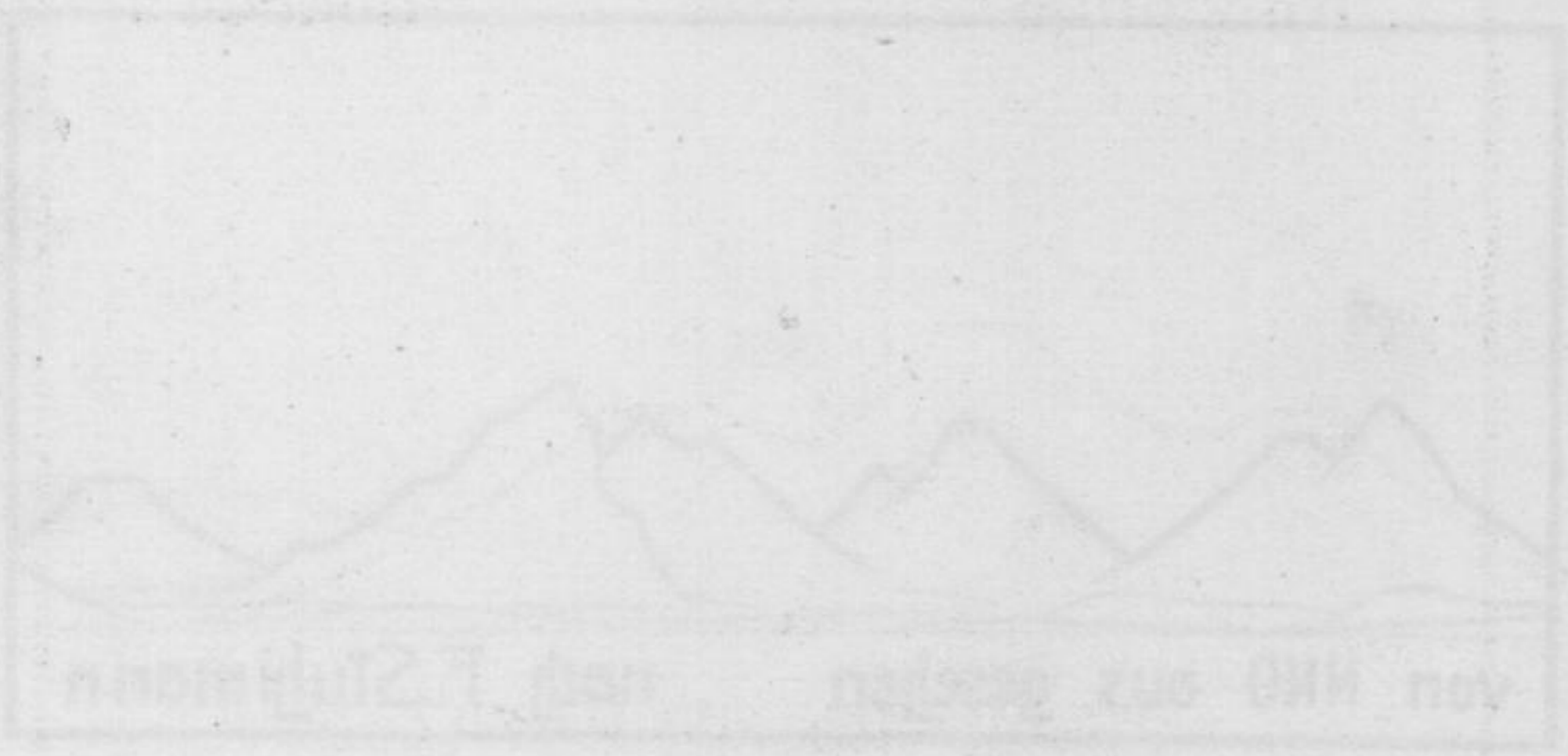


Abb. 3.

Die Klimatempel



# Die Virunga-Vulkane nach Herrmann

Tafel II  
zu Seite 17.

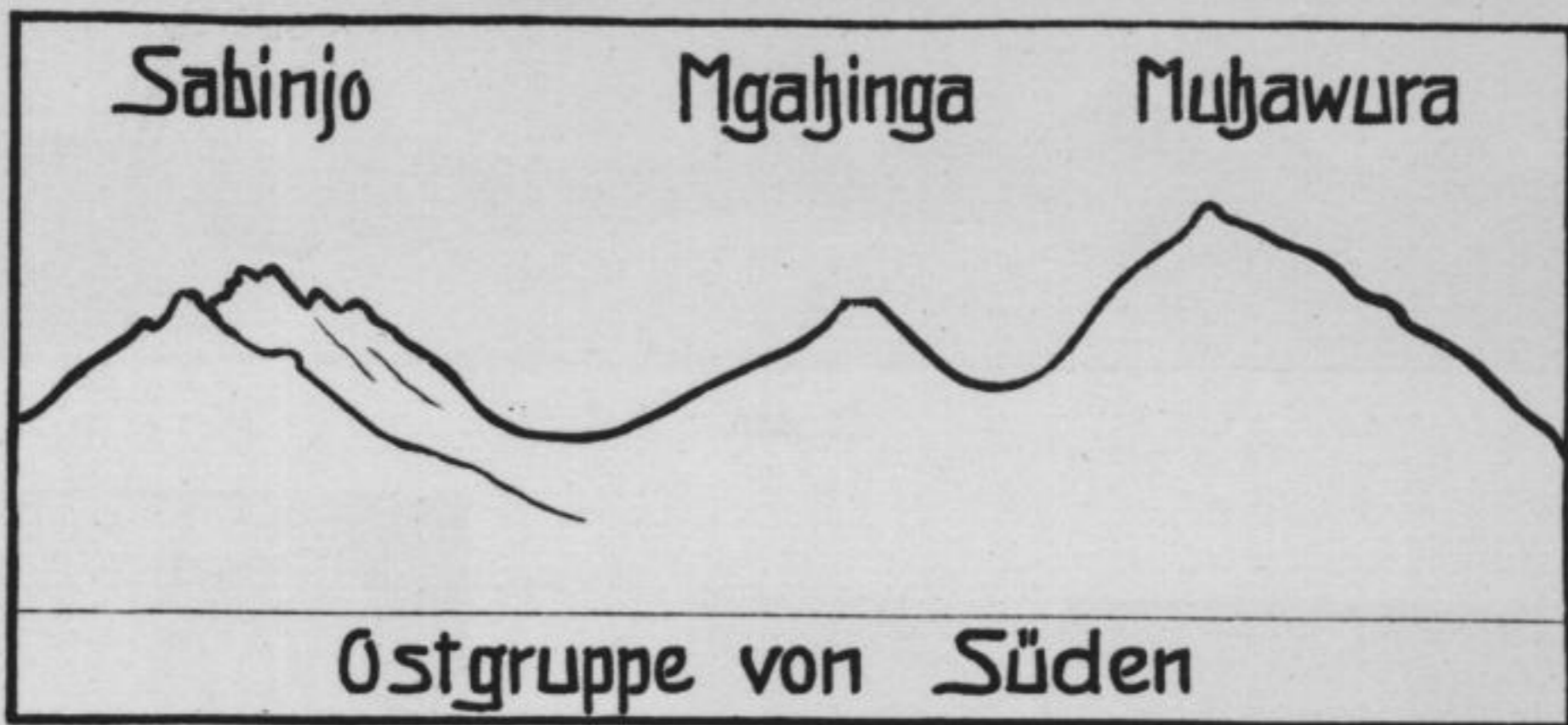


Abb. 4.

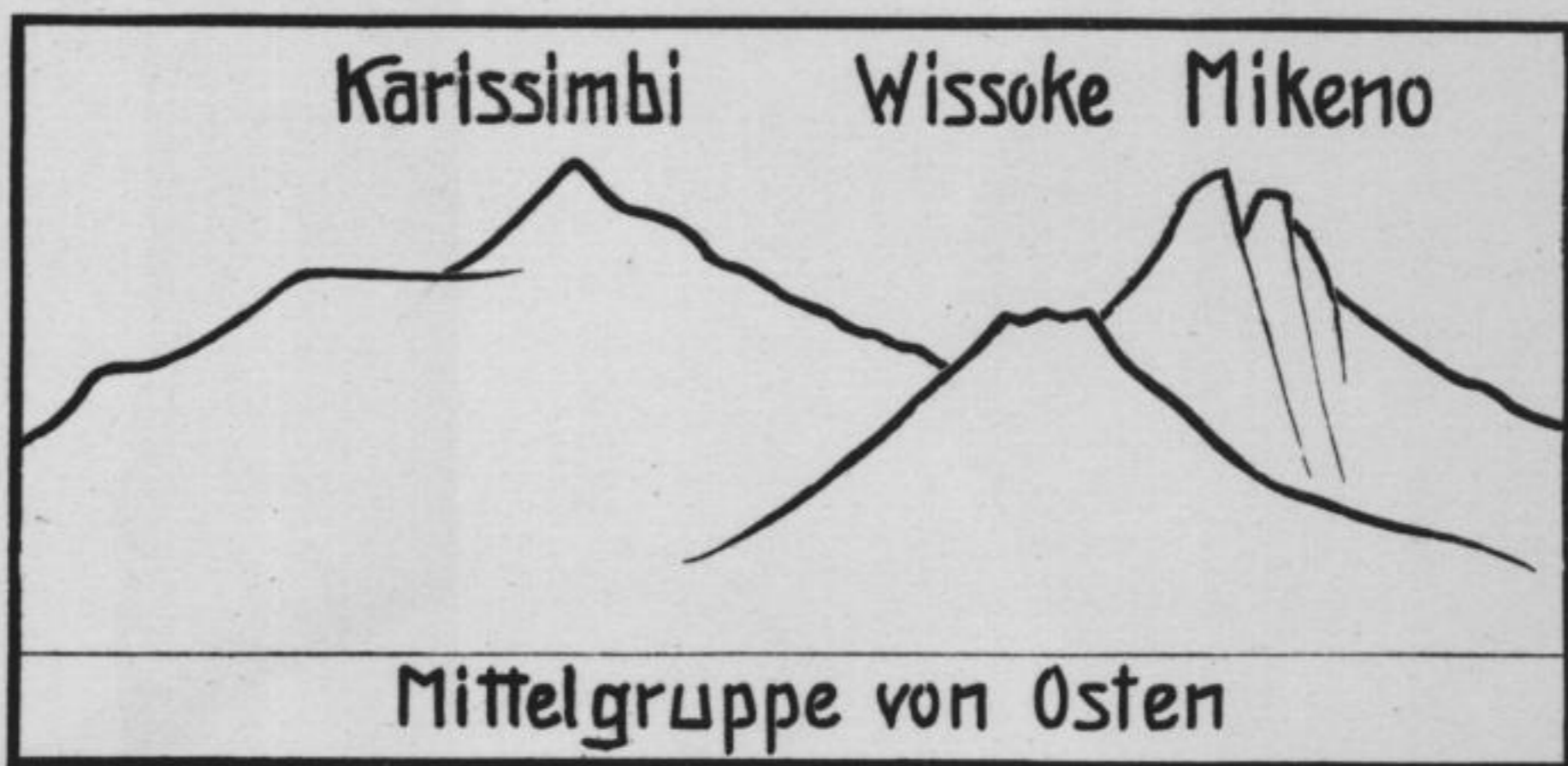


Abb. 5.

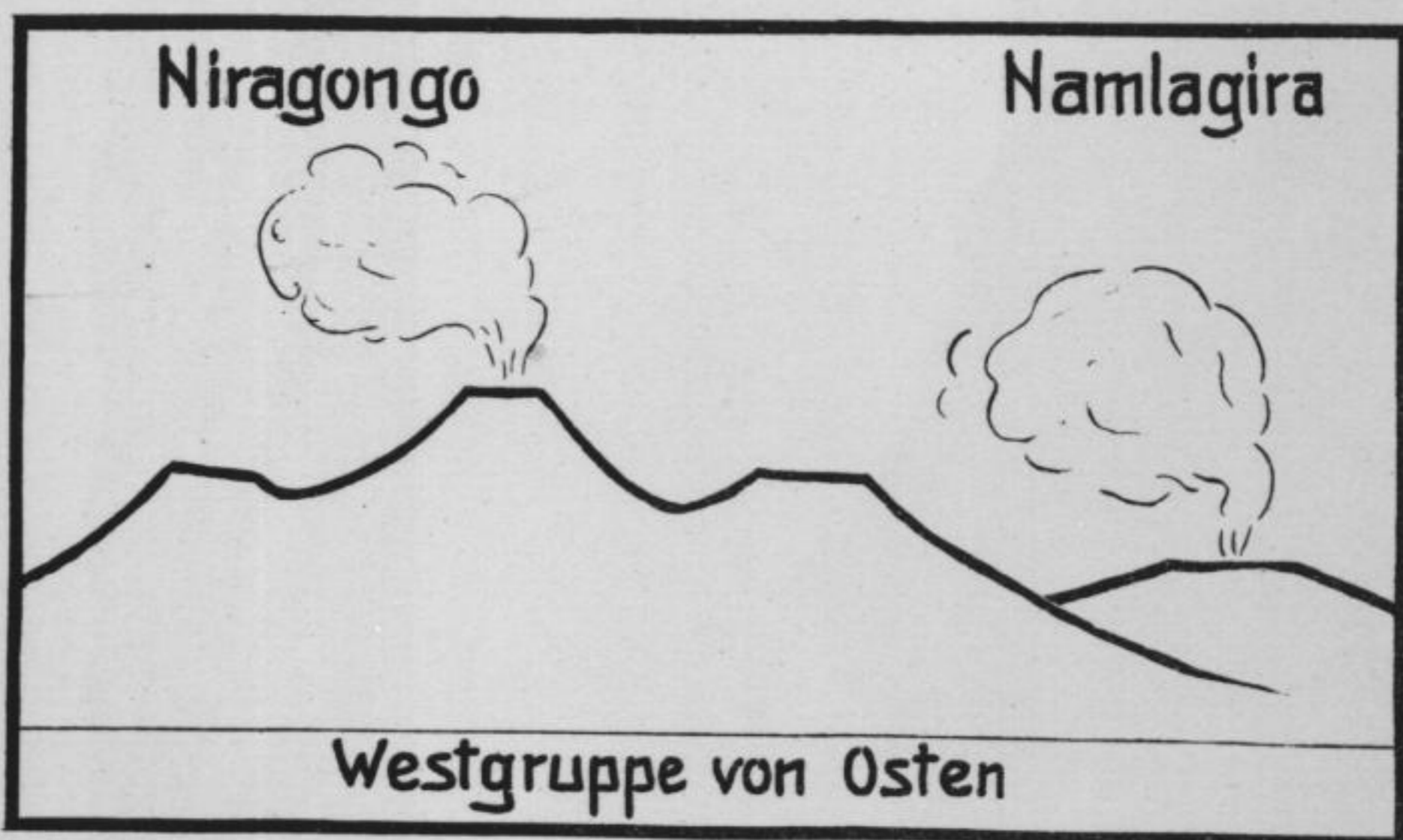
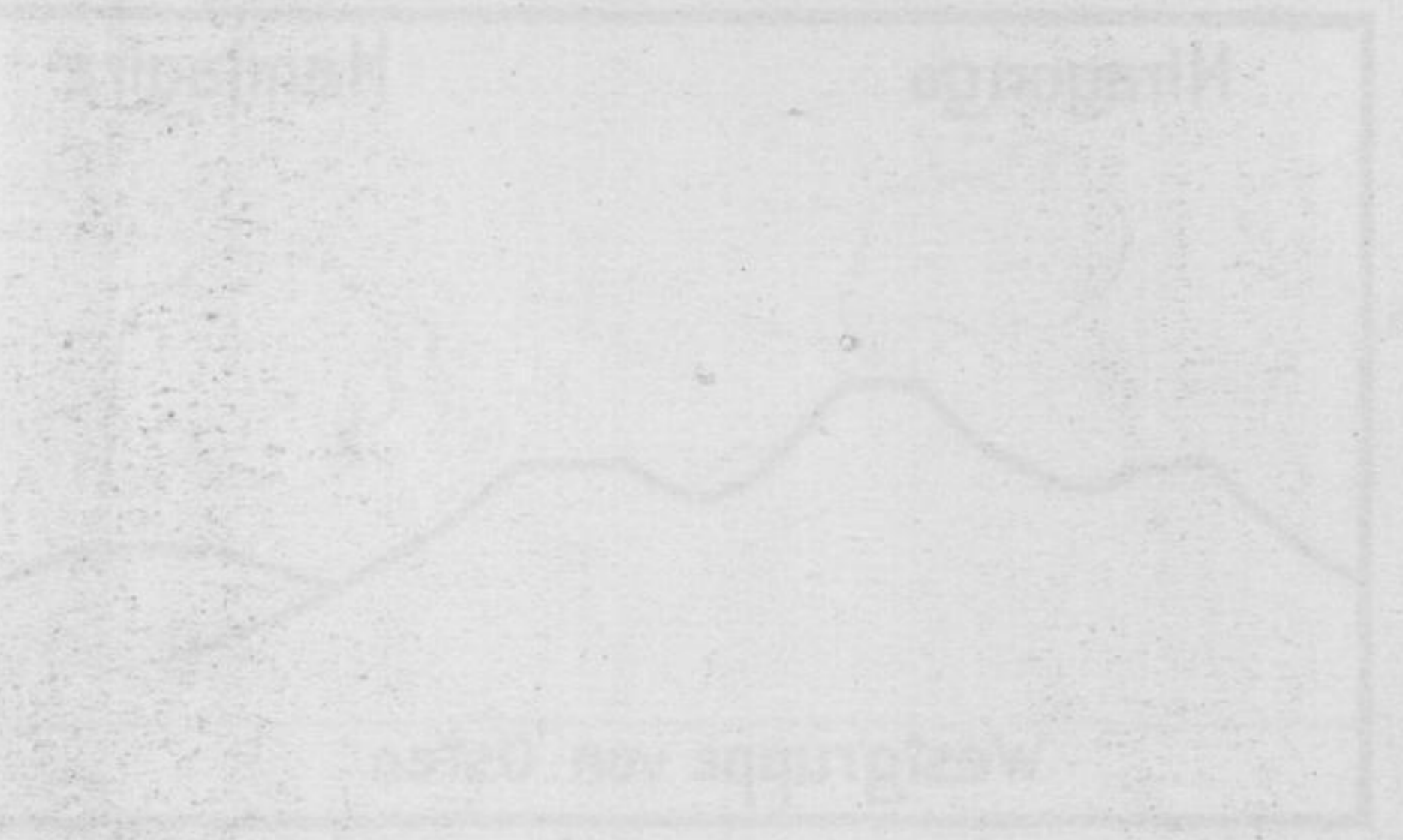


Abb. 6.

Die Völkergeschichte des Mittelalters



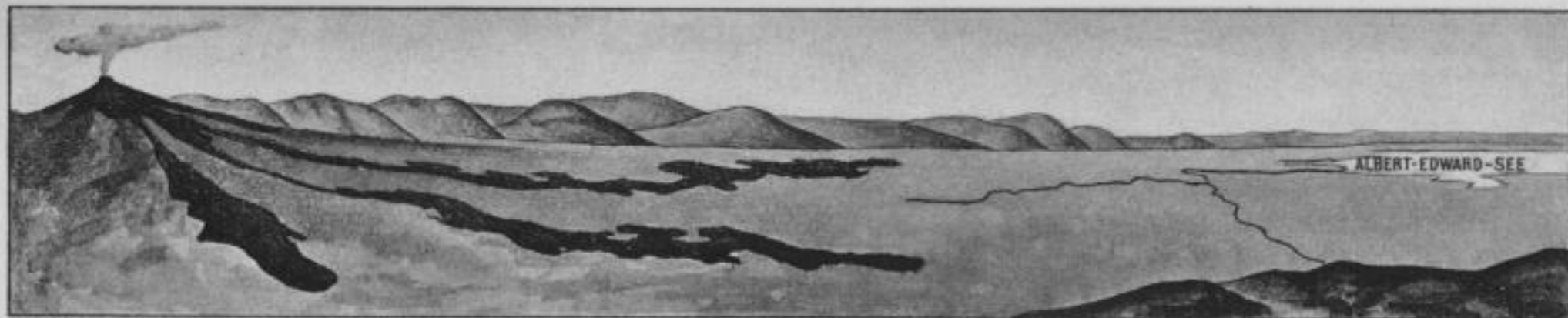


Abb. 8.



Abb. 9.

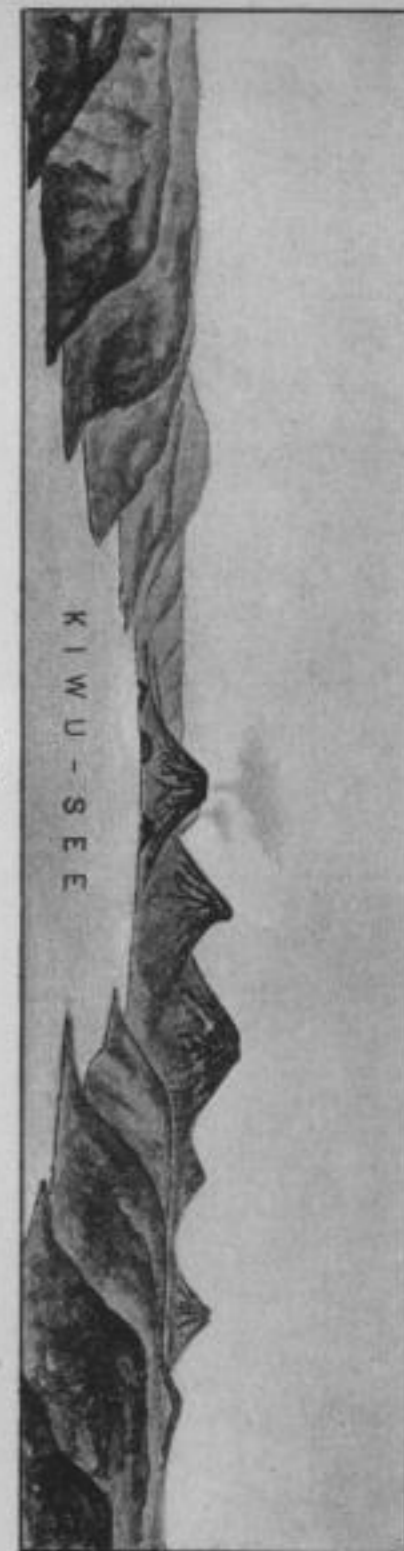


Abb. 7.







Abb. 10.



Abb. 11.

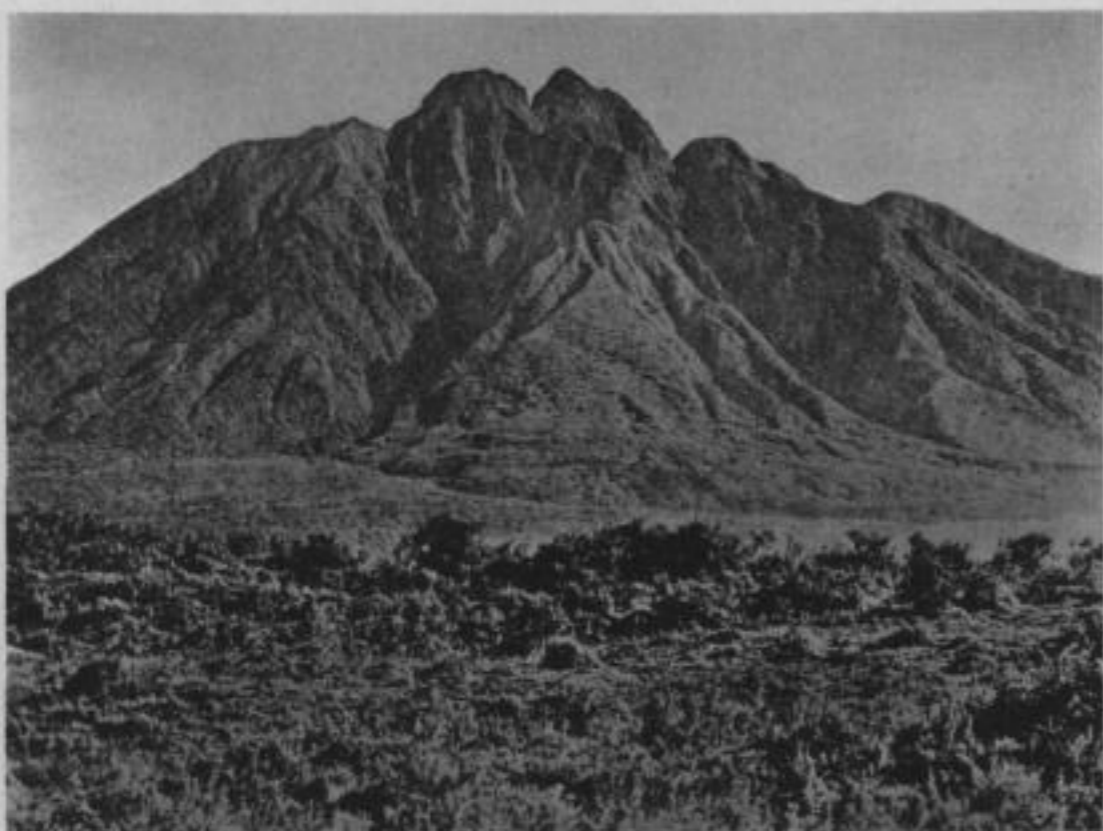


Abb. 12.



Abb. 13.





Abb. 14.



Abb. 15.



Abb. 16.



Abb. 17.



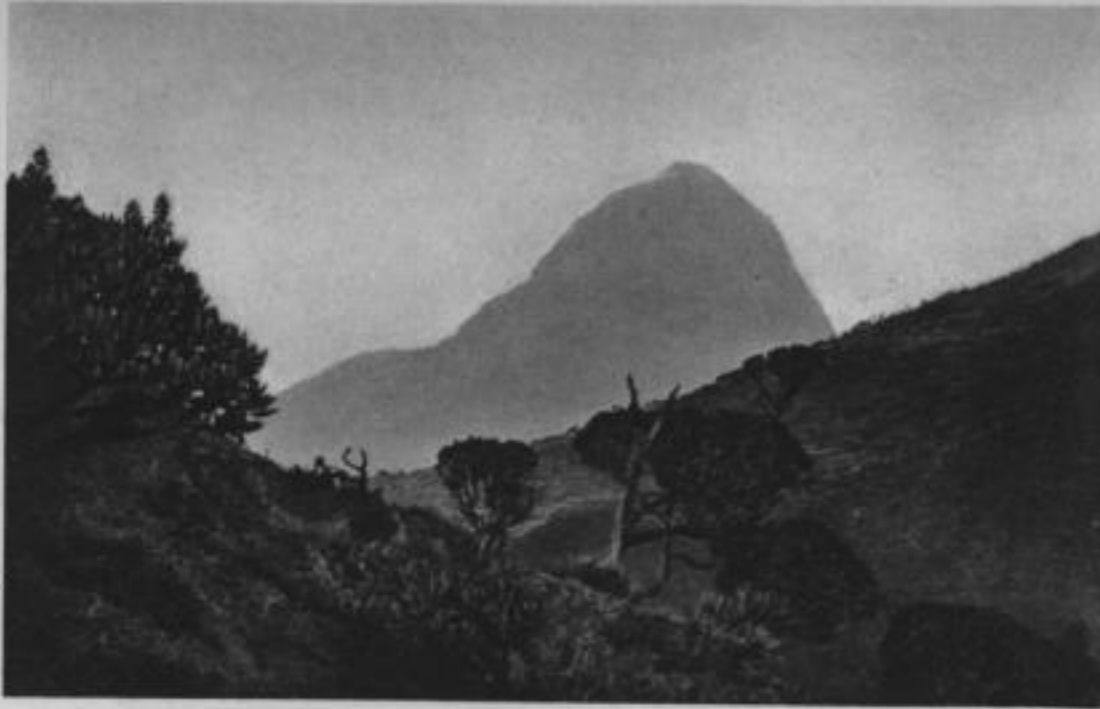


Abb. 18.



Abb. 19.

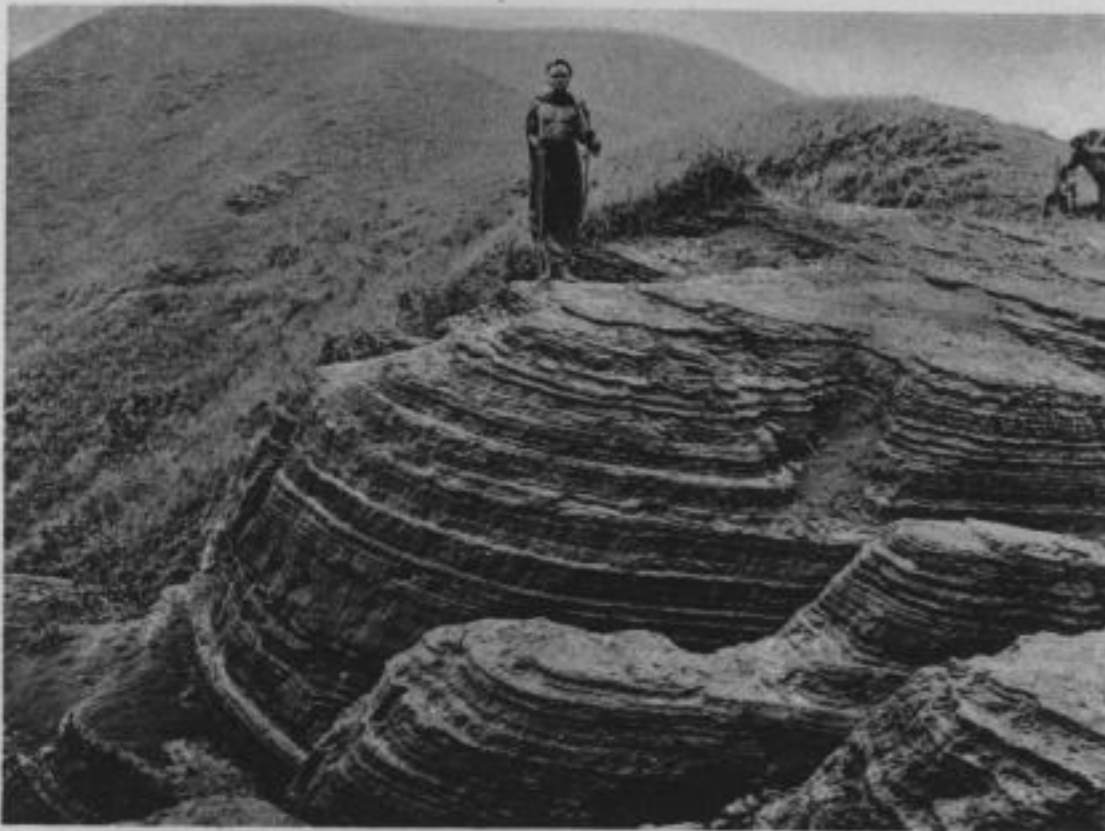


Abb. 20.

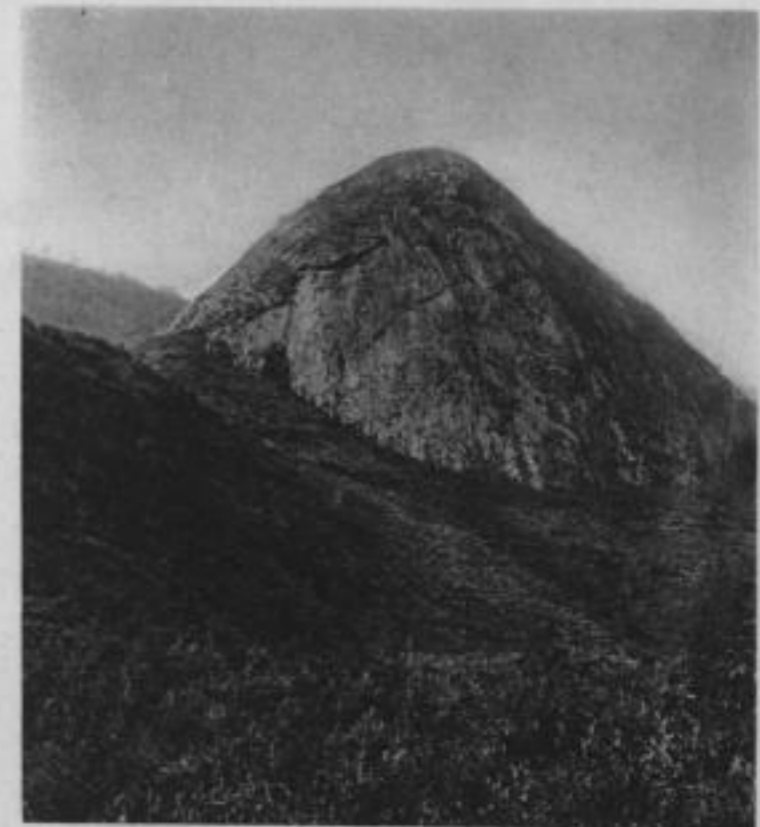


Abb. 21.





Abb. 22.

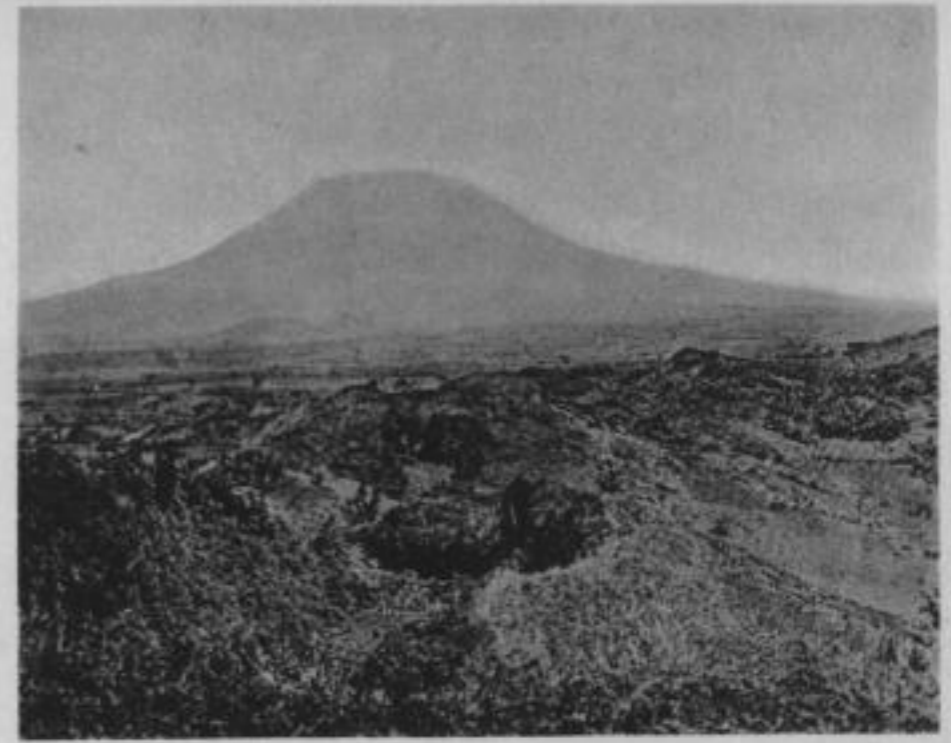


Abb. 23.

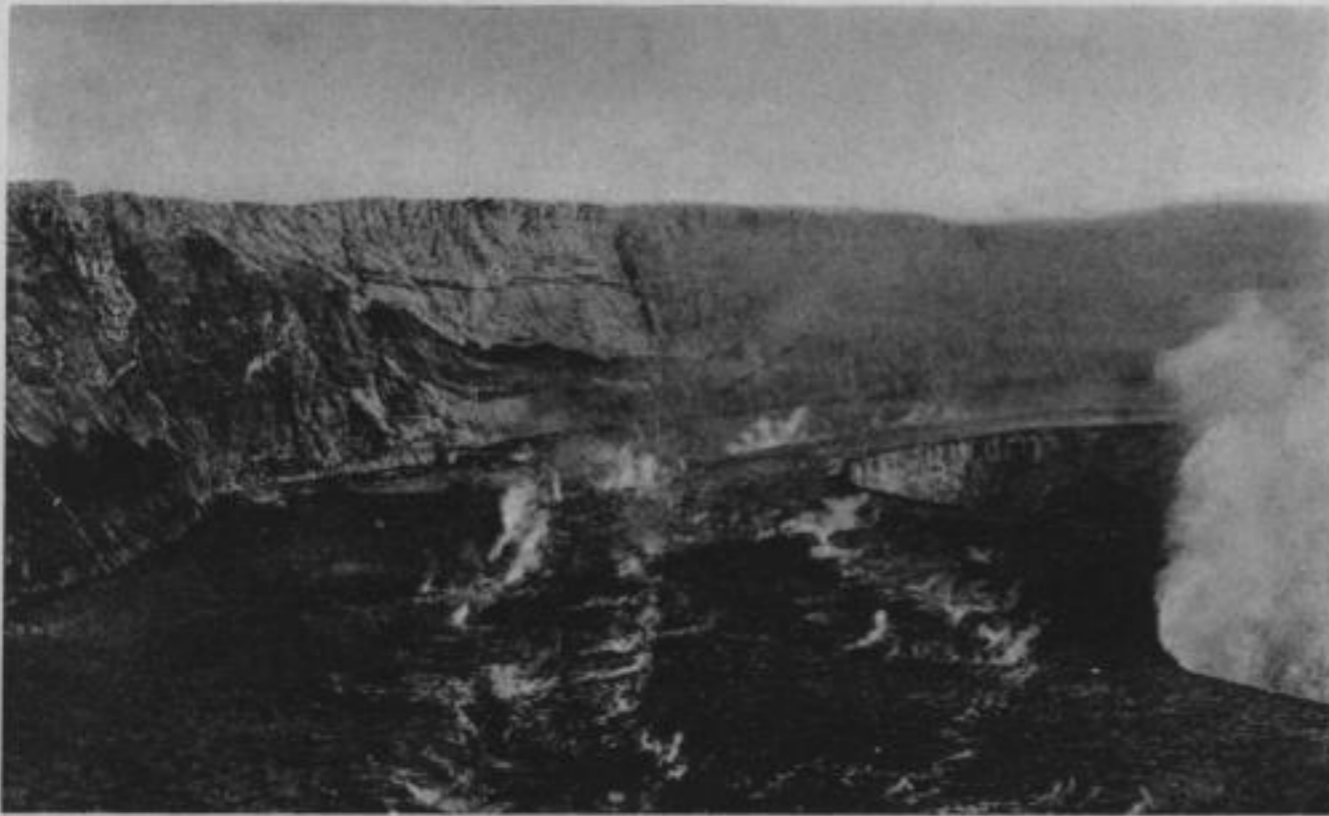


Abb. 24.



Abb. 25.







Abb. 26.



Abb. 27.



Abb. 28.





Abb. 29.



Abb. 30.



Abb. 31.



Abb. 32.



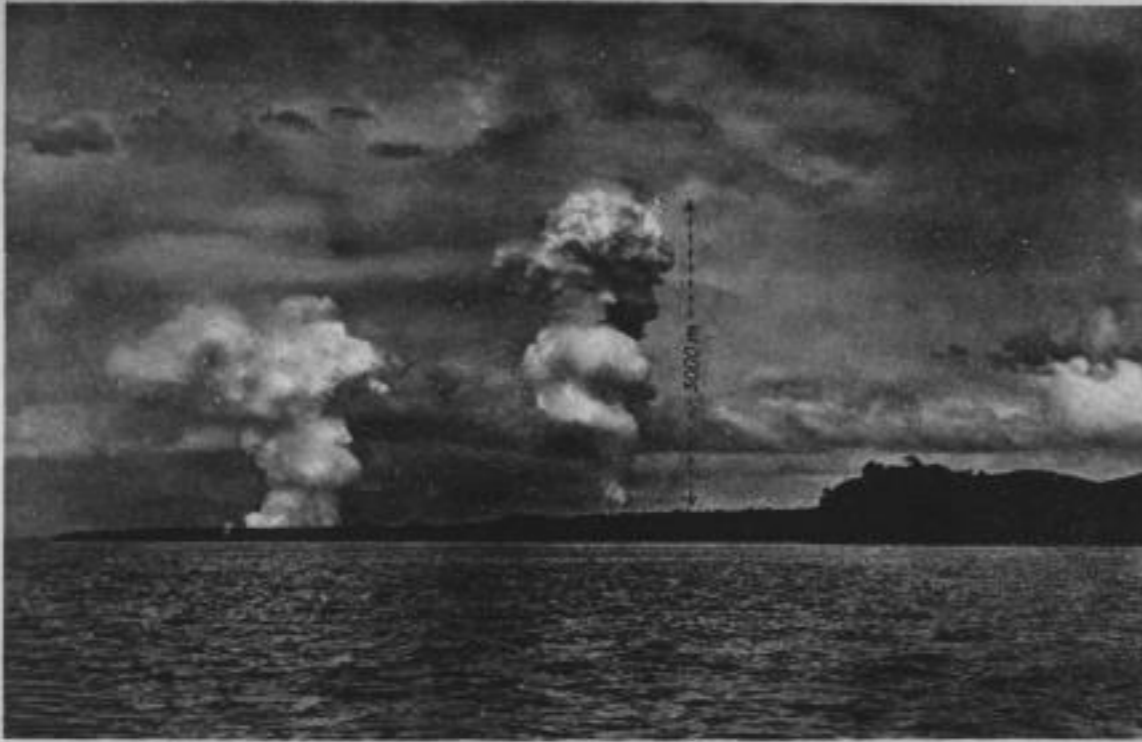


Abb. 33.



Abb. 34.

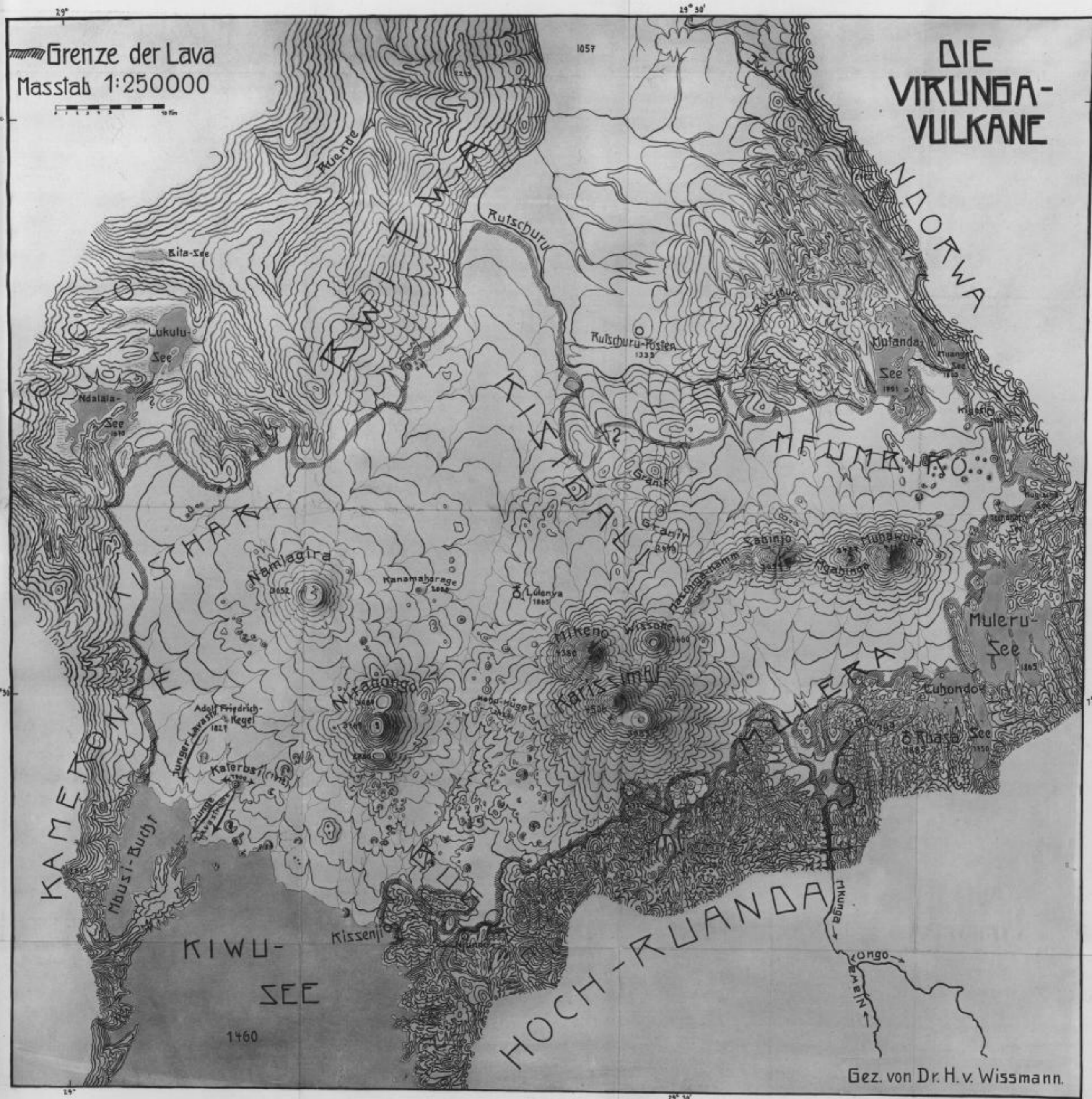


Abb. 35.



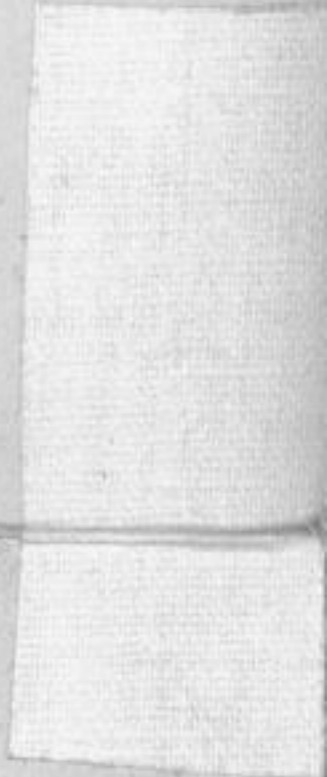
Abb. 36.





Abhandl. d. S. Akademie d. Wissensch., math.-phys. Kl. XL, 1.

Verlag von S. Hirzel in Leipzig.





# PROFILKURVEN DER VIRUNGA-VULKANE, von S. aus

