

Zusammenfassung

Die Auswertung der täglichen Wetterkarten für die Klimatologie ist eine methodisch schwierige Aufgabe. Auf der einen Seite ist ihre Lösung als Auflockerung und Gegengewicht gegen die klimatologischen Mittelwerte eine unbedingte Notwendigkeit, auf der anderen Seite besteht die Schwierigkeit, das, was die Wetterkarte darstellt, klimatologisch richtig zu deuten. Denn manche Erscheinungen des Wetterkartenbildes sind allein eine Folge der mehr zufälligen und sich rasch ändernden synoptischen Situation, andere Erscheinungen, die klimatologische Bedeutung hätten, sind durch eben diese synoptische Situation (augenblickliche Lage der Fronten und Luftmassengrenzen, Lage der Wolken- und Niederschlagsgebiete, Windfel-

der) so sehr verdeckt, daß es schwierig ist, die klimatische Wertigkeit aus der Erscheinungen Flucht richtig herauszulösen. Die Zusammenfassung gleichartiger oder ähnlicher Wetterlagen zu „Modellen“ kann diese Aufgabe wesentlich erleichtern. Einerseits wird hierbei nämlich der physikalische Zusammenhang der meteorologischen Elemente gewahrt, was bei der allgemeinen klimatologischen Statistik nicht oder nur sehr wenig der Fall ist, andererseits werden die Zufälligkeiten, die sich aus dem synoptischen Augenblicksfeld ergeben, weitgehend eliminiert. Aus der großen Anzahl von Problemen, die durch Modelle einer Lösung nähergeführt werden können, wird hier die klimatologische Frage der terrestrischen Einflüsse auf das Druckfeld behandelt.

LOKALKLIMA UND VEGETATION IM KIRISHIMA-GEBIRGE IM SÜDLICHEN KYÜSHÛ, JAPAN¹⁾

Mit 8 Abbildungen, 2 Bildern und 4 Tabellen

MASATOSHI M. YOSHINO und MIDORI T. YOSHINO

Local climate and Vegetation in the Mt. Kirishima Region, Sout Kyûshû, Japan

Summary: Local differences of air temperature, precipitation and wind conditions in the Mt. Kirishima region were firstly described. The summit areas above 1400 m in this region have Köppen's D-climate. The distribution patterns of precipitation do not coincide with those of 500 and 1000 m contour lines, but differ according to synoptic situations, such as extra-tropical cyclones, typhoons, or orographic rains. The lapse rate of maximum temperature is greater than that of minimum temperature. The greater cloudiness, the greater lapse rate. The lapse rate in summer is smaller than that in winter. According to the results of the observation from the microclimatological viewpoint, the wind velocity at the windward top of the outside of the crater is two-thirds to three-fifths of the free air wind velocity observed by radio-sonde at Kagoshima. On the contrary, that at the lee side is one-fourth to one-fifth.

Distribution of vegetation in this region is then studied in detail. To compile a vegetation map, an attempt was made from aerial photographic interpretation, referring the data accumulated at the forestry stations and obtained by field survey. In this region, vegetation is classified into twelve types as follows: 1. Laurel forest. 2. Natural coniferous forest. 3. Deciduous scrub forest. 4. Grassland. 5. Bare land. 6. Forest mixed with big deciduous trees. 7. Afforested area of mixed conifers. 8. Afforested area of Japanese cedar forest. 9. Afforested area of Japanese cypress forest. 10. Afforested area of Japanese red pine forest. 11. Young forest (species are not distinguished on aerial photographs). 12. Cultivated field.

In general the following vertical zonation of vegetation can be distinguished: 1. Laurel forests up to the height of 800 m. 2. Natural coniferous forests from 800 m to 1400 m. Among them, the forests, which consist of the coniferous trees in upper layer with evergreen broad leaved trees in middle and lower layers, appear from 800 m to 1000 m. Then the forests, which consist of the coniferous trees in

upper layer with deciduous broad leaved trees in middle and lower layers, appear from 1000 m to 1400 m. 3. Deciduous scrub forests near the steep mountain tops and ridges or surrounding the active cones. 4. Grassland including the bambusaceae and other bush area on the windy summits.

Natural coniferous forests mainly occupy the northern part of the region, where annual precipitation exceeds 4000 mm and soils show a good development. Deciduous forests cover the southern part of this region, where two volcanic cones have often caused forest fires by their ejecta. Therefore, it can be said that the secondary vegetation of deciduous scrub, as a result of forest fires, appears on the leeward side of the active cones under the influence of the prevailing upper westerly winds.

I. Einführung

Vom Lokalklima in einem Gebirgsgebiet und seinen Beziehungen zur Vegetation haben Forscher in vielen Ländern nach dem Weltkriege von seiten der Pflanzenökologie, Forstwirtschaft, Agrarmeteorologie oder Geographie berichtet. Vor allem haben J. N. WOLFE und seine Mitarbeiter zuerst im Neotomata, Ohio, USA, den Lokalunterschied des Mikroklimas sorgfältig beobachtet und darauf hingewiesen, daß die Mikroklimata eine große

¹⁾ Der Alexander-von-Humboldt-Stiftung, die uns die Gelegenheit für den Aufenthalt in Deutschland gegeben hat, verdanken wir die Möglichkeit, diese Arbeit veröffentlichen zu können. Herrn Prof. Dr. C. TROLL gilt unser herzlicher Dank für freundliche Hinweise und Diskussionen. Weiteren Dank schulden wir Dr. E. SCHMIDT-KRAEPELIN und Dr. U. SCHWEINFURTH für aufschlußreiche Kritik des Inhaltes und Dr. C. HÜTTIG für sprachliche Korrekturen.

Rolle für die Verbreitung der verschiedenen Pflanzenarten im Gebiet spielte (J. N. WOLFE et al. 1949). Der Unterschied des Mikroklimas und des Vegetationscharakters an den südlichen und nördlichen Abhängen im Cussetunk-Gebirge, New Jersey, USA, wurde auch vom ökologischen Standpunkt aus von J. E. CANTLON (1953) untersucht.

Als neueste Arbeit in Deutschland muß die kleinklimatologische Untersuchung in Geländequerschnitten der hochmontanen und montanen Stufe des Mittel- und Südwestharzes angeführt werden (E. K. HARTMANN, J. v. EIMERN, G. JAHN 1959). Die Messung der vielen meteorologischen Elemente sowie die Aufnahme der forstlichen Standorte wurde in den Jahren 1953 und 1954 durchgeführt. Schließlich ist eine Einteilung in geländeklimatologische Klimazonen nach den drei Elementen Strahlung, Luft-(Boden-)Temperatur und Luft-(Boden-)Feuchte, vorgenommen worden. Über die Lufttemperaturverhältnisse als Standortfaktor im Bergwald auf dem Gr. Falkenstein hat A. BAUMGARTNER die Ergebnisse von ausführlichen Beobachtungen vorgelegt (A. BAUMGARTNER 1960, 1961, 1962a, 1962b). Auf dem Berg Hosszúbérc im Bükkgebirge (Ungarn) hat R. WAGNER die Mikroklimata an den verschiedenen steilen und verschieden exponierten Hängen kartiert, unter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen den Klimaverhältnissen und der Vegetation (R. WAGNER 1955 u. 1956). Er unterscheidet Mikroklima, örtliches Klima, Mesoklima und Makroklima.

In Harvard Forest, Massachusetts, USA, ist das Lokalklima von einigen Forschern exakt beobachtet und besonders die durch die Topographie bedingte Temperaturverteilung und deren Einfluß auf die Vegetationsverbreitung untersucht worden (S. H. SPURR 1957, H. H. RASCHE 1958). Andere lokalklimatische Beobachtungen von forstökologischen Standpunkt aus wurden in der Cherokee-Farm, Ost-Tennessee, USA (R. E. SHANKS, and F. H. NORRIS 1950) und auf dem Green- und Montgomeryrücken, Ontario, USA. (L. B. MAC-HATTIE, R. J. MCCORMACK 1961) gemacht. Bei diesen Untersuchungen wurde die regionale Vegetationsverbreitung nicht immer im Detail analysiert. Wir kennen als einziges Beispiel eine Gemeinschaftsarbeit der Forschungsstelle für Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck (Forstliche Bundes-Versuchsanstalt 1961), bei der umfangreiche und vielseitige Untersuchungen des Mikroklimas zugleich mit der Kartierung der Vegetation durchgeführt wurden.

Vom landschaftskundlichen Gesichtspunkt aus darf man fordern, daß die Verbreitungsareale des Klimas und der Vegetation mit gleicher Skala untersucht werden müssen. In der Landschaftsfor-

schung zur räumlichen Differenzierung wurde die räumliche Größenordnung, in der wir hier die Erscheinungen behandeln, als „Fliese“ bzw. „Fliesengefüge“ (J. SCHMITHÜSEN 1948, 1949, 1961), als „Landschaftszelle“ bzw. „Landschaftszellenkomplex“ (K. H. PAFFEN 1948, 1953) oder als „Ökotope“ (TROLL, 1950) bezeichnet. Vom klimatologischen Standpunkt aus entspricht dieser räumlichen Größenordnung die Untersuchung des Lokalklimas (W. WEISCHET 1956). Unter dem Namen „Landschaftsökologie“ hat TROLL (1950) dieses Problem diskutiert und das Thema in dreidimensionaler Sicht neuerdings sehr anschaulich behandelt (C. TROLL 1961).

Dem oben genannten Zweck soll unsere Kartierung der Vegetationsverbreitung im Kirishima-Gebiet dienen, die nicht nur auf Geländebeobachtung, sondern auch auf Luftbildinterpretation basiert. Schon vor 25 Jahren hat TROLL auf die systematische Luftbildauswertung als Hilfsmittel der Vegetationsuntersuchungen hingewiesen (C. TROLL 1939, 1942, 1943). Dabei hat er an einigen Beispielen, etwa aus dem Irrawaddy-Delta-Gebiet (D. STAMP 1925) oder dem Miombowaldgebiet Nordrhodesiens (C. R. ROBBINS 1934) usw. die Möglichkeiten für die detaillierte Vegetationskartierung aufgezeigt. Nach dem Kriege wurde die Luftbildinterpretation vom geologischen, bodenkundlichen, geomorphologischen, forstwissenschaftlichen, archäologischen und geographischen Gesichtspunkte aus weiterentwickelt (E. SCHMIDT-KRAEPELIN 1958, 1959, 1960). Die erwähnten pflanzengeographischen Luftbild-Kartierungen sind aber im allgemeinen grob; d. h., man benutzt einen Kartierungsmaßstab von 1:100 000—500 000 oder sogar einen noch kleineren Maßstab. In Japan, zum Beispiel, gibt es nur eine von forstökologischer Seite mit Luftbildinterpretation durchgeführte Kartierung im Maßstab 1:50 000 im Oberlauf des Ishikari, Hokkaido (Ishikarigawagenryû-genseirin-sôgô-chôsadán 1955). Jüngst wurden die Vegetationsverbreitung von Bartica Triangle, British Guyana (1:25 000) von International Training Centre for Aerial Survey in the Netherlands kartiert (noch unveröffentlicht). Seit 1947 sind die Vegetationskarten von Frankreich im Maßstab 1:200 000 von verschiedenen Autoren erschienen. Sie sind aus den durch Luftbildinterpretation erarbeiteten Arbeitskarten, im Maßstab 1:50 000, entstanden (H. GAUSSEN 1961).

Auch im südlichen Teil (M. T. YOSHINO, 1960) und im zentralen Teil (KITAZAWA ET AL. 1960) der Ôsumihalbinsel im Südlichen Kyûshû, Japan, wo die natürlichen immergrünen Laubwälder in gutem Zustande erhalten sind, sind die Vegetationskartierungen mit Hilfe der Luftbildinterpretation im Maßstab 1:50 000 gemacht worden. Das Kiri-

shima-Gebirge, worüber wir hier berichten, liegt im nördlichen Gebiet der Ōsumihalbinsel und hat heute noch seine natürliche Vegetation (Nationalpark). Deshalb war die Kartierung der Vegetation mit Hilfe der Luftbildinterpretation in diesem Gebiet besonders interessant. Das Ergebnis kann nicht nur mit der Vegetationsverbreitung in anderen Teilen der Halbinsel verglichen werden, sondern kann auch in Beziehung zur Lokalklima-Verbreitung gebracht werden.

Andere Forscher haben von pflanzenökologischer Seite gleichzeitig eine eingehende Untersuchung über die Waldstruktur an einem Profil im Kirishima-Gebiet unter der Leitung des Research Institute for Natural Resources in Tokyo angestellt (Y. KITAZAWA, T. KUSUMOTO, M. KIMURA 1961).

II. Untersuchungsgebiet

Das Kirishima-Gebirge liegt im südlichen Kyūshū, Japan. Die 500-Meter-Höhenschichtlinie des Gebietes zeigt eine elliptische Form (Abb. 1), de-

ren 30 km lange Längsachse in Nordwest-Südost-Richtung verläuft. Die Querachse mißt 20 km. Das Kirishima-Gebirge ist ein großer Vulkan-Komplex mit Bergformen vom Homate-, Konide- und dem Kraterkegel-Typus; sie liegen auf einer schildförmigen Vulkandecke und haben große Krater oder Kraterseen. Das Gebirge besteht aus vielen Vulkanen; Karakunidade (1700 m), Ohnaminoike (1412 m), Shinmoedake (1421 m), Takachihonome (1574 m), Hinamori-dake (1344 m) usw.

Vom Pleistozän bis auf den heutigen Tag sind die Karakuni-Gruppe (Iimoriyama, Koshikidake, Karakunidade und Ohnaminoike) im Westteil des Gebietes und die Takachio-Gruppe (Hinamori-dake, Ohhatayama, Shinmoedake und Takachihonome) im Ostteil des Gebietes in Tätigkeit (SAWAMURA u. MATSUI 1957). In geschichtlicher Zeit wird zuerst im Jahr 742 die Tätigkeit des Kirishima erwähnt, wobei allerdings der Name des Berges unklar ist, und dann im Jahr 788 der starke

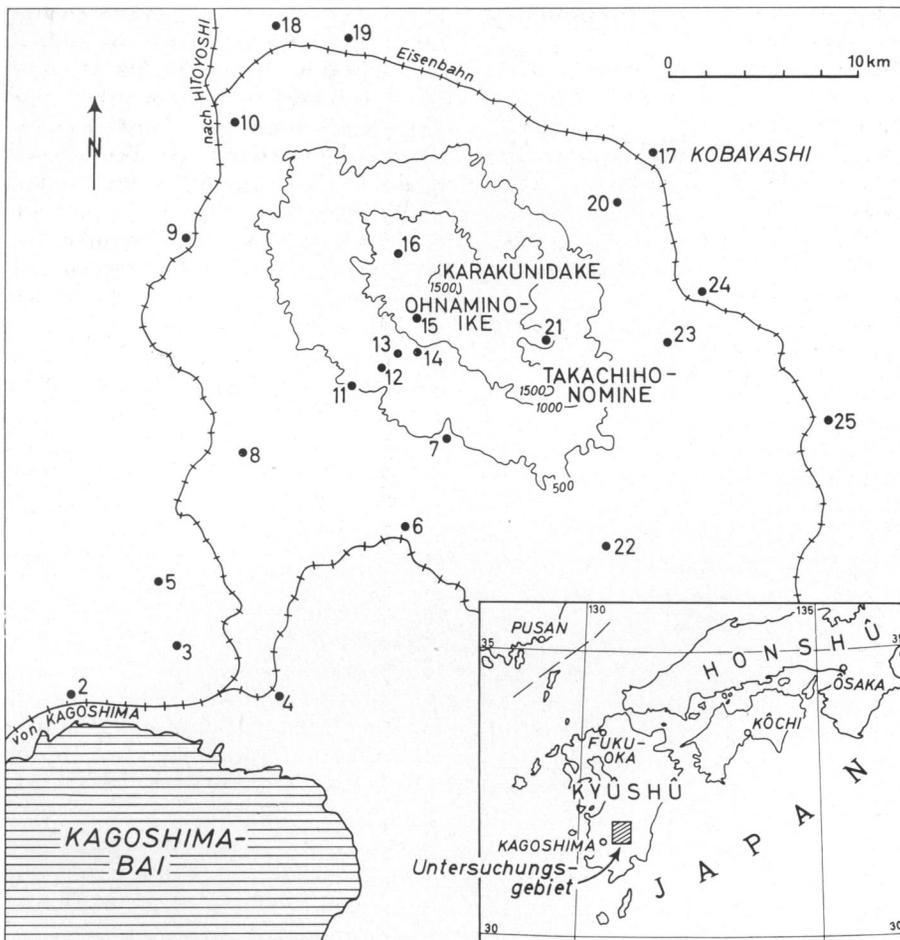


Abb. 1: Untersuchungsgebiet und die Verbreitung der Stationen.

Stationnummer und Namen der Stationen werden in der Tabelle 2 erklärt.

Vulkanismus des Ohachi und seit 1716 der Ausbruch des Shinmoedake. Am 17. Februar 1959 trat der Shinmoedake aufs neue in Tätigkeit und ist heute noch aktiv.

Die Verhältnisse der Bodentiefe im Kirishima-Gebiet sind kompliziert; die Bodenschichten sind am Eboshidake, Ohnaminoike, Karakunidake und in dessen nördlichem Gebiet mächtig, weniger stark am Ohhatayama, Shinmoedake, Nakadake, Ohachi, Takachihonome und Futatsuhiyama. Die Bodentiefe am südlichen Hang des Ohnaminoike beträgt z. B. 150—200 cm und im Gegensatz dazu, an der Hangmitte des Nakadake und Shinmoedake nur 0—20 cm.

Die Ergebnisse der amtlichen meteorologischen Beobachtungen auf dem Gipfel (1325 m), auf halber Höhe (765 m) und am Fuße (240 und 200 m) des Ohnaminoike sind in Tabelle 1 gegeben. Auf dem Gipfel ist das Jahresmittel der Lufttemperatur $8,5^{\circ}\text{C}$, das Monatsmittel des kältesten Monats $-2,4^{\circ}\text{C}$, das Monatsmittel des wärmsten Monats $18,8^{\circ}\text{C}$ und die jährliche Niederschlagsmenge 3200 mm. Deshalb ist die Klimaformel nach KÖPPEN für den Gipfel Cfb und unterhalb der Mitte Cfa. Bei der extrem niedrigen Monatsmitteltemperatur von $-4,4^{\circ}\text{C}$ im Januar 1945 auf dem Gipfel und einer präsidentiven Monatsmitteltemperatur des kältesten Monats aus der Tabelle 1 gehören die Höhen über 1400 m zum Dfb-Klima, damit auch die Gipfel des Ohnaminoike, Karakunidake, Shinmoedake und Takachihonome. Dieses D-Klima-Gebiet stellt eine südliche Grenze des D-Klimas in Japan dar.

Für die südliche Lage ist die Schneehöhe nach der Beobachtung in Ebino verhältnismäßig hoch. Die längste Dauer einer Schneedecke war etwa 10

Tage, aber man beobachtete nicht selten 40—50 cm Neuschnee in 24 Stunden. Die größte Schneehöhe konnte am 16. Januar 1959 mit 125 cm und am 18. Januar 1959 mit 130 cm gemessen werden. Der Gipfel des Ohnaminoike hat durchschnittlich 34 Tage mit Reif pro Jahr. Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit auf dem Gipfel des Ohnaminoike war 6,5 m/s im Jahr 1944, an der Hangmitte, Hayashida, 2,6 m/s. Die beobachteten maximalen Windgeschwindigkeiten stellten sich 1944 mit 31,7 m/s aus SSW-Richtung und 1945 mit 34,7 m/s aus SSE-Richtung ein.

Im Kirishima-Gebirge können wir die Beobachtungswerte der 5 Wetterämter und der 20 Klimastationen benutzen, deren Lage zueinander aus der Abb. 1 hervorgeht. Da die Lage vieler Stationen nach dem Kriege verändert wurde oder einige abgeschafft und andere eröffnet wurden, haben wir langjährige Ergebnisse nur von 2 Stationen. Wir müssen diese Beobachtungsmaterialien benutzen, um die lokale Verteilung des Niederschlages und der Temperatur zu erklären. Deshalb sind der Zeitraum von 1944 bis 1948, in dem die amtlichen Stationen am Ohnaminoike beobachtet haben, und der Zeitraum von 1956 bis 1959, in dem neue Klimastationen eröffnet wurden, zum Zweck der lokalklimatologischen Untersuchung verwandt worden. Die langjährigen Beobachtungswerte befinden sich in Kagoshima und Kobayashi.

Die Verhältnisse der Vegetation im Kirishima-Gebiet sind von einigen Botanikern am Hang des Ohnaminoike untersucht worden. G. MASAMUNE (1953) teilte den Hang in drei Vegetationsstufen ein; die Bergfußzone unter 900 m, die Berghangzone zwischen 900 und 1400 m, ohne Gipfel, und den Gipfel, wo nur Gräser und Büsche wachsen.

Tabelle 1 Klimatablelle an den Stationen am Ohnaminoike

Seehöhe	Gipfel (Ohnaminoike) Station-Nr. 15			Hangmitte (Hayashida) Station-Nr. 13			Bergfuß (Taguchi) Station-Nr. 6	Bergfuß (Makisono) Station-Nr. 8
	Lufttemp.	Niederschlag	Windgesch.	Lufttemp.	Niederschlag	Windgesch.	Lufttemp.	Lufttemp.
		1325 m			765 m		240 m	200 m
Jan.	$-0,1^{\circ}\text{C}$	73 mm	6.5 m/s	$1,8^{\circ}\text{C}$	67 mm	1.9 m/s	$3,6^{\circ}\text{C}$	$4,8^{\circ}\text{C}$
Feb.	$-2,4$	141	8.9	2.3	114	2.6	4.5	5.7
März	0.4	112	7.8	6.1	120	3.1	8.0	9.9
April	5.9	183	8.0	12.0	163	3.2	12.1	13.1
Mai	12.0	293	6.6	15.0	184	3.0	16.8	18.6
Juni	15.2	422	5.2	18.8	618	2.5	19.8	22.5
Juli	18.7	570	6.0	22.3	661	2.8	23.3	25.9
Aug.	18.8	307	5.0	23.0	286	2.8	23.6	27.0
Sept.	15.9	570	4.8	20.7	559	2.5	21.3	23.7
Okt.	11.9	160	4.6	15.9	296	2.4	15.9	17.8
Nov.	7.6	282	5.7	11.1	126	2.5	10.8	13.4
Dez.	$-2,2$	58	8.5	3.3	84	2.4	6.8	7.6
Jahr	8.5	3172	6.5	12.7	3278	2.6	13.9	15.8
Beobachtungsperiode	1944	1944	1944	1944-45	1944-45	1944-47	*	*

* Fukuoka District Weather Observatory 1949: „Kyûshû-kikôzu“

J. HINO (1933) teilt den Hang ebenfalls in drei Zonen: die Bergfußzone, die Berghangzone zwischen 800 und 1000 m und die Gipfelzone über 1300 m, wo Hochgebirgsphysiognomie herrscht, aber keine alpinen Pflanzen gedeihen. Er führte diese Physiognomie auf meteorologische Einflüsse zurück. NAKAMURA wies 1943 auf die zwei Waldtypen am Hang hin: nördlicher subtropischer Waldtyp zwischen 700 und 1200 m und der Waldtyp der warm-gemäßigten Zone über 1200 m. Er bemerkt auch, daß die Höhe der Bäume in der Gipfelzone infolge des starken Winds niedrig ist.

Vom ökologischen Standpunkt aus hat K. ARAKAWA (1931) die hauptsächlichen Pflanzengesellschaften auf Grund ihrer Struktur und Sukzession im Kirishima-Gebirge in drei Klassen eingeteilt. Seine Klassifikationskriterien wurden bei unserer folgenden Untersuchung im Kirishima-Gebirge benutzt: 1. Gesellschaft mit *Cyclobalanopsis* und *Quercus* — *Machilus Thunbergii* — *Distylium racemosum* — *Pinus Thunbergii*, 2. Gesellschaft mit *Abies firma* — *Tsuga Sieboldii* — *Pinus densiflora* — *Cyclobalanopsis* und *Quercus* — *Distylium racemosum* und 3. Gesellschaft mit *Picea polita* — *Pinus densiflora* — *Fagus crenata* — *Quercus crispula* (Kumamoto-eirinkyoku-shokuseichôsa-gakari 1938). In seiner Studie über die Beziehung zwischen der vertikalen Verbreitung des Waldes und der Lufttemperatur in Japan hat T. KIRA (1948) bemerkt, daß die Grenze zwischen immergrünen und sommergrünen Laubwäldern im südlichen Kyûshû in der Höhe von 1000 m liege. Noch ausführlicher wurden die immergrünen Wälder im südlichen Kyûshû von SUZUKI in drei Typen pflanzensoziologisch klassifiziert (T. SUZUKI 1951).

III. Lokalklima²⁾

1. *Niederschlagsmenge.* Die Niederschlagsverteilung im Kirishima-Gebirge ist nicht nur aus lokalklimatischem Gesichtspunkt interessant, sondern zeigt auch eine gute Korrelation zur Vegetationsverbreitung im Gebiet.

In der Verteilung der jährlichen Niederschlagsmenge (Abb. 2) kann man zwei wichtige Tatsachen feststellen: 1. das niederschlagsreichste Gebiet hat mehr als 4500 mm Jahresniederschlag; 2. es stimmt mit dem topographisch höchsten Zentrum des Kirishima-Gebietes nicht überein, sondern verschiebt sich in den nordwestlichen Teil des Gebietes. Als regenreichstes Gebiet gilt die Station Ebino im

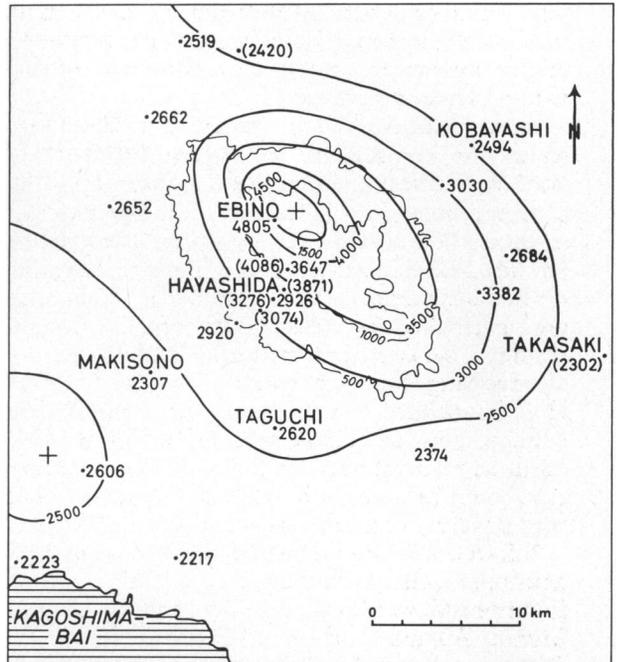


Abb. 2: Verteilung der jährlichen Niederschlagsmenge (mm)

Nordwesten in einer Höhe von 1150 m. Die Isohyete 3500 mm verläuft im Südwesten entlang der 1000-Meter-Höhenschichtlinie, aber im Nordosten entlang der 500-Meter-Höhenschichtlinie. Die Isohyete 3000 mm verläuft an der Südwestseite in 500—600 m Höhe und an der Nordostseite des Gebietes in 230—240 m Höhe. Interessant ist nicht allein die Lage des niederschlagsreichsten Gebietes, sondern auch die Asymmetrie der Isohyetenkurven gegenüber der elliptischen Form der Höhenschichtlinien des Gebietes.

Diese Abweichung der Niederschlagsverteilung ist vom regenbringenden Wind abhängig. Hierzu ist folgendes zu beachten: Auf Grund der geschlossenen Kurven der Isohyeten im Kirishima-Gebiet ist es klar, daß das Gebirge eine aufsteigende, regenverstärkende Wirkung auf die Luftströmung hat. Die Tatsache, daß das niederschlagsreichste Gebiet je nach der Wetterlage den Ort wechselt, läßt uns die Wirkung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit auf die Niederschläge erschließen. Da aber in diesem Gebiet der Wind, der den Niederschlag bringt, aus dem Sektor von Ost bis Südost weht, muß diese Verlagerung des Niederschlagsgebietes im wesentlichen von der Windgeschwindigkeit abhängig sein. Die starken Ost- oder Südostwinde der Taifunwetterlage tragen nämlich die Regentropfen über den Berggipfel auf die Leeseite im Nordwesten. Das niederschlagsreiche Gebiet liegt also auf der Leeseite des Gebirges. Im Falle von außertropischen Zyklonen und

²⁾ Eine lokalklimatologische Untersuchung der Niederschlags- und Lufttemperaturverteilung in allen Einzelheiten mit den Werten, die an den 25 meteorologischen sowie klimatologischen Stationen im Gebiet beobachtet worden sind, erscheint an anderer Stelle. Hier bringen wir nur die Ergebnisse, die Beziehung zur Vegetationsverteilung haben.

von orographischen Niederschlägen erscheint das niederschlagsreiche Gebiet wegen des verhältnismäßig schwachen Ostwindes auf der Luvseite im Ostteil des Gebietes.

Vom Standpunkt der synoptischen Klimatologie ist die verschiedene Verteilung der jährlichen und monatlichen Niederschläge leicht erklärbar.

Die Verbreitung des monatlichen Niederschlags ist durch die einzelnen Niederschlagstypen bedingt. Im Februar 1944 waren zum Beispiel acht Niederschläge festzustellen, vier davon bei außertropischen Zyklonen und vier bei Fronten, die wenige Niederschläge brachten. Deshalb hat die Verbreitung des Niederschlages im Februar 1944 eine Ähnlichkeit mit der Verbreitung des Niederschlages bei den außertropischen Zyklonen. Man kann auch annehmen, daß die abweichende jährliche Verbreitung sich aus den abweichenden monatlichen Verteilungen zusammensetzt.

2. *Lufttemperatur.* Die Monatsdurchschnitte der Minimum- und Maximumlufttemperatur für den kältesten Monat, Februar, und für den wärmsten Monat, August, sind in der Tabelle 2 aufgeführt. Die angegebenen Monatsmitteltemperaturen sind die Mittel aus Minimum- und Maximumtemperatur.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe am südwestlichen Hang wurde nach Tabelle 2 berechnet. Im Februar sind verschiedene Gradienten auf dem oberen und unteren Hangteil zu beobachten. Über etwa 650 m ist die Temperaturabnahme $0.86^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, aber unter 650 m $0.45^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Der Grund zu diesem Gradientenunterschied liegt in folgenden Erscheinungen: Im Winter ist

die Temperaturabnahme mit der Höhe besonders stark in polarkontinentalen Luftmassen aus Sibirien (Y. SUGAWARA ET AL. 1939). Diesen Charakter im Winter kann man allgemein in den japanischen Hochgebirgen bemerken (M. M. YOSHINO 1961). Wegen der auf dem Bergfuß gebildeten starken Bodeninversionsschicht ist der mittlere Gradient auf dem Unterteil des Hangs klein. Dieses Problem wird an anderer Stelle mitgeteilt werden. Der Gradient im August macht keinen Unterschied zwischen dem Ober- und Unterteil des Hanges, d. h., vom Fuß bis zum Gipfel nimmt die Temperatur im gleichen Verhältnis von $0.68^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ab.

Auf den anderen Seiten des Hangs kann man leider diese Gradienten nicht berechnen, weil die Stationen dort zerstreut liegen. Am nordöstlichen Bergfuß ist aber eine Inversion des Monatsmittels der Minimumtemperatur im Februar bemerkbar: Kobayashi (206 m) mit 1.2°C und Hinamori (235 m) mit 3.3°C . Die Horizontaldistanz zwischen beiden Orten beträgt 3,5 km.

Die Temperaturgradienten wurden durch Vergleich mit den Geländemessungen exakt ermittelt. In der Zeit vom 17. bis 26. August 1960 wurden die Thermographen, die für den Zweck der Geländebeobachtung speziell konstruiert wurden, an 4 Meßpunkten, die Minimumthermometer und Maximumthermometer mit einfachem Dach gegen unmittelbare Zustrahlung an 6 Meßpunkten aufgestellt. Außerdem wurden noch an 13 Meßpunkten Beobachtungen mit Åßmann-Aspirationspsychrometer gemacht. Die Messungen sind an jeder Meßstelle in 120 cm Höhe über dem Boden

Tabelle 2 Mittlere Lufttemperatur* im Februar und August ($^{\circ}\text{C}$)

Beobachtungs- stelle	See- höhe (m)	Februar			August		
		Max. Lufttemp.	Min. Lufttemp.	Mittel	Max. Lufttemp.	Min. Lufttemp.	Mittel
1. Kagoshima	4	12.5	2.5	7.5	31.8	23.3	27.6
2. Kajiki	3	11.3	2.4	6.9	33.2	22.4	27.8
3. Kajikinaehata	215	11.1	2.7	6.9	26.9	—	—
4. Kokubu	8	12.8	2.2	7.5	32.9	23.6	28.3
5. Tamari	205	11.1	1.9	6.5	29.7	21.8	25.8
6. Taguchi	240	11.1	0.5	5.8	30.4	21.6	26.0
7. Kirishimanaehata	470	—	—	—	27.5	21.1	24.3
8. Makisono	200	11.6	1.4	6.5	32.2	21.2	26.7
9. Kurino	186	11.3	0.5	5.9	31.3	19.9	25.6
11. Takachiho	495	9.3	0.4	4.9	29.5	21.5	25.5
12. Maruo	652	9.5	0.9	5.2	27.9	19.9	23.9
13. Hayashida	765	7.5	-0.2	3.7	26.5	19.5	23.0
14. Enoo	854	7.4	0.6	4.0	25.4	19.0	22.2
15. Gipfel	1325	2.4	-4.3	-1.0	21.5	16.4	19.0
16. Ebino	1150	3.9	-2.7	0.6	22.1	15.7	18.9
17. Kobayashi	206	11.7	1.2	6.5	31.1	21.4	26.3
18. Masaki	230	10.1	-0.4	4.9	31.0	21.4	26.2
20. Hinamori	235	10.8	3.3	7.1	29.1	21.0	25.1
23. Sano	232	—	—	—	30.5	20.5	25.5
24. Takaharu	200	11.5	2.3	6.9	29.9	20.9	25.4

* Beobachtungen von verschieden langer Dauer ausgeglichen auf die Beobachtungszeit von Kagoshima und Kobayashi, 1944–1948, 1956–1959

ausgeführt worden. Der Bewölkungsgrad während der Messungen war immer 10 oder 9, kurzzeitig hat es auch geregnet.

Die Ergebnisse der Messungen (Tabelle 3) zeigen deutlich Temperaturabnahme mit der Höhe. Die von der Tabelle errechneten Gradienten sind $0.73^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ für die Maximumtemperatur, $0.51^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ für die Minimumtemperatur. Die Gradienten liegen zu anderen Tageszeiten zwischen den Werten dieser extremen Fälle, d. h. $0.64^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ vormittags und $0.61^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ nachmittags.

3. *Wind.* Am 18. und 19. August 1960 wurden im Graslandgebiet auf dem Gipfel des Ohnaminoike die Messungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung mit Handanemometern vom Typ Nakaasa in 120 cm Höhe über dem Boden aufgenommen. Das Gipfelgebiet hat folgende Vegetation: *Miscanthus sinensis* (30–70 cm), *Bambusaceae* (30 cm), *Hydrangea paniculata* (30 bis 40 cm), *Rhododendron Kiusianum* (40–50 cm), *Abelia serrata* (60–70 cm) im allgemeinen und teilweise *Enkianthus perulatus* (100 cm), *Ilex crenata* (100–150 cm), *Alnus firma* (80–150 cm) und *Pinus densiflora* (100–300 cm).

Die Geländebeobachtungen wurden von zwei Meßpartien, die den Messungsort alle 3 Mi-

nuten wechselte, und von einer Meßpartie, die am feststehenden Meßort blieb, durchgeführt. Zum Zwecke des Vergleichs wurde das Verhältnis der Werte, die von der ortwechselnden Meßpartie beobachtet wurden, zu den gleichzeitigen Werten am feststehenden Meßort errechnet; dann wurden die so gewonnenen Verhältniswerte mit der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit am feststehenden Meßort in der Beobachtungszeit (4.77 m/s am 18. August und 4.63 m/s am 19. August) multipliziert. Für die Windrichtung während der Geländebeobachtung haben wir kein Ausgleichsverfahren angewandt. Die Witterung während der Messungen wurde durch einen Taifun bestimmt, der sich im nordwestlichen Pazifischen Ozean in südlicher Richtung von Kyûshû kaum fortbewegte. Nach den Messungen in der oberen Luftschicht mit Radiosonde über Kagoshima waren die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung in der freien Atmosphäre in 1400 m Höhe mit 12 m/s aus Ost-südost um 15 Uhr am 18. August und mit 20 m/s aus Ost um 15 Uhr am 19. August anzunehmen.

In der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung (dargestellt in Abb. 3) ist eine bemerkenswerte Besonderheit festzustellen. Das Gebiet der stärksten Windgeschwindigkeit tritt halbmondförmig an der Luvseite des Kraters auf. Die Wind-

Tabelle 3 Die Verbreitung der Lufttemperatur auf dem Südhang des Ohnaminoike im August 1960

Meßpunkt	Seehöhe m	Max. Temp. °C *	Min. Tem. °C **	Temp. vormitt. °C ***	Temp. nachmitt. °C ****	Bemerkungen
Gipfel	1341	(21.3)	(16.5)	(17.8)	21.2	Mit <i>Miscanthus sinensis</i> (0.5–0.7 m) bedeckt. Busch ist sporadisch verbreitet.
a	1300	–	–	18.0	22.1	Sommergrüner Laubwald (4 m)
b	1249	21.9	(16.9)	18.1	21.5	Sommergrüner Laubwald (3–4 m). <i>Abies firma</i> , <i>Tsuga Sieboldii</i> und <i>Pinus densiflora</i> (8–10 m)
c	1176	21.9	(16.9)	18.5	22.6	Sommergrüne Bäume 40 % (10 m), immergrüne Bäume 60 % (10–15 m) und <i>Abies</i> und <i>Tsuga</i> (12–15 m)
d	1143	–	–	18.9	23.2	Sommergrüne Bäume 50 % und immergrüne Bäume 50 % (10–15 m)
e	1083	(22.1)	(17.7)	19.2	23.9	Immergrüner Wald
f	1025	(22.9)	–	(19.8)	–	Immergrüner Wald
g	1005	23.3	17.6	20.0	23.8	Immergrüner Wald (10 m). <i>Abies</i> und <i>Tsuga</i> (20 m) sich vermischt. Viele Unterwüchse
h	960	–	–	20.2	23.8	Immergrüner Wald (10 m). <i>Pinus</i> und <i>Abies</i> (20 m)
i	910	24.4	18.5	20.7	24.0	Aufforstland mit <i>Chamaecyparis</i> . Unterwüchse 1–2 m
j	850	24.2	18.6	20.6	24.6	Aufforstland mit <i>Chamaecyparis</i>
Hayashida	765	–	–	(21.2)	–	Grasland
Maruo	600	–	–	(22.9)	–	Grasland

* Mittel vom 18., 19. und 25. August.

** Mittel vom 19., 20. und 25. August.

*** Mittel vom 18. 8., 10–13 Uhr, 19. 8., 8.30–13 Uhr, und 20. 8., 12–14 Uhr.

**** Am 28. August, 13.40–15.50 Uhr.

geschwindigkeit beträgt hier $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{5}$ von der Windgeschwindigkeit in der freien Atmosphäre, aber die an der Leseite des Kraters beträgt $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$. Die Windrichtung an der Luvseite entspricht der in der freien Atmosphäre und zeigt keine große Turbulenz. Aber die Windrichtung an der Leseite ist nicht konstant und ihre Durchschnittsrichtung ist ganz anders als die der Luvseite. Diese besonderen Beziehungen zwischen Mikrotopographie und Windstruktur sind auch auf anderen Versuchsfeldern in Japan untersucht worden (M. M. YOSHINO, 1958, 1959).

Einige Punkte hatten besonders starke Windgeschwindigkeit an den beiden Tagen. Diese Punkte liegen dort, wo der Kraterrand einen Einschnitt zeigt und deshalb ist hier der Wind so verstärkt wie in Paßlage. Dank dieser mikrotopographischen Lage einiger Meßpunkte waren die Windverhältnisse auf dem Nord- und Südteil des Kraters nicht gleich, wie in Abb. 3 gezeigt wird: Die Windverteilung im Gipfelgebiet, die eine Halbmondform mit Teilgebieten besonders hoher Windgeschwindigkeit zeigt, ist verschieden von den Verhältnissen wie sie R. GEIGER (1930) an einem halbkugeligen Kleinhügel und S. YAMAMOTO (1950) an den Hängen des Mt. Fudjisan beobachtet haben. Diese Beobachtungsergebnisse zeigen die Maximumgeschwindigkeit nicht an der oberen Luvseite, wie im Gipfelgebiet des Ohnaminoike gezeigt, sondern an den oberen Teilen der Hangseiten. Der Grund liegt natürlich in der Topographie des Ohnaminoike, vor allem in dem Verhältnis des relativ großen Kraters (1 km Durchmesser) zur Bergmasse.

Der Wind hat starken Einfluß auf die Vegetation besonders im Gipfelgebiet des Ohnaminoike und des Karakunidake. Einige Botaniker und Ökologen haben auch schon darauf aufmerksam gemacht, daß darin der Grund für die buschartig niedrige Höhe der windgeformten Bäume und für die Graslandvegetation zu suchen ist (H. NAKAMURA 1943, Y. KITAZAWA et al. 1961). Da *Pinus densiflora* im Gipfelgebiet des Ohnaminoike am häufigsten und sehr gleichmäßig verbreitet ist, beobachteten wir ihre Baumhöhe und die durch die windgeformten Bäume gezeigte Richtung des dominierenden Windes (Abb. 4). Die Baumhöhe im Gipfelgebiet ist im allgemeinen niedriger als 2 m und im südlichen und nordwestlichen Teil des Gipfelgebietes sogar niedriger als 1,5 m. Am eigenümlichsten ist der südwestliche Teil des Gipfelgebietes, wo sich keine Bäume befinden. In diesem Teil ist der Wind mikrotopographisch verstärkt, wie in Abb. 3 dargestellt ist. Während die Baumhöhen auf dem Gipfel nur 1—2 m betragen, erreichen sie am selben Hang 60 m tiefer bereits 5—6 m.

In Abb. 4 zeigen die schwarzen Punkte die Bäume, die symmetrische Form haben, und die schwarzen Punkte mit einem Pfeil die durch den dominierenden Wind geformten Bäume. Die Ty-

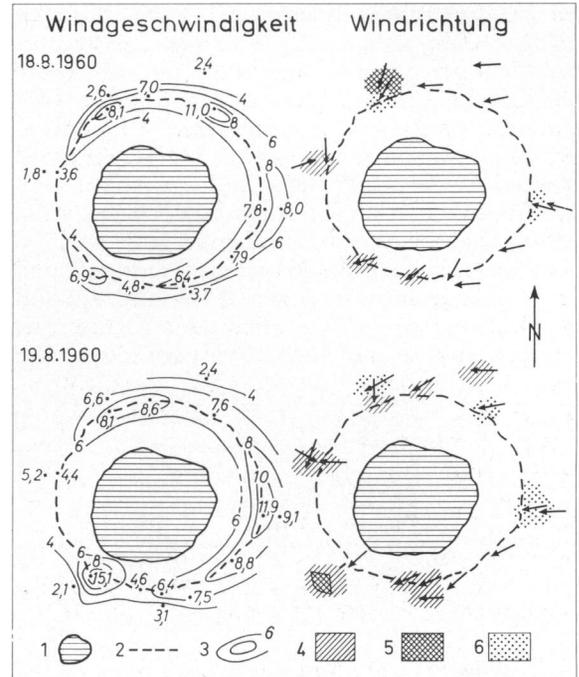


Abb. 3: Verbreitung der Windgeschwindigkeit und -richtung im Gipfelgebiet des Ohnaminoike am 18. 8. 1960 unter vorherrschendem ESE-Wind (oben) und am 19. 8. 1960 unter vorherrschendem E-Wind (unten). 1 Kratersee (Ohnaminoike), 2 Kraterkamm, 3 Windgeschwindigkeit (m/s), 4 veränderliche Windrichtung, 5 starke Bö, 6 unveränderliche Windrichtung.

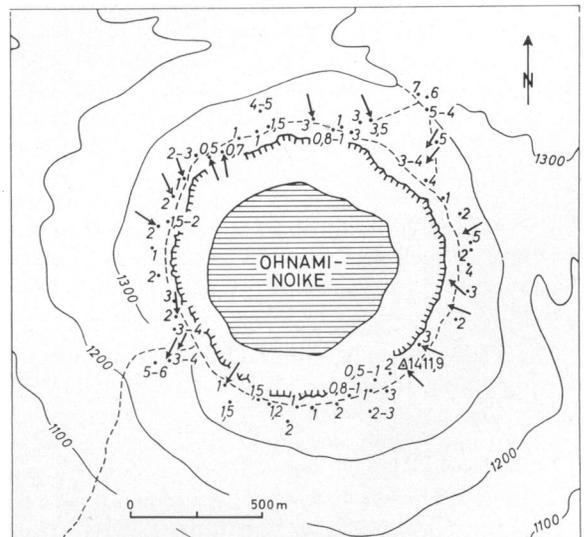


Abb. 4: Die Baumhöhe von *Pinus densiflora* und die durch die windgeformten Bäume gezeigten Richtungen (Pfeile) im Gipfelgebiet des Ohnaminoike.

pen der windgeformten *Pinus densiflora* im Gebiet werden in 2 Klassen eingeteilt: 1. Bäume, deren Wipfel sich von etwa 1 m an nach Lee neigen. 2. Bäume, deren Stamm sich nach Lee neigt und keinen Zweig auf der Luvseite haben. Meistens gehört der höhere Baum zum Typ 1 und der niedrigere Baum zum Typ 2. Die Verbreitung der dominierenden Windrichtung um den Krater des Ohnaminoike (Abb. 4) ist kompliziert: Im Südostteil ist die Windrichtung SE-ESE, im Nordostteil NE, im Nordteil schwach NNW, im Nordwestteil NNW-WNW oder im Gegenteil SSE auf der Seeseite, im Südwestteil stark N-NE: Der Südteil hat keine vorherrschende Richtung. Sowohl am einzelnen Baum wie auch an den Baumgruppen sind die Wirkungen des Windes am Südost-, Nordwest- und Südwestrand des Kraters besonders deutlich und charakteristisch ausgeprägt.

Es gibt viele Beispiele windgeformter Bäume im Hochgebirge (J. BRAUN-BLANQUET 1932, R. F. DAUBENMIRE 1950, H. GAMS 1927, R. GEIGER 1950, D. B. LAWRENCE 1939, U. SCHWEINFURTH 1962, C. TROLL 1955, M. M. YOSHINO 1960). Hier können wir noch ein Beispiel aus dem Kirishima-Gebirge beifügen, womit wir die Verbreitung der Windgeschwindigkeit und -richtung im Gipfelgebiet des Ohnaminoike eingehend dargestellt haben. Die Beobachtungen über windgeformte Bäume sollen bei anderer Gelegenheit im Zusammenhang dargestellt werden.

IV. Vegetation

1. *Vegetationskartierung.* Vom Kirishima-Gebiet gibt es Luftbilder im Maßstab ca. 1:20 000, die am 28. Oktober 1958 zum Zweck der forstwirtschaftlichen Erkundung aufgenommen wurden. Diese Bilder genügte für eine detaillierte Interpretation, weil sie in relativ großem Maßstab erst vor kurzem aufgenommen worden waren. Wir haben auch die Registraturen der staatlichen Forstverwaltung benutzt. Damit konnten wir die durch Luftbildinterpretation gewonnene Kartierung noch verbessern. Vergleichende Geländebeobachtungen wurden im August 1960 durchgeführt.

Die Technik und Methodik der Vegetationskartierung waren folgende: (1) Wie C. TROLL (1939) empfohlen hat, soll der Bearbeiter sich im ersten Stadium der Arbeit darauf beschränken, die häufig vorkommenden Holzgewächse auf den Bildern zu notieren. Da wir aber aus allgemeinen Beschreibungen die Vegetation im Kirishima-Gebiet kannten, war diese Stufe der Arbeit leicht durchzuführen. (2) Im zweiten Stadium wurden die Vegetationstypen geordnet und versucht, sie nach ihrer

charakteristischen „appearance“ im Luftbild zu erkennen. Daher haben wir in diesem Stadium einen „Interpretations-Schlüssel“ (E. SCHMIDT-KRAEPELIN 1958) aufgestellt, wobei einige Beispiele aus Japan (H. NAKAYAMA 1956, RINYACHO 1959) und Arbeiten über die allgemeine Methode der Forstwissenschaft in USA (S. H. SPURR 1948, K. H. STONE 1948, D. R. LUEDER 1959) verwendet wurden. Der Schlüssel ist zuerst für einige typische Teilgebiete angefertigt worden, durch Vergleich der Luftbilder mit den oben erwähnten Forst-Registraturen. Das Ergebnis dieses Arbeitsganges ist in Tabelle 4 dargestellt. Die klassifizierten Typen sind: 1. Immergrüner Laubwald. 2. (Natürlicher) Nadelwald. 3. Sommergrüner Laubbusch. 4. Grasland. 5. Vegetationsloses Gebiet. 6. Gebiet, wo die sommergrünen Bäume sporadisch verbreitet sind. 7. Aufgeforsteter Nadelwald. 8. Aufgeforstetes Land mit *Cryptomeria japonica*. 9. Aufgeforstetes Land mit *Chamaecyparis obtusa*. 10. Aufgeforstetes Land mit *Pinus densiflora*. 11. Junger Forst. 12. Ackerland. Die Abgrenzung der immergrünen Laubwälder, Nadelwälder und des sommergrünen Laubbusches wurde nach der Form, dem Aussehen und dem Grauton der Baumkronen in der oberen Schicht vorgenommen. Deshalb wurden Wälder, in denen die Nadelbäume in der oberen Schicht und die immergrünen Laubbäume in der mittleren und unteren Schicht wachsen, als Nadelwälder angesehen. (3) Im dritten Stadium wurde die Kartierung im Maßstab 1:50 000 für das ganze Kirishima-Gebiet durch Luftbildinterpretation mit Hilfe des Schlüssels durchgeführt. Wenn es nötig war, haben wir natürlich die Forst-Registraturen auch in diesem Stadium herangezogen. Bis hierher ist die Arbeit im Zimmer durchgeführt worden. (4) Schließlich wurde durch Begehung einzelner Routen die Karte kontrolliert und verbessert. Besonders haben wir auf jüngste Veränderungen geachtet, zum Beispiel auf die Änderung der Vegetation nach der letzten Eruption des Shinmoedake, die nach der Aufnahme der Luftbilder stattgefunden hat.

In Abb. 5 und 6 führen wir Beispiele der Vegetationskartierung mit Luftbildern (Bild 1 und 2) an. Abb. 7 ist der Hauptteil der Vegetationskarte des Kirishima-Gebietes.

2. *Die Erläuterung der Vegetationskarte.* Im allgemeinen ist die vertikale Verbreitung der Vegetation folgende:

- (1) Immergrüne Laubwälder, bis 800 m.
- (2) Nadelwälder, 800—1400 m.
 - a) Mit immergrünen Bäumen in der mittleren und unteren Schicht, 800—1000 m.
 - b) Mit sommergrünen Bäumen in der mittleren und unteren Schicht, 1000—1400 m.

Tabelle 4 Schlüssel zur Luftbildinterpretation für die Vegetationskartierung im Kirishima-Gebiet (Bilder vom 28. 10. 1958. Maßstab ca. 1 : 20 000)

	Form und Aussehen (Textur)	Grauton (Tönung)	Bemerkungen
1. Immergrüner Laubwald	Die Krone ist größer als die des Nadelwaldes und deren Form ist unregelmäßig, kugelig, groß- oder kleinkuppig. Die Oberfläche des Waldes ist „holperig“.	Dunkelgrau. Heller als Nadelwald.	Man kann nicht über die Arten des immergrünen Laubbaumes entscheiden. Die Nadelbäume vermischen sich manchmal in der oberen Schicht mit den Laubhölzern.
2. Natürlicher Nadelwald	Die Oberfläche des geschlossenen Waldes ist ziemlich glatt, aber nicht glatter als das aufgeforschte Land. Die Kronen des natürlichen Waldes sind ungleichförmig und schwarz, kleinkörnig.	Der dichte Wald ist dunkelgrau. Der lockere Wald ist tief dunkelgrau.	Der geschlossene Wald ist heller als der lockere Wald. Die Kronen werden der folgenden Reihe nach ungleichförmiger: <i>Abies firma</i> , <i>Tsuga Sieboldii</i> , <i>Pinus densiflora</i> . <i>Abies</i> ist rund, klein, gleichmäßig und körnig. <i>Tsuga</i> ist langkörnig. <i>Pinus</i> ist hellgrau und am meisten unregelmäßig.
3. Sommergrüner Laubbusch	Fein getüpfelt. Grobfaseriger als Grasland oder junger Forst.	Grau.	Im Kirishima-Gebiet gibt es Büsche bis 4 m Höhe. Sie treten in der vertikalen Zonierung über den Nadelwäldern auf.
4. Grasland	Feinere, glattere Textur als im jungen Forst, aber trotzdem bemerkbar.	Hellgrau oder weiß. Grasland mit <i>Bambusa-</i> <i>ceae</i> und <i>Miscanthus</i> <i>sinensis</i> oder mit Sträuchern ist weißgrau.	Land mit <i>Bambusaceae</i> und Büschen niedriger als 1 m.
5. Vegetationsloses Gebiet	Sehr hell bis rein weiß.	Glänzt mehr als Grasland. Ergibt leicht Überbelichtung.	Nach Lage und Form kann man es leicht erkennen. Land mit neuen vulkanischen Auswurfmassen, Bergstürze usw.
6. Gebiet, wo die großen sommergrünen Hölzer sporadisch verbreitet sind	Ganz grobkörnig. Die Baumkronen der Laubhölzer treten, in unregelmäßiger Verteilung, plastisch hervor.	Hellgrau oder Grau.	Es tritt häufig im oberen Teil der Nadelwälder auf. Hell im Gegensatz zum grauen Nadelwald und grobfaserige Kugelform zeigend.
7. Aufgeforsteter Nadelwald	Im allgemeinen feinfaserig.	Im allgemeinen dunkler als immergrüner Laubwald und heller als Nadelwald.	Im Kirishima-Gebiet besitzt der gemischte Forst <i>Cryptomeria japonica</i> , <i>Chamaecyparis</i> und <i>Pinus</i> usw. Resultat der Interpretation ist durch Registraturen gesichert.
8. Aufforstland mit <i>Cryptomeria japonica</i>	Zumeist feinfaserig. Alter Forst ist etwas grobkörniger.	Am dunkelsten.	Meistens im Tal oder auf dem unteren Teil des Hanges.
9. Aufforstland mit <i>Chamaecyparis obtusa</i>	Alter Forst nimmt schuppenartige Textur an. Junger Forst ist eher feinfaserig.	Hellgrau. Heller als <i>Cryptomeria</i> -Forst.	Er tritt auf dem sanften Abhang oder auf dem Hangteil auf, der höher als der Teil der <i>Cryptomeria</i> ist.
10. Aufforstland mit <i>Pinus densiflora</i>	Alter Forst ist rau, junger Forst zeigt eine weiche, etwas verschwommene Textur.	Grau. Dunkler als <i>Chamaecyparis</i> , aber heller als <i>Cryptomeria japonica</i> .	Das Gebiet besteht fast nur aus <i>Pinus densiflora</i> . In einigen Teilen gibt es <i>Larix</i> und <i>Pinus thunbergii</i> .
11. Junger Forst	Gleichmäßig glatt.	Hellgrau oder grau.	Meistens aufgeforstetes Land. Bäume jünger als 25 Jahre.
12. Ackerland	Textur je nach Anbaufrucht und Jahreszeit wechselnd. Im Ackerland kann man am Hang oft die Streifen des Terrassenbaus deutlich bemerken.	Tönung je nach Anbaufrucht und Jahreszeit stark wechselnd. Heller als abgeholztes Land. Reisfeld ist heller als Ackerland, aber etwas dunkler als Grasland.	Ackerland liegt auf dem sanften Berghang oder auf dem Bergfuß. Reisfeld liegt im Tal. Unterschied zwischen Ackerland und Reisfeld kann man durch den Farbton und die Lage erkennen.

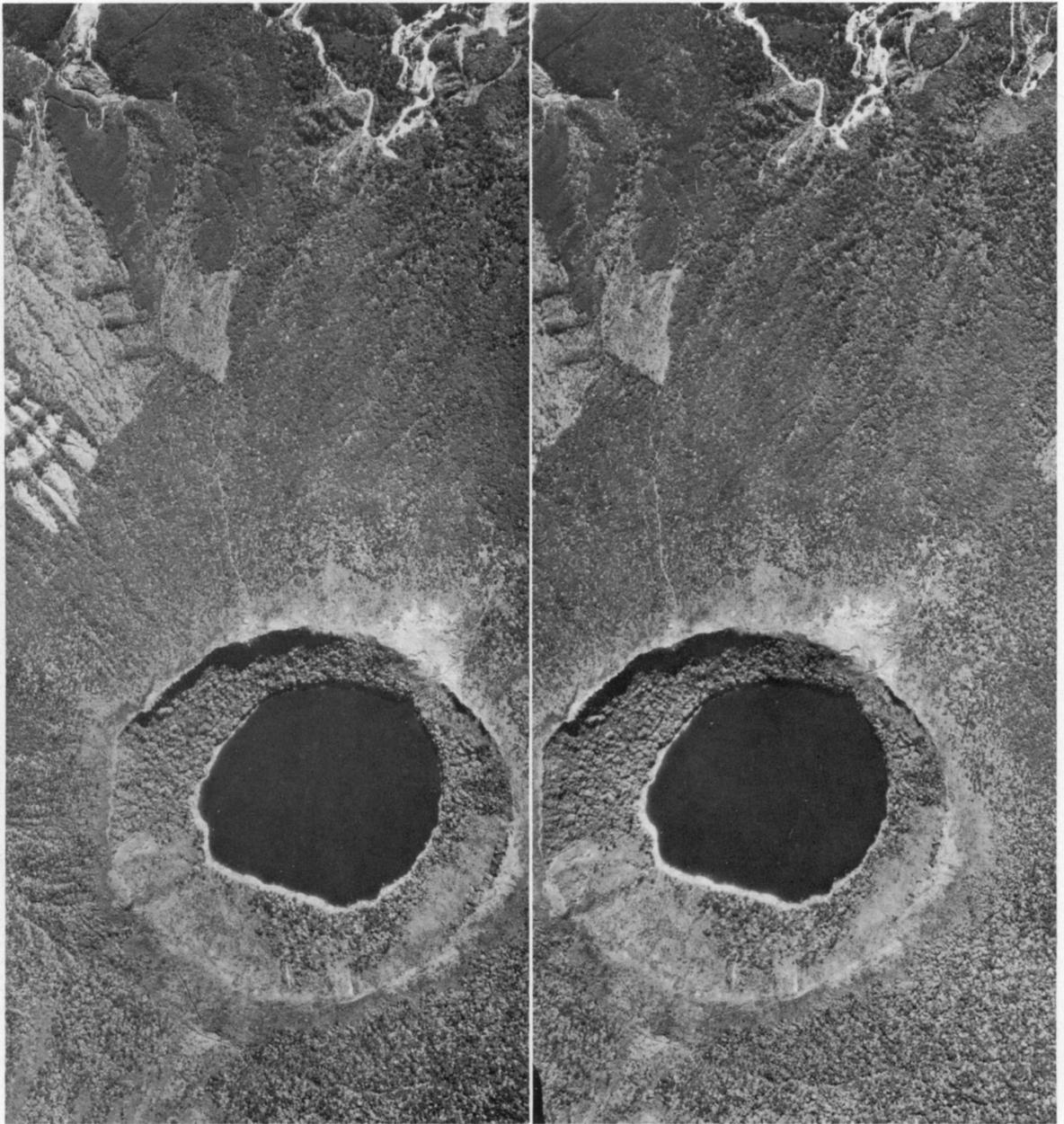


Bild 1

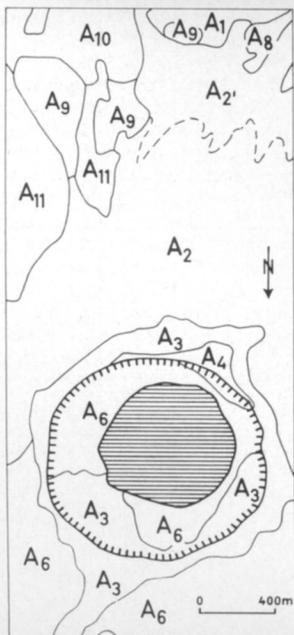


Abb. 5

Bild 1 und Abb. 5: Stereo-Luftbildpaar des Ohnaminoike (Rinyachô, vom 28. 10. 1958. Maßstab ca. 1 : 20 000).

Der runde See ist der Kratersee des Ohnaminoike (1412 m), der im Spätpleistozän tätig war. Im Nordosten grenzt der Abhang an den Karakunidake. Auf dem südlichen Abhang kann man die Siedlung des Quellenbadeortes sehen. Im Gipfelgebiet liegt das Grasland (A₄) und der sommergrüne Laubbusch (A₃). Der natürliche Nadelwald, dessen mittlere und untere Schichten aus den sommergrünen Laubbäumen bestehen (A₂), wächst auf dem südlichen oberen Hang und der, dessen mittlere und untere Schichten aus den immergrünen Bäumen bestehen (A₂'), unterhalb des Hangs. Im südlichen Bergfußgebiet liegt der immergrüne Laubwald (A₁). Im Gegensatz dazu tritt der natürliche Nadelwald mit sporadisch verbreiteten großen sommergrünen Bäumen am nördlichen und nordöstlichen Hang auf (A₆). Im Gebiet unterhalb des südlichen Hangs liegen mit *Cryptomeria* (A₈), das mit *Chamaecyparis* (A₉), mit *Pinus* (A₁₀) aufgeforstete Land und der junge Forst (A₁₁).

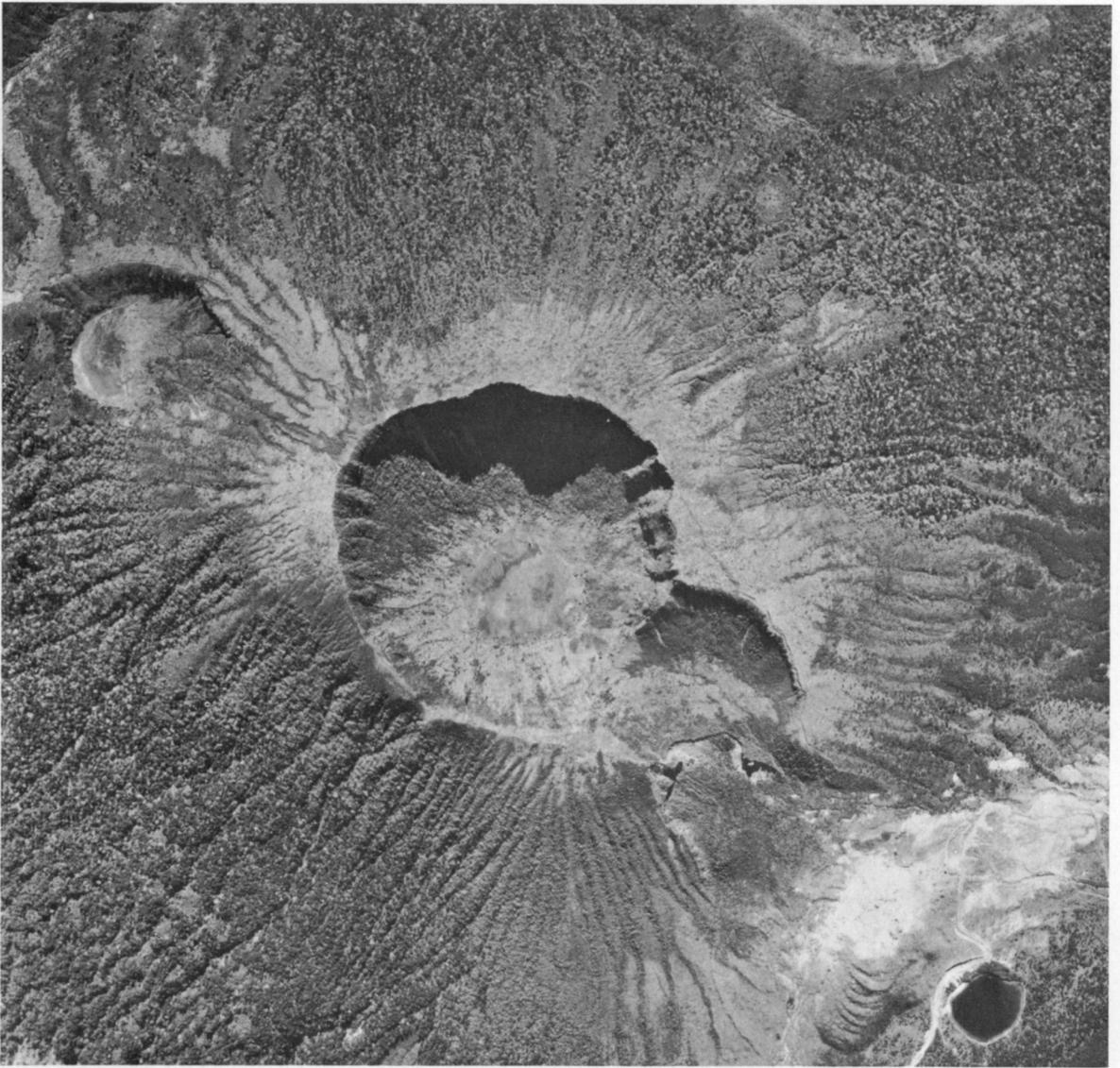


Bild 2

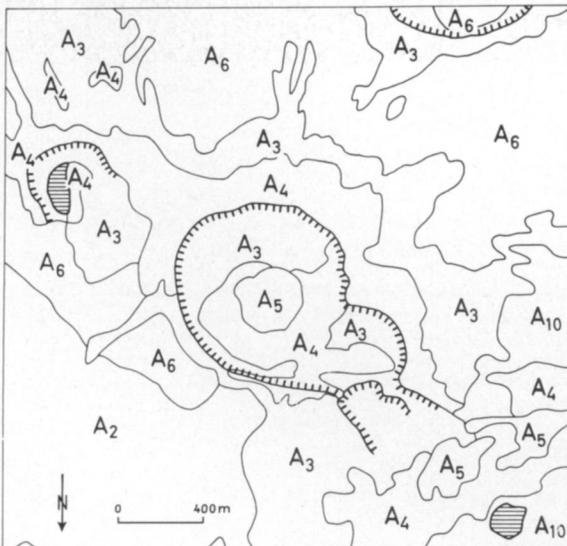


Abb. 6

Bild 2 und Abb. 6: Luftbild des Karakunidake (Rinyachó, vom 28. 10. 1958. Maßstab ca. 1 : 20 000).

Der Krater im Zentrum ist der alte Krater des Karakunidake (1700 m), der im Spätpleistozän ausgebrochen ist. Der nordwestliche, durch Erosion umgeformte Teil des Kraters und der längliche Teich in der Mitte des südöstlichen Hangs sind durch noch spätere Tätigkeit entstanden. Der von Andesit und Scoria (Zellenlava) aufgebaute Abhang des Vulkankegels ist steil und wird von tiefen Radialtälern zerschnitten. In der Gipfelzone, wo der Wind am stärksten ist, treten Grasland (A₄) und darunter sommergrüner Laubbusch (A₃) auf. In den Tälern und auf den Hängen verbreitet sich der Nadelwald mit großen sommergrünen Bäumen (A₆) und natürlicher Nadelwald (A₂). Im nordwestlichen Teil läßt das vegetationslose Gebiet (A₅) die frühere Schwefelabbaustelle erkennen. Ihre Umgebung ist „Aufforstland“ mit *Pinus densiflora* (A₁₀).

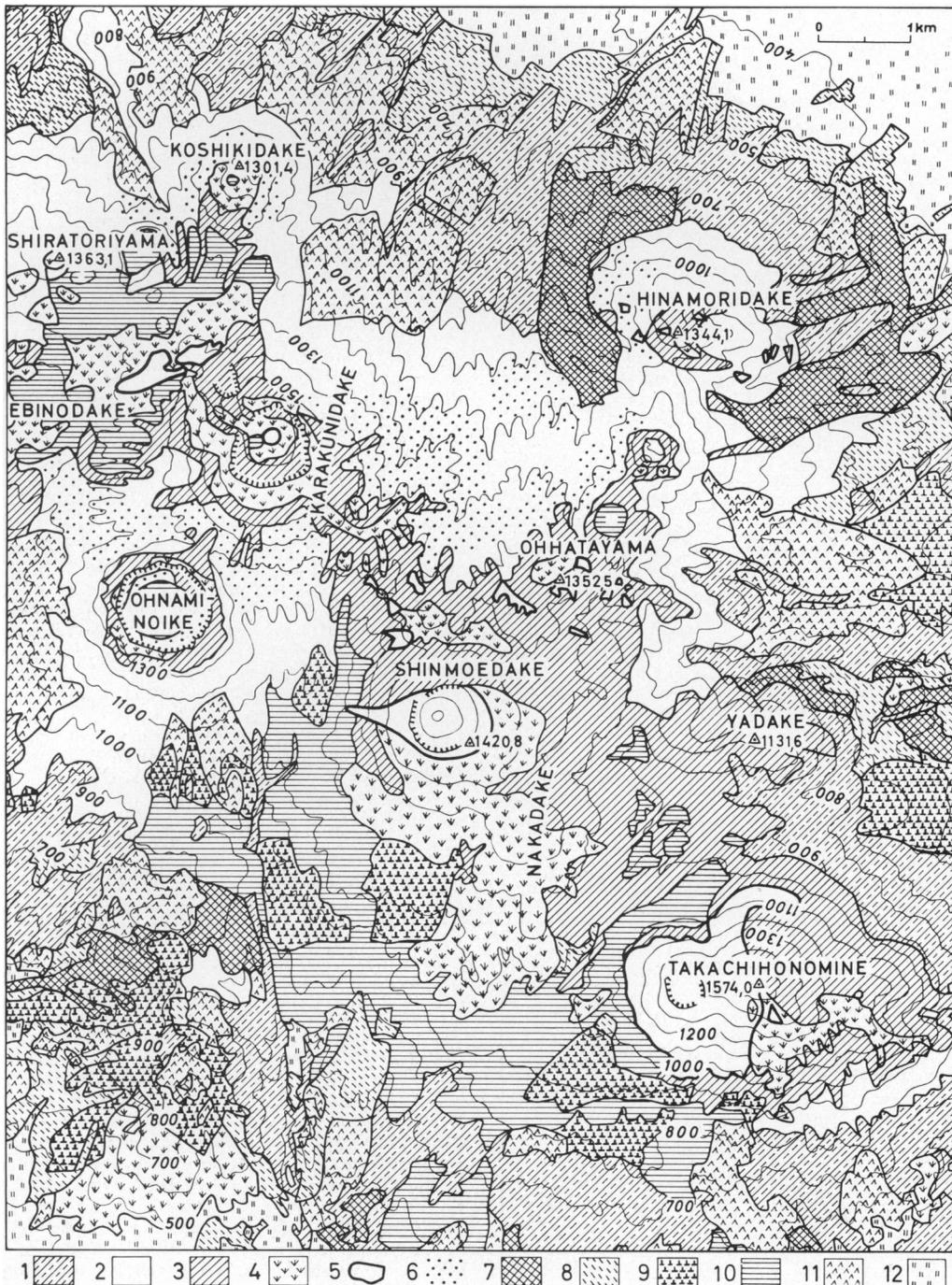


Abb. 7: Vegetationskarte im Kirishima-Gebiet

- 1 Immergrüner Laubwald; 2 (natürlicher) Nadelwald; 3 Sommergrüner Laubbusch; 4 Grasland;
- 5 vegetationsloses Gebiet; 6 Gebiet, wo die sommergrünen Bäume sporadisch verbreitet sind;
- 7 aufgeforschter Nadelwald; 8 aufgeforschetes Land mit *Cryptomeria japonica*; 9 aufgeforschetes Land mit *Chamaecyparis obtusa*; 10 aufgeforschetes Land mit *Pinus densiflora*; 11 junger Forst;
- 12 Ackerland.

- (3) Sommergrüne Laubbüsche. Sie treten auf den steilen Gipfeln und Kämmen oder in den durch den Vulkanismus beeinflussten Gebieten auf.
- (4) Grasland. Es liegt nur im Gipfelgebiet.
- (5) Die Gebiete, wo die großen sommergrünen Bäume sporadisch verbreitet sind, finden sich nur in einigen Teilen der oberen Nadelwälder.

Die oben beschriebenen Vegetationstypen sind regional folgendermaßen verteilt:

Die immergrünen Laubwälder liegen in den Bergfußgebieten und in Tälern bis zur Höhe von 800 m, außer in den aufgeförfsteten Gebieten. Hauptarten sind: *Cyclobalanopsis acta*, *C. stenophylla*, *C. gilva*, *C. glauca*, *Machilus Thunbergii*, *Distylium racemosum*, *Shiia Sieboldii*. Es gibt noch viele andere Arten immergrüner Laubbäume. Nur durch die Geländebeobachtung war es möglich, diese Arten zu unterscheiden. Bezüglich der topographischen Lage ist die Tendenz erkennbar, daß *Machilus Thunbergii* im Tal, *Shiia Sieboldii* auf den Kamm und *Cyclobalanopsis acta* und *C. stenophylla* an den oberen Hanglagen wachsen. Im südlichen und zentralen Teil der Osumihalbinsel zeigten diese Arten dieselbe Tendenz, wie bereits mitgeteilt wurde (M. T. YOSHINO 1960, Y. KITAZAWA et al. 1960).

Die Nadelwälder wachsen besonders gut auf den oberen Hängen (800–1400 m) des nördlichen Teils im Kirishima-Gebiet: Koshikidake, Shiratoriyama, Hinamoridake, Westhang des Ebinodake, Ohnaminoike und Nordhang des Kamms zwischen Karakunidake und Maruokayama. Südlich von Shinmoedake sind Nadelwälder sehr wenig verbreitet. Die Nadelwälder von 800 m bis 1000 m Höhe bestehen aus *Abies firma*, *Tsuga Sieboldii* und *Pinus densiflora* in der oberen Schicht. In der mittleren und unteren Schicht sind die oben beschriebenen immergrünen Baumarten vertreten, außerdem noch *Cinnamomum japonicum*, *Symplocos prunifolia*, *Illicium religiosum*, *Neolitsea aciculata*, *Actinodaphne lancifolia*, *Ilex rotunda*, *Camellia japonica*, *Ternstroemia japonica*, *Cleyera ochracea* und *Eurya japonica*. Die Nadelwälder von 1000 m bis 1400 m bestehen aus *Abies firma*, *Tsuga Sieboldii* und *Pinus densiflora* in der oberen Schicht und aus sommergrünen Laubbäumen wie *Fagus crenata*, *Stewartia monadelphica*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, *Symplocos argutidens*, *Corylopsis glabrescens*, *Kalopanax ricinifolius*, *Carpinus Tschonoskii* und *Acer* in der mittleren unteren Schicht. In den Nadelwäldern sind *Picea polita* und *Abies homolepis* je nach dem Ort mit dem oben beschriebenen Arten vermischt. Auf dem südwestlichen Hang des Ohnaminoike liegt die Grenze zwischen immergrünen und sommergrünen Bäumen in der mittleren und unteren Schicht im Nadelwald bei 950–1000 m Höhe. Diese Grenze kann man auf den Luftbildern an der Verbreitungsdichte der Nadelbäume deutlich erkennen. Einige Arten der Nadelbäume treten gebietsweise konzentriert auf. So zum Beispiel herrscht *Picea polita* um 1350–1500 m auf dem Karakunidake und Shiratoriyama vor. Fast reiner Wald mit *Abies firma* ist auf dem südöstlichen Hang des Takachihonome und des Futatsuishiyama, *Pinus densiflora* auf dem Südhang des Ohnaminoike zu finden. Man kann diese Arten auf den Luftbildern unterscheiden, aber *Chamaecyparis obtusa* am Ohhatayama nicht.

Die sommergrünen Laubbüsche verbreiten sich auf den Gipfelgebieten des Ohnaminoike und Karakunidake und in den Gebieten vom Gipfel bis zur Hangmitte des Ohhatayama, Shinmoedake, Nakadake, Takachihonome, Futatsuishiyama und Yadake. Die Höhe der Bäume ist niedriger als 4 m, und ihr Stamm ist nicht dick. Außer den oben genannten Arten gibt es *Alnus firma*, *Viburnum furcatum*, *Hydrangea paniculata*, *Tripterygium*

Doianum, *Ilex macropoda*, *Lyonia elliptica*, *Clethra barbinervis*, *Frangula crenata*, *Lindera erythrocarpa*, *Alnus tinctoria* usw. In diese sommergrünen Laubbüsche mischen sich *Abies firma* und *Pinus densiflora* sporadisch. Die sommergrünen Laubbüsche finden sich im allgemeinen in Gebieten mit schlechten Standort-Bedingungen, wie zum Beispiel bei starkem Wind, niedriger Lufttemperatur, Trockenheit des flachgründigen Bodens, und bei unmittelbarem Einfluß des Vulkanausbruches im südlichen Kirishima-Gebiet.

Grasland ist mit Büschen wie *Rhododendron kiusianum*, *Abelia serrata*, *Enkianthus* usw. und Gras wie *Miscanthus sinensis* und *Bambusaceae* bedeckt. Sie treten auf den Gipfeln, den Bergsturzgebieten und auch an den Hängen des Ebinodake, Shinmoedake, Nakadake und Takachihonome auf. Das Grasland mit *Sasa (Bambusaceae)* auf dem Gipfelgebiet des Karakunidake und mit *Rhododendron kiusianum* in Nakadake und Shinmoedake ist eine berühmte Landschaft im Kirishima-Gebirge. Diese zwei Arten verbreiten sich im Gebiet der schlechteren Standort-Bedingungen als Büsche; d. h., sie wachsen auf dem zum starken Wind exponierten Gebiet, näher zum tätigen Krater hin und auf den jungen Auswurfmassen. Das Grasland auf den sanften Hängen des Bergfußes ist Wiese. Vegetationsloses Land findet sich im Schwefelbergbaugbiet von Ebino, um den tätigen Krater des Shinmoedake, auf dem Gipfel des Ohachi und an den oberen steilen Hängen des Ohhatayama, des Shishikodake, des Karakunidake und des Koshikidake.

Die Verbreitung der Vegetation auf den Gipfeln des Ohachi, Takachihonome und Futatsuishiyama zeigt deutliche Beziehung zur vulkanischen Tätigkeit des Ohachi: Auf dem Westhang des Ohachi treten zuerst die niedrigen Wälder von *Pinus densiflora* mit den sommergrünen Laubbüschen auf, dann kommt das Buschland mit viel *Alnus firma* und kurz danach rote Scoria. Die obere Grenze der Vegetation liegt in 1180 m Höhe; oberhalb dieser Grenze gibt es fast keine Vegetation, doch wachsen einige Arten der *Carex* und kleinen *Reynoutria japonica* um den Krater des Ohachi herum. Der Osthang des Ohachi ist auch fast kahl, aber Gruppen von *Carex* in Polsterform sind in bestimmten gleichen Abständen verbreitet. Auf dem Westhang des Takachihonome findet sich ärmliche Vegetation mit einigen Gräsern und Büschen wie kleine Inseln im unbewachsenen Gelände. Gegen den Westhang hebt sich der Osthang scharf ab, weil auf dem Osthang Büsche von etwa 0,8 m Höhe mit *Hydrangea paniculata*, *Rhododendron kiusianum*, *Alnus firma*, *Abelia serrata* und *Reynoutria japonica* und Gräser wachsen. Futatsuishiyama zeigt auch den Unterschied zwischen West- und Osthang; d. h., der Westhang ist mit Gräsern und Büschen und der Osthang mit sommergrünen Laubbüschen bedeckt. Je mehr man sich dem Krater des Ohachi nähert, desto ärmer wird hier die Vegetation.

Die Gebiete, wo die großen sommergrünen Bäume sporadisch verbreitet sind, treten in einigen oberen Teilen der Nadelwälder ganz lokal auf; d. h., sie konzentrieren sich zwischen Ohnaminoike und Karakunidake, zwischen Karakunidake und Hinamoridake und um den Koshikidake. Diese Gebiete liegen meistens an den nördlichen Hängen, wo die Nadelwälder vorwiegend aus *Abies firma* bestehen. Es scheint, daß hier die Bäume gut wachsen. Diese sommergrünen Bäume von etwa 15 m Höhe sind *Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, *Acer*, *Carpinus Tschonoskii*, *Kalopanax ricinifolius*, *Stewartia monadelphica* usw.

Die aufgeförfsteten Nadelwälder liegen im allgemeinen unterhalb des Hanges. In dieser Arbeit wurden die aufgeförfsteten Nadelwälder, die aus vielen Arten von Nadelbäumen bestehen, „aufgeförfsteter Nadelwald“ genannt. Im Gegensatz zu ihnen werden die aufgeförfsteten Nadelwälder, die fast aus einer einzigen Art schon seit über 25 Jahren bestehen, „Aufförfstland“ mit *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* oder *Pinus densiflora* genannt.

Der junge Forst besteht aus Bäumen, die jünger als 25 Jahre alt sind und deren Arten man durch die Luftbildinterpretation nicht unterscheiden kann. Die aufgeforsteten Wälder verbreiten sich besonders im Gebiet des Iimoriyama, Kurinodake, Sagariyama und Eboshidake. Das Aufforstland, wo *Chamaecyparis obtusa* gut wächst, liegt auf den Kämmen und den sanften Hängen im Westteil des Kirishima-Gebietes. Das Aufforstland mit *Cryptomeria japonica* tritt meistens im Tal oder auf dem unteren Teil des Hanges im Nordteil des Kirishima-Gebiets auf. Im Kirishima-Gebiet ist der Flächenanteil des Aufforstlandes mit *Chamaecyparis obtusa* am größten.

Es gibt natürliche und aufgeforstete Wälder von *Pinus densiflora*. Die natürlichen Wälder liegen im Gebiet um Ebino, am oberen Lauf des Kirishimagawa und auf dem Nordhang des Ohachi. Außerdem vermischt sich *Pinus densiflora* mit den anderen Nadelbäumen, und die jungen Bäume der *Pinus densiflora* wachsen lebhaft in den sommergrünen Laubbüschchen und auf dem Grasland.

V. Beziehungen zwischen Vegetationsverbreitung und Lokalklima

Wie oben gesagt, entwickeln sich die natürlichen Nadelwälder im nördlichen Teil des Kirishima-Gebietes sehr gut. Besonders liegen die natürlichen charakteristischen Nadelwälder, in denen die großen sommergrünen Hölzer sporadisch verbreitet sind, auf dem Nordhang des Ohnaminoike, auf dem Nordosthang des Karakunidake, auf dem Westhang des Ebinodake und auf dem Nordhang des Koshikidake. Diese Gebiete stimmen mit dem niederschlagsreichsten Teil im Kirishima-Gebiet überein, das 4000—4500 mm jährlichen Niederschlag hat. Die Tatsache, daß sich die großen sommergrünen Hölzer in diese Wälder mischen, läßt erkennen, daß die Wälder völlig „erwachsen“ sind. Es scheint, daß der Nordteil des Kirishima-Gebietes eine passende Bedingung mit reichem Niederschlag und ergiebigem Boden für das Wachstum der Nadelwälder hat.

Im Nordostteil des Kirishima-Gebietes, d. h. auf der Ostseite des Kamms von Ohhatayama über Shinmoedake, Nakadake, Ohachi bis Takachihonome in der Höhe von 900—1300 m verbreiten sich Grasland, Buschland, sommergrüne Laubbüschchen und natürliche Pinus-Wälder; aber die natürlichen Nadelwälder, die im anderen Teil des Kirishima-Gebietes von gleicher Höhe auftreten, wachsen nicht gut. Diese Gebirge gehören geologisch zur „Takchiho-Gruppe“, einen im Holozän ausgeworfenen Vulkan, auf dem sich der Boden noch wenig entwickeln konnte. Gleichartig sind die Vegetationsverhältnisse im Yadake-Gebiet, das im Pliozän von Andesitmassen bedeckt wurde. Wenn man die einzelnen Berge im östlichen Gebiet der Aktivvulkane beobachtet, ist die Vegetation auf dem Westhang niedriger und ärmer als auf dem Osthang, wie das bei der Vegetationsverbreitung am Takachihonome und Futatsuishiyama vorher beschrieben wurde. Es scheint, daß die ununterbrochenen Ausbrüche des

Ohachi und Shinmoedake diese Vegetationsverhältnisse verursacht haben. Nach der Chronik war die Tätigkeit des Ohachi am stärksten: „Im Jahre 1716 brach der Ohachi aus und durch die Eruption verbrannten der Wald, die Tempel und die Häuser in einem Umkreis von 14 km. Auf dem östlichen Bergfuß bezifferte sich der Schaden auf 600 Häuser, 31 Menschen und 405 Stück Vieh.“ (F. OOMORI 1913). Durch solche Ausbrüche wurde die Vegetation immer wieder zerstört. Deshalb könnte man sagen, daß sie in diesem Gebiet einen stabilen Klimaxwald nicht bilden konnte, sondern immer im Zustand der sommergrünen Laubbüschchen als sekundäre Vegetation Y. TEZUKA, und T. KUSUMOTO 1960) blieb oder als Buschland sich ausbreitete. Da junge kleine *Abies firma* und *Tsuga Sieboldii* sich aber mit den Laubbüschchen vermischen, mag die Vegetation zu gut gewachsenen natürlichen Nadelwäldern wie im Nordteil des Kirishima-Gebietes heranwachsen, wenn lange Jahre kein Ausbruch das Wachstum der natürlichen Vegetation stört. Zur Häufigkeit der Ausbrüche des Ohachi und des Shinmoedake zusammen ist nach der Chronik in historischer Zeit folgendes zu sagen: Wenn man die Stärke und die Art des Vulkanismus ignoriert, ergeben sich als Ruheperioden von einer Eruptionsphase bis zur nächsten seit 742 n. Chr.; weniger als 10 Jahre 24mal, 10—39 Jahre 7mal, 40—69 Jahre 9mal und 70—100 Jahre einmal. Durchschnitt der Periode ist 33 Jahre. Eine Ausnahme war die Zeit von 1235—1524: Die Ruheperiode dauerte etwa 300 Jahre.

Die durch die Auswürfe ganz zerstörte Vegetation auf den Vulkanhängen kehrt nach geraumer Zeit in den früheren Zustand zurück (U. A. EGGLEER 1959, R. W. KEAY 1959). In den tropischen Regenwäldern auf Krakatau hat die Wiederherstellungsperiode 50 Jahre für die geschlossenen Kronen gedauert (P. W. RICHARDS 1952). Da in der gemäßigten Zone der Pflanzenwuchs nicht schneller als in der tropischen Zone erfolgt und da die Auswürfe sich durchschnittlich alle 30 Jahre wiederholen, wird die Vegetationsukzession immer gestört, und dadurch werden die Vegetationsverhältnisse in diesen Teilen des Kirishima-Gebirges verschlechtert.

Nach dem aerologischen Beobachtungsmaterial über Kagoshima (1951—1955) sind die Richtungen des dominierenden Windes in der oberen freien Atmosphäre, durch den die Lockermassen getragen werden und das Feuer sich leewärts verbreitet, W-WNW im Januar und SW-WSW im Juli in einer Höhe von 2000 m (K. WADATI et al. 1958). Das Gebiet vom südöstlichen Hang des Ohhatayama bis zum südöstlichen Hang des Ohachi und des Takachihonome entspricht dem Leegebiet der Krater des Ohachi und des Shinmoedake.

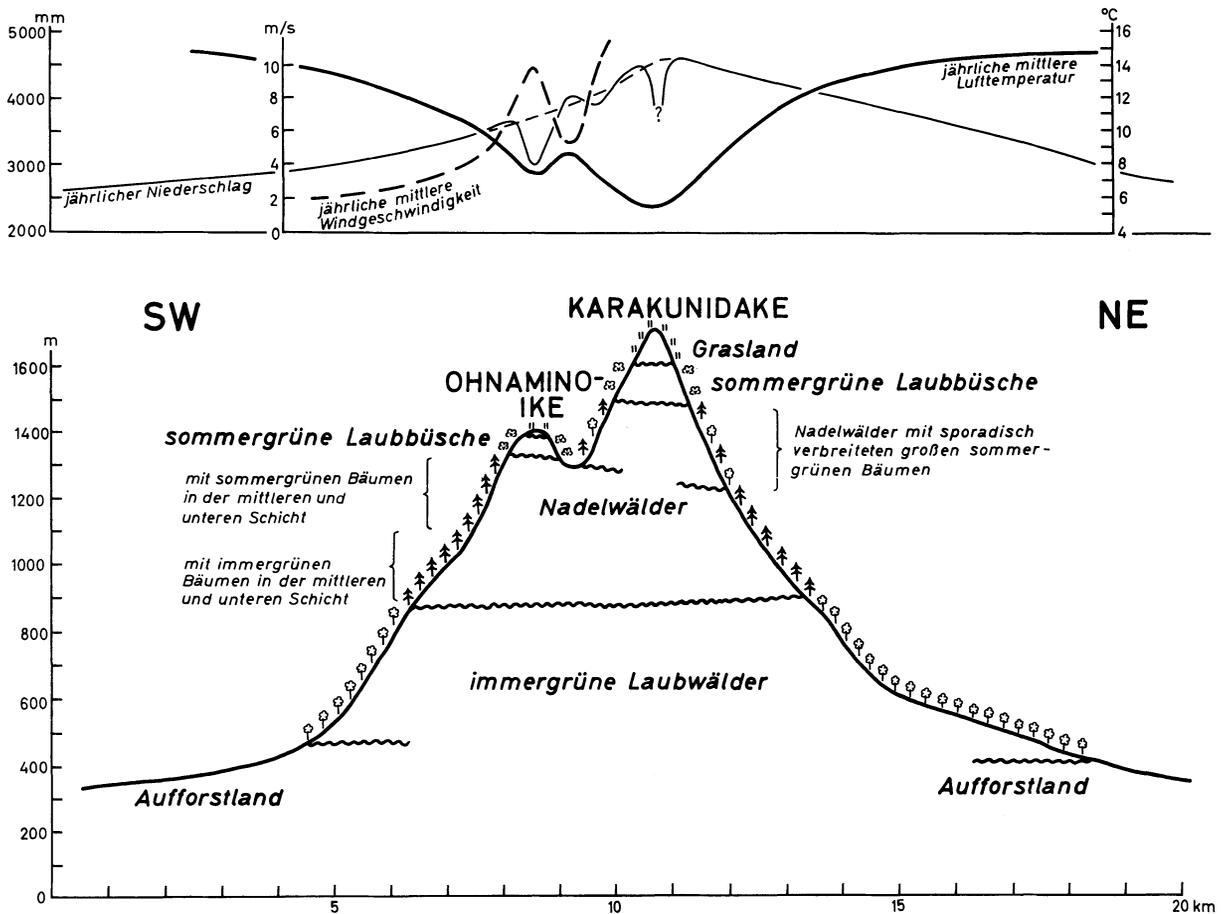


Abb. 8: SW-NE-Profil der Vegetation und des Lokalklimas im Kirishima-Gebirge

Deshalb kommt uns der Gedanke, daß die Gebiete der sommergrünen Laubbüschel, des Graslandes und des Buschlandes unter dem Einfluß der Auswürfe von Ohachi und Shinmoedake entstanden sind.

Abb. 8 zeigt die vorher beschriebene Verbreitung der Vegetation und des Lokalklimas in einem Profil von SW bis NE, welches das Gipfelgebiet des Ohnaminoike und des Karakunidake berührt.

Die Wirkung des lokalen Windes auf die Vegetationsverbreitung ist an den Beispielen im tropischen Südamerika und Afrika (C. TROLL 1952), im Himalaja (U. SCHWEINFURTH 1956) und Yüan-kiang, Südwest-China (H. VON WISSMANN 1960) beschrieben worden. Im Kirishima-Gebirge kann man aber solchen deutlichen Nebelwald nicht sehen. Der Grund ist, so scheint es, folgender: 1. Da die Höhe des Gebirges relativ niedriger ist, wird die Höhe des maximalen Bewölkungsgrades am Hang nicht erreicht. 2. Da das Fußgebiet des Kirishima-Gebirges nicht trocken ist, spielt der vertikale Lokalunterschied der Luftfeuchtigkeit keine

große Rolle, im Gegensatz zu den oben genannten Untersuchungsgebieten im tropischen Südamerika und Afrika oder im subtropischen Himalaja.

Literatur

- ARAKAWA, K.: 1931; „Kirishima ni okeru shokubutsu gun-raku sosei chōsa oyobi shokuseirenzoku ni kansuru kō-satsu“. (Forschung über die Pflanzengesellschaft und Betrachtung ihrer Sukzession im Kirishima-Gebirge) ** Kumamoto.
- BAUMGARTNER, A.: 1960, 1961, 1962 a; Die Lufttemperatur als Standortfaktor am Gr. Falkenstein. 1, 2 u. 3. Mitt. Forstw. Cbl. 79 362—373, 80 107—120, 81 17—47.
- BAUMGARTNER, A.: 1962 b; Vertikalprofile von Lufttemperatur und Niederschlag in Gebirgslagen. „VI. Internationale Tagung f. Alpine Meteor. in Bled, Jugoslawien 14.—16. Sept., 1960.“ 183—188.
- BLAUN-BLANQUET, J.: 1932; „Plant sociology“. 146—150.
- CANTLON, J. E.: 1953; Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushtunk Mountain, New Jersey. Ecol. Monogr. 23 241—270.
- DAUBENMIRE, R. F.: 1950; „Plants and environment“. 285—287.
- EGGLER, W. A.: 1959; Manner of invasion of volcanic deposits by plants with further evidence from Paricutin and Jorullo. Ecol. Monogr. 29 268—284.

- Forstliche Bundes-Versuchsanstalt 1961; Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Teil I. Mitt. forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 59: 1—431.
- GAMS, H.: 1927; Von den Follatères zur Dent de Morcles. Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme 15: 1—760.
- GAUSSEN, H.: 1961; Exposé d'introduction. „Colloques internationaux du C. N. R. S. XCVII. Méthodes de la Cartographie de la Végétation. Toulouse 16—21 Mai, 1960“ 9—15.
- GEIGER, R.: 1930; Mikroklima und Pflanzenklima. „Handbuch der Klimatologie“ Bd. I, Teil D, 1—46.
- GEIGER, R.: 1950; „Das Klima der bodennahen Luftschicht“ 176—177.
- HARTMANN, F. K., EIMERN, J. v., JAHN, G.: 1959; Untersuchungen reliefbedingter klein-klimatischer Fragen in Geländequerschnitten der hochmontanen und montanen Stufe des Mittel- und Südwestharzes. Ber. Deutsch. Wett. 50: 1—39.
- HINO, I.: 1933; Kirishimayama no shokubutsu bumpu. (Verbreitung der Pflanzen im Kirishima-Gebirge) ** „Reiho Kirishimayama“ 143—156.
- Ishikarigawa-genryû-genseirin-sôgô-chôsdan 1955; „Ishikarigawa genryû genseirin sôgô hôkoku“. (Berichte der synthetischen Untersuchungen im natürlichen Wald im Ishikarigawa-Oberlaufgebiet.) * Tokyo.
- KEAY, R. W.: 1959; Lowland vegetation on the 1922 lava flow, Cameroons mountain. Jour. Ecol. 47 25—29.
- KIRA, T.: 1948; On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan. ** Kanchi-nôgaku 2 143—173.
- KITAZAWA, Y., KIMURA, M., KUSUMOTO, T., YOSHINO, M. T.: 1960; Distribution of species populations of warm-temperate broad-leaved trees along the elevation gradient at Ôsumi Peninsula, the southernmost portion of Kyûshû, Japan. Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resou. 52—53: 24—35.
- KITAZAWA, Y., KUSUMOTO, T., KIMURA, M.: 1961; Distribution of species populations of forest trees along elevation gradient at Mt. Kirishima, southern part of Kyûshû, Japan. Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resou. 54—55: 86—92.
- Kumamoto-eirinkyoku-shokusei-chôsa-gakari 1938; „Kannai kokuyûtennenrin shokusei chôsa no gaiyô (2)“. (Die Übersicht der natürlichen Wälder in Kyûshû (2)) ** 37—90.
- LAWRENCE, D. B.: 1939; Some features of the vegetation of the Columbia River Gorge with special reference to asymmetry in forest trees. Ecol. Monogr. 9 217—257.
- LUEDER, D. R.: 1959; „Principles and applications of aerial photographic interpretation“. New York.
- MACHATTIE, L. B. and McCORMACK, R. J.: 1961; Forest microclimate: a topographic study in Ontario. Jour. Ecol. 49 301—323.
- MASAMUNE, G.: 1925; Kirishima no shokubutsu. (Pflanzen im Kirishima.) ** „Nangô san shi“ 41—57.
- NAKAMURA, H.: 1943; Kirishima no shokubutsu. (Pflanzen im Kirishima.) ** „Kirishima-yama“ 211—229.
- NAKAYAMA, H.: 1956; „Kôkûshashin to shinrin“. (Luftbild und Wälder.) ** Tokyo.
- OOMORI, F.: 1913; „Shinsai yobô chôsakai hôkoku“. (Berichte der Forschungsgesellschaft für die Vorbeugung der Erdbebenkatastrophe.) ** 86: 177—190.
- PAFFEN, K.-H.: 1948; Ökologische Landschaftsgliederung. Erdkunde 2 164—173.
- PAFFEN, K.-H.: 1953; Die natürlichen Landschaften und ihre räumliche Gliederung. Eine methodische Untersuchung am Beispiel der Mittel- und Niederrheinland. Forsch. z. Deut. Landeskunde 68: 1—196.
- RASCHE, H. H.: 1958; Temperature differences in Harvard forest and their significance. Headq. Q. Res. & Eng. Command, Tech. Rep. EP-80, 1—153.
- RICHARDS, P. W.: 1952; „Tropical rain forest“. London.
- Rinyachô-keikakuka 1959; „Kûchûshashin handoku kijunkâdo“. (Die Normalmaßskarten für Luftbildinterpretation.) ** Tokyo.
- ROBBINS, C. R.: 1934; Northern Rhodesia; an experiment in the classification of land with the use of aerial photographs. Jour. Ecol. 22 88—105.
- SAWAMURA, K. u. MATSUI, K.: 1957; „Erläuterungsheft für geologische Karte Kirishimayama 1 : 50 000“. ** Tokyo.
- SCHMIDT-KRAEPELIN, E.: 1958, 1959, 1960; Methodische Fortschritte der wissenschaftlichen Luftbildinterpretation (1) (2) (3). Erdkunde 12 81—107, 13 201—214, 14 98—115.
- SCHMITHÜSEN, J.: 1948; „Fliesengefüge der Landschaft“ und „Ökotop“. Ber. z. deut. Landeskunde 5 74—83.
- SCHMITHÜSEN, J.: 1949; Grundsätze für die Untersuchung und Darstellung der naturräumlichen Gliederung von Deutschland. Ber. z. deut. Landeskunde 6 8—19.
- SCHMITHÜSEN, J.: 1961; „Allgemeine Vegetationsgeographie“. 125—126 Berlin.
- SCHWEINFURTH, U.: 1956; Über klimatische Trockentäler im Himalaya. Erdkunde 10 297—302.
- SCHWEINFURTH, U.: 1962; Mt. Egmont — Taranaki. Erdkunde 16 34—48.
- SHANKS, R. E. and NORRIS, F. H.: 1950; Microclimatic variation in a small valley in Eastern Tennessee. Ecology 31 532—539.
- SPURR, S. H.: 1948; „Aerial photographs in forestry“. New York.
- SPURR, S. H.: 1957; Local climate in the Harvard forest. Ecology 38 37—46.
- STAMP, L. D.: 1925; The aerial survey of the Irawaddy Delta forests (Burma). Jour. Ecology 13 262—276.
- STONE, K. H.: 1948; Aerial Photographic Interpretation of natural vegetation in the Anchorage area, Alaska. Geogr. Rev. 38 465—474.
- SUGAWARA, Y., UEMATSU, K.: 1939; Fuji-Funatsu kion teigenritsu ni tsuite. (Über die Lufttemperaturgradienten zwischen Mt. Fuji und Funatsu.) ** Kôkûkishô hôkoku 2 125—138.
- SUZUKI, T.: 1951; The warm temperate forest vegetation of Osumi Peninsula. Bull. Tokyo Univ. Forests. 41 57—73.
- TEZUKA, Y., KUSUMOTO, T.: 1960; On the secondary forest of the southern part of Ôsumi Peninsula, Kyûshû. * Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resou. 52—53: 48—56.
- TROLL, C.: 1939; Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Ihr zweckmäßiger Einsatz für die wissenschaftliche Erforschung und praktische Erschließung wenig bekannter Länder. Zeitsch. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 241—198.
- TROLL, C.: 1942; Die wissenschaftliche Luftbildforschung als Wegbereiterin kolonialer Erschließung. Beiträge z. Kolonialforschung 1: 9—29.
- TROLL, C.: 1943; Methoden der Luftbildforschung. „Sitzungsberichte der Zusammenkunft europäischer Geographen in Würzburg 16. bis 19. März 1942.“ 121—146.
- TROLL, C.: 1950; Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium Generale 3 163—181.
- TROLL, C.: 1952; Die Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. Bonner Geogr. Abh. 9: 124—182.
- TROLL, C.: 1955; Der Mount Rainier und das mittlere Cascaden-Gebirge. Erdkunde 9 264—274.
- TROLL, C.: 1961; Klima und Pflanzenkleid der Erde in dreidimensionaler Sicht. Naturwissenschaften 48 9: 332—348.
- YAMAMOTO, S.: 1959; Fujisan. (Mt. Fuji.) ** Tokyo.
- YOSHINO, M. M.: 1958; Windspeed profiles of the lowest air layer under influences of microtopography. Jour. Met. Soc. Japan. 36 174—186.

* Auf japanisch mit englischer oder deutscher Zusammenfassung.

** Auf japanisch.

- YOSHINO, M. M.: 1959; A micro-climatological study of surface winds affected by micro-topography. „Proc. IGU Reg. Conf. Japan 1957.“ 243—249.
- YOSHINO, M. M.: 1960; The local distribution of wind-shaped trees and *Usnea* as indicators of microclimates in the subalpine zones. * Tokyo Kyoiku Daigaku Chirigaku Kenkyû Hôkoku 4: 87—106.
- YOSHINO, M. M.: 1961; „Shôkikô.“ (Lokalklima.) ** 1—274. Tokyo.
- YOSHINO, M. T.: 1960; A vegetation map from aerial photographic interpretation in southern part of Osumi Peninsula. * Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resou. 52—53: 17—23.
- WADATI, K., et al. 1958; „Nippon no kikô.“ (Climate of Japan.) ** Tokyo.
- WAGNER, R.: 1955; Die geographische Anordnung der Mikroklimate auf dem Hosszûbêrc Berg im Bûkgebirge Ungarn. Acta Geographica Szeged, Nov. Ser., Tom. I, fasc. 1—4. Szeged (Hungaria).
- WAGNER, R.: 1956; Microclimatic spaces and their mapping. Földrajzi Közlemények 80 201—206.
- WEISCHET, W.: 1956; Die räumliche Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweise. Ein Vorschlag zur Gliederung der Klimatologie und zu ihrer Nomenklatur. Erdkunde 10 109—122.
- WISSMANN, H. v.: 1960; Stufen und Gürtel der Vegetation und des Klimas in Hochasien und seinen Randgebieten. Erdkunde 14 249—272.
- WOLFE, J. N., WAREHAM, R. T., SCOFIELD, H. T.: 1949; Macroclimates and microclimates of Neotoma, a small valley in central Ohio. Bull. Ohio Biol. Survey 8 1: 1—267.

ÜBER KLIMA UND WASSERHAUSHALT DES ALTIPLANO (BOLIVIEN, PERU) WÄHREND DES HOCHSTANDES DER LETZTEN VEREISUNG¹⁾

Mit 3 Abbildungen (davon eine als Beilage)
und 4 Tabellen

ALBRECHT KESSLER

Summary: Climate and Hydrology of the Altiplano (Bolivia, Perú) during the Climax of the last Glaciation.

The snow line of the section of the Andes between 14° and 22° southern latitude lay about 700 m. below its present height during the climax of the last glaciation. Simultaneously the surface of Lake Titicaca was larger than today and within the confines of the southern Altiplano there existed a large terminal lake — the Lago Minchin — which embraced the present Lake Poopo and the Salars of Coipassa and Uyuni. Starting from the present climatic conditions at the snow line and the altitudinal gradient of the air temperature near the ground the paper discusses the different values of the climatic elements which resulted in the depression of the snow line during the ice age. The results are checked by means of the water balance equation of the glacial Lago Minchin. Taking the minimum conditions for the existence of the Lago Minchin as derived from the present hydrological conditions of the Altiplano, the most likely solution appears to be as follows: During the climax of the last glaciation the mean annual temperature was at least 6° C lower than today whereas precipitation, or rather relative humidity, was higher. The assumption of a lesser lowering of temperature combined with even higher amounts of precipitation, or conversely, an even larger temperature depression without any increase of precipitation, explains the glacial phenomena in their total effects less satisfactorily.

Seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert, als die fossilen Seenbildungen des peruanisch-bolivianischen Altiplano der Wissenschaft bekannt wurden, hat es nicht an Versuchen gefehlt, ihre Entstehung

von der klimatologischen Seite her zu erklären. Mit A. PENCKs Abhandlung (1913) über die Verschiebung der Klimagürtel während der Kaltzeiten auf der Erde wurden die lokalen Phänomene des Altiplano in einen größeren Rahmen gestellt. Auch aus diesem Raum erwartete man eine Antwort auf die allgemeinere Frage, wie sich der Trockengürtel in der Kaltzeit verhalten habe, ob er einfach nur gegen den Äquator hin verschoben war oder ob er zugleich von der Pol- und Äquatorseite eingeengt war. Die Diskussion darüber ist bis heute nicht abgeschlossen. Um der geographischen Individualität der einzelnen Räume Rechnung zu tragen, wurde es allerdings notwendig, das Schema wiederum zu differenzieren (H. WILHELMY 1952). In diesem Zusammenhang machte C. TROLL (1952) vor allem auf die Sonderstellung der Hochgebirge und die Möglichkeit der vertikalen Verengung der Trockengürtel aufmerksam. Das Klimageschehen der Hochgebirge wird nicht nur von der Breitenlage, sondern ebenso stark von der vertikalen Komponente bestimmt. Diese Überlegungen sind im Falle des ca. 4000 m hoch gelegenen Altiplano besonders wichtig, handelt es sich doch um eine der bedeutendsten Massenerhebungen der Erde.

Im folgenden wird der Versuch unternommen, Anhaltspunkte darüber zu gewinnen, in welcher Weise und in welchem Ausmaß sich die heutigen Klimatelemente auf jeden Fall geändert haben müssen, damit es zu der ausgedehnten Seenbildung auf dem Altiplano kommen konnte. Das setzt die Kenntnis der rezenten Bedingungen voraus. Über

¹⁾ Diese Studie basiert auf einer Forschungsreise, auf der ich Herrn Prof. Dr. F. MONHEIM begleiten konnte, wofür ich ihm an dieser Stelle besonders danken möchte. Mein Dank gilt ebenso Herrn Prof. Dr. E. OTREMBÄ und der Hochschulbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg für die großzügige Gewährung eines Forschungsurlaubs.