Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 6 (1926)

Heft: 1

Artikel: Chemismus und provinziale Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung

Autor: Burri, Conrad R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-8211

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Chemismus und provinziale Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung.

(mit 44 Figuren im Text und auf einer Tafel).

Von *Conrad R. Burri.*

Vorbemerkung.

Die vorliegende Arbeit stellt einen Auszug aus einer größeren Abhandlung dar, die der philosophischen Fakultät II (mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion) der Universität Zürich als Inauguraldissertation zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde eingereicht wurde. Die Arbeit in vollem Umfange ist

im Archiv der Universität Zürich,
im mineralogisch-petrograph. Institut der Eidg. Techn. Hochschule,
und in der Zentralbibliothek Zürich

deponiert und kann von dort ausgeliehen werden. Sie enthält alle Molekularwerte der über 1800 umgerechneten Analysen, sowie ca. 170 Differentiationsdiagramme.

Inhaltsverzeichnis.

A. Allgemeines, Zielsetzung 116
B. Kurze Übersicht über die hauptsächlichsten Gebiete jungeruptiver Tätigkeit 119
C. Übersicht über die chemische Variationsbreite der mit der Bildung der Nordamerikanischen Cordillere in ursächlichem Zusammenhang stehenden Gesteinsassoziationen 124
I. Statistische Erfassung des Materials 124
II. Konstruktion eines mittleren Differentiationsdiagramms der Nordamerikanischen Cordillere 133
D. Besprechung der einzelnen Provinzen.
I. Einleitung, zugleich vorläufige Zusammenfassung eines Teils der Ergebnisse 140
II. Spezieller Teil.
1. Pazifische Provinzen im Sinne von P. Niggli 142
a) Allgemeines 142
b) Erste Gruppe 144
c) Zweite Gruppe 154
d) Dritte Gruppe 160
2. Mediterrane Provinzen im Sinne von P. Niggli 168
3. Atlantische Provinzen im Sinne von P. Niggli 172
E. Schlußzusammenfassung
I. Übersicht über die verschiedenen Differentiationstypen . . . 180
II. Die geologische Stellung der verschiedenen Provinzialtypen . . 184
F. Erläuterungen zu den Figuren 27—44 186
G. Bibliographie 187

A. Allgemeines, Zielsetzung.

Das auffallendste Moment beim Betrachten einer Karte des Pazifischen Ozeans ist dessen Umrahmung mit mesozoisch-tertiären Kettengebirgen, den sogenannten Mesoiden. Schon *E. Suess* betonte diesen Umstand als gegensätzlich zu den Verhältnissen des Atlantischen Ozeans. In ununterbrochenem Zuge streichen die jungen Faltengebirge von der Antarktis längs der Westküste beider Amerika nach Alaska und den Aleuten, um nach Asien überzusetzen. Im nördlichen Ostasien, in Kamtschatka, finden wir sie wieder. In den Kurilen, den japanischen Inseln und den Ryu-Kyu - Inseln bilden sie die ostasiatischen Inselguirlanden. Über die Philippinen münden sie in das tektonisch hochkomplizierte Gebiet des malayischen Archipels, wo sie mit dem anderen großen, der Tethysgeosynklinale entsprungenen, Mesoidenstamm zusammentreffen. Über Neu-Guinea und Neu-Caledonien finden sie ihre Fortsetzung nach Neu-Seeland. Von hier wird neuerdings von *O. Wilckens* (allerdings nicht unwidersprochen) eine Fortsetzung über die Antarktis nach Grahamland angenommen. Damit würde sich der Ring um den Pazifischen Ozean schließen.

Auf die interessanten metallogenetischen Verhältnisse, welche zeigen, daß der Pazifik auch von einem Zuge junger Erzformationen, beispielsweise jungen Gold-Silber-Quecksilber-Lagerstätten umrahmt ist, haben in jüngster Zeit *P. Niggli* und *E. C. Andrews* hingewiesen.

Im Innern dieser Umrahmung liegt die pazifische Inselwelt, die *Dana, Gregory* und *Suess* zu gliedern versucht haben. Für die Abgrenzung des zirkumpazifischen und innerpazifischen Gebietes im SW-Teil des Pazifiks wird hier einem Vorschlage von *P. Marshall* gefolgt. Dieser Autor zieht seine „Andesitic Line" von Nord-Neu-Seeland über Kermadec, Tonga, Fiji, Neu-Hebriden, Salomonen nach Neu-Mecklenburg (Neu-Irland) und Neu-Guinea. Diese Linie bildet die westliche Grenze für das Auftreten alter Gesteinsarten („alt" im Gegensatz zu recenten Korallenbildungen und Laven). Der sogenannte „Granit" von Bora-Bora (Gesellschafts-Inseln), der früher oft als Zeuge eines alten pazifischen Kontinentes dienen mußte, ist ja in neuerer Zeit durch *A. Lacroix* und *J. P. Iddings* als Dolerit, also als junge Lava erkannt worden. Westlich von der andesitischen Linie kommen Andesite vergesellschaftet mit Basalten vor, östlich von ihr ist die Kombination Basalt + Natrongesteine kennzeichnend. Außer diesen Gründen sprechen noch eine Reihe

anderer dafür, daß die erwähnte Linie die eigentliche Grenze des Pazifischen Ozeans darstellt.

So stellt der Pazifische Ozean eine geschlossene Einheit, gewissermaßen eine geologisch-tektonische Provinz größten Ausmaßes dar, und es scheint sehr verlockend, die gegenseitige Stellung und die Beziehungen der verschiedenen, mit der mesoiden Gebirgsbildung in Zusammenhang stehenden petrographischen Provinzen innerhalb dieses Rahmens zu untersuchen. Mit anderen Worten, es soll dem Problem „Magmatische Differentiation und geologisch-tektonische Stellung" in ähnlicher Weise nachgegangen werden, wie dies *P. Niggli* in seiner Arbeit „Der Taveyannaz-Sandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge" (Schweiz. Min.-Petr. Mitt. II, p. 169, 1922) getan hat, nur mit dem Hauptunterschiede, daß sich die Untersuchung auf ein räumlich viel ausgedehnteres Gebiet bezieht.

Um ein möglichst vollständiges Bild zu bekommen, wurde der Begriff „Umrahmung des Pazifischen Ozeans" sehr weit gefaßt. So wurde zum Beispiel das gesamte östliche Vorland der Rocky Mts. in Nordamerika und der ganze Malayische Archipel mit einbezogen. Die kleinen Antillen wurden schon von *E. Suess* zum pazifischen System gerechnet.

Was die zeitliche Komponente in der Berücksichtigung der Phänomene anbelangt, so wurde versucht, soweit wie möglich, die Gesamtheit der mit der jungen Gebirgsbildung verknüpften magmatischen Tätigkeit (exkl. Erzlagerstätten) zu erfassen. Die obere Grenze war durch die Gegenwart gegeben. Die heutige vulkanische Tätigkeit stellt nur ein Ausklingen der viel umfangreicheren, spättertiären dar, die ihrerseits mit den letzten tektonischen Paroxysmen in Zusammenhang steht. Die untere Grenze war weniger scharf gegeben, an vielen Orten ist sie auch nur mangelhaft bekannt. Obwohl die meisten Gebirge ihre heutige Gestalt zur Hauptsache den tertiären Paroxysmen verdanken, so dürfen doch die früheren Faltungsphasen nicht außer Acht gelassen werden. Zum orogenetischen Zyklus, der die Mesoiden schuf, müssen alle Phasen gerechnet werden, die nach der, auf die spätpalaeozoische Gebirgsbildung folgenden, relativen Ruhepause eintraten. Diese Ruhepause erstreckte sich fast überall über die Trias und einen Teil des Jura. Stellenweise begannen schon zur Triaszeit die ersten Intrusionen stark basischer Gesteine, die das Kommen eines neuen Zyklus andeuteten. Diese konnten nur vereinzelt berücksichtigt werden, da sie uns heute meist in stark metamorphem Zustande entgegentreten, oder unge-

nügend erforscht sind. Von den jurassischen Phasen konnten in ausgedehnterem Maße nur die, mit den bekannten batholitischen Intrusionen verknüpften, der nevadischen Faltung Nordamerikas berücksichtigt werden. Der Grund liegt darin, daß jurassische Phasen nicht überall erkannt worden sind, und daß anderseits die hier verwendeten Untersuchungsmethoden es mit sich bringen, daß in erster Linie nur solche Vorkommnisse berücksichtigt werden konnten, von denen genügend chemische Daten, d. h. moderner Kritik standhaltende Gesteinsanalysen, vorhanden sind. Auch die kretazische Eruptivtätigkeit konnte aus diesen Gründen nur in beschränktem Maße berücksichtigt werden, sodaß weitaus der größte Teil der hier diskutierten petrographischen Provinzen von tertiärem bis recentem Alter sind. Das beruht einerseits darauf, daß die tertiären Paroxysmen weiter und einheitlicher verbreitet sind, anderseits aber auch darauf, daß sie für viele Gebiete die einzigen nachweisbaren, oder die einzigen mit erkennbarer magmatischer Tätigkeit verknüpften sind. Vielerorts wird vielleicht eine Neuuntersuchung neue Resultate fördern. Auch die im Vergleich zu den meisten, hier betrachteten Gebieten, unendlich viel besser bekannten Alpen, gelten ja, nach den neueren Forschungen, zu denen *E. Argand* den Anstoß gegeben hat, nicht mehr als das rein tertiäre Faltengebirge, als das sie früher in allen Lehrbüchern figurierten.

Der Gang der Untersuchung ist folgender: Nach einem kurzen Überblick über das Auftreten jungeruptiver Bildungen im eben näher umschriebenen Gebiete, werden die einzelnen Provinzen zu Gruppen zusammengefaßt, charakterisiert und miteinander verglichen. Auf die Diskussion und Charakterisierung jeder Provinz im Einzelnen, wie es in dem eingangs erwähnten Manuskript geschah, konnte in diesem Auszug natürlich nicht eingegangen werden.

Charakterisierung und Vergleich der einzelnen Provinzen, wie der Gruppen, geschah an Hand der von *P. Niggli* geschaffenen Projektionswerte und deren Zusammenstellung zu Differentiationsdiagrammen. (Siehe z. B. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich 64, p. 169, 1919 [Heim-Festschrift] oder Gesteins- und Mineralprovinzen I, Berlin 1923.)

Die Grundlage zu der Arbeit bildete eine Aufsammlung von über 1800 sorgfältig ausgesuchten Analysen aus dem Gebiet des Pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Für die Auswahl waren im allgemeinen die gleichen Grundsätze maßgebend, wie sie *H. S.*

Washington in seinen „Chemical Analysis of Igneous Rocks" (U. S. Geol. Surv. Prov. Pap. 99, 1917) aufgestellt hat. Dieses Werk bildete für das bis 1914 publizierte Material die Hauptquelle.

Vergleicht man das gewaltige Gebiet, um das es sich handelt, mit der verhältnismäßig geringen Anzahl zur Verfügung stehender Analysen, so können Zweifel aufsteigen, ob der Zeitpunkt für eine derartige Untersuchung schon gekommen ist. Wenn auch noch vieles unklar bleibt, so scheinen doch die erhaltenen Resultate den Versuch, wenigstens teilweise, zu rechtfertigen. Nicht eindringlich genug kann auf das Bedürfnis nach vermehrten Daten, d. h. *guten* chemischen Analysen hingewiesen werden, obwohl diese Bemerkung fast überflüssig erscheint, da in neuester Zeit zwei so ausgezeichnete Kenner der Eruptivgesteine des Pazifischen Ozeans, wie *R. A. Daly* und *H. S. Washington,* mit besonderem Nachdruck auf die Notwendigkeit vermehrter chemischer Daten über dieses Gebiet hingewiesen haben.

B. Kurze Übersicht über die hauptsächlichsten Gebiete jungeruptiver Tätigkeit.

I. Zirkumpazifische Gebiete.

1. Antarktis.

Der antarktische Kontinent zerfällt in zwei grundverschiedene Teile, die beide große Analogien zu den benachbarten Kontinenten zeigen. Die Ostantarktis ist eine große, von Brüchen zerschnittene, ungefaltete Tafel, mit aufgesetzten jungen Vulkanen (Süd-Viktoria-Land, Gebiet der Roß-Insel). Die Westantarktis (Grahamland und zugehörige Inseln) wird von einem oberkretazisch-alttertiären Faltengebirge gebildet, den sogenannten Antarktanden. Diese zeigen große Analogien zu den Anden. Während der Faltung erfolgten auch hier dioritische Intrusionen, außerdem haben jungvulkanische Eruptionen große Verbreitung. Über die „südlichen Antillen" stehen die Antarktanden mit den Anden in Verbindung. Auf den Süd-Sandwich-Inseln kommen junge Basalte vor.

2. Süd-Amerika.

Der südamerikanische Kontinent wird seiner ganzen Länge nach im W durch die junge Cordillera de los Andes begrenzt. Die an der Grenze Obere Kreide/Alt Tertiär erfolgte Gebirgsbildung war von ausgedehnten dioritischen Intrusionen begleitet. Schon im Spätmesozoikum waren einige Vorläufer der Gebirgsbildung aufgetreten. Im Jungtertiär begann die vulkanische Tätigkeit, die stark einge-

engt, bis heute andauert. Die jungvulkanischen Ereignisse spielten sich auf einer stark verschmälerten Zone des alttertiären Intrusionsstreifens ab. In der patagonischen Ostkordillere finden sich eine ganze Reihe Lakkolithen, die in die Kreideschichten eingedrungen sind, und die neben Kalkalkaligesteinen auch typische Alkaligesteine aufweisen. Auch in Argentinien treten am Ostabhange der Cordillere Alkaligesteine auf. Die Andengesteine, sowohl die Laven, wie ganz besonders die Intrusivgesteine bedürfen noch sehr einer eingehenderen Erforschung.

3. Kleine Antillen.

Während wir über das durch Venezuela verlaufende Stück der andinen Geosynklinale sehr wenig wissen, sind wir über die Vulkane der Kleinen Antillen, insbesondere Martinique (Montagne Pelée), sehr gut unterrichtet.

4. Mittelamerika.

Über die in Verbindung mit der miozänen Gebirgsbildung intrudierten granitischen Gesteine wissen wir so gut wie gar nichts, und über die intensive spättertiäre vulkanische Tätigkeit sehr wenig.

5. Nordamerika.

Die nordamerikanische Cordillere kann eingeteilt werden in:

I. Laramie-System:	1. Rocky Mts. 2. Colorado-Plateau. 3. Mexikanisches Plateau.
II. Intermontane Belt:	1. Northern Interior-Plateau. 2. Columbia Lava-Plain. 3. Nevada-Sonora-Region (gew. „Great Basin“ genannt).
III. Pazifisches System:	1. Aleuten-, Alaska-Range, Elias Mts. und Parallelkette. 2. Coast-Range von British Columbia, Cascade-Range. Sierra Nevada. 3. Coast-Range von Cal. und Ore.

Nachdem zur Trias- und Jurazeit, vorwiegend längs des Ufers des Pazifischen Ozeans, basische Magmen gefördert worden waren, erfolgte im Oberen Jura die „Nevadische Faltung“. Mit ihr verbunden sind mächtige batholithische Intrusionen, die von Alaska nach Nieder-Californien reichen. Sie sind in der Sierra Nevada (Cal.) gut studiert. In British-Columbia spaltet sich der Batholith

zu mehreren Teilgliedern auf, um sich dann wieder einheitlicher als „Coast Range Batholith" nach N fortzusetzen. In Verbindung mit der mittelkretazischen „Central Cordilleran Disturbance", welche die durch die nevadische Faltung entstandene Cordillere noch mehr hob, intrudierten längs der pazifischen Küste basische Gesteine.

Mittlerweile hatte sich im E des neuen Gebirges eine neue Geosynklinale gebildet, aus der infolge der laramidischen Faltung die Rocky Mts. entstanden. Der Schub ist nach E gerichtet. An der pazifischen Küste herrschte zu dieser Zeit fast vollständige Ruhe. Auch die Periode der laramidischen Faltung ist durch das Auftreten batholithischer Massen gekennzeichnet, zum Beispiel Bitterroot Batholith (Mo.-Jd.), Boulder Batholith (Mo.), Butte Granit (Mo.) etc. In West-Colorado zieht sich ein ganzer Zug porphyritischer Intrusivgesteine von Leadville nach Boulder Co. In New Mexico traten Intrusionen zum Beispiel bei Silver City auf, in Arizona im Gebiete der Desert Range (Clifton-Morenci, Globe, Bisbee, Silver Bell, etc.), in Mexico bei Concepión del Oro. Im Yellowstone Park bildet sie in der Gallatin Range die Einleitung der gleich zu erwähnenden ausgedehnten mittel- und spättertiären vulkanischen Tätigkeit. Östlich der Rocky Mts. befindet sich die interessante Provinz von Zentral-Montana mit den Crazy-Castle-Little Belt-Judith-Highwood-Bearpaw-Little Rocky, etc. Mts.

Im Eozän fand neben einigen kleinen Intrusionen, wie zum Beispiel bei Park City und Little Cottonwood in den Wasatch Mts. und im Frisco distr. Utah, sowie in der „Laccolithic Mountain Group" des Colorado Plateau (Henry Mts., etc.) vor allem starke vulkanische Tätigkeit statt. Hauptgebiete waren: der Yellowstone Park (Electric Peak, Crandall Volcano, etc.), die San Juan Mts. Colo. (Telluride, Silverton, Ouray, etc.), Silver Cliff, Rosita Hills und Spanish Peak am Rande der Front Range Colo., sowie ausgedehnte Ergüsse in New Mexico und Texas (Uvalde Co., etc.). Im Gebiete der Sierra Nevada, in British Columbia und Alaska herrschte ebenfalls vulkanische Tätigkeit.

Im Miozän kam es längs der pazifischen Küste zu neuer Gebirgsbildung. Die „Cascadische Faltung" machte sich von Washington und Oregon bis zum Isthmus von Tehuantepec und den Kleinen Antillen bemerkbar. Die äußerst intensive vulkanische Tätigkeit, zu der die eozäne und miozäne nur die Einleitung gebildet hatten, war besonders in folgenden Gebieten verbreitet:

a) Ein großes Gebiet im SE der Rocky Mts. (Colfax Co. New Mex., Ortiz Mts. New Mex., Trans Pecos Region und Uvalde Co. Tex., sehr wahrscheinlich auch Cripple Creek Colo., etc.).

b) Verschiedene Gebiete in Arizona, vor allem die San Francisco Mts. und die schon erwähnten Distrikte der Desert Range.

c) Im Gebiete des laramidischen Systems: der Yellowstone Park, die San Juan Mts. Colo. und das Mexikanische Plateau.

d) Zum „Intermontane Belt" gehören: Eureka-Washoe-Goldfield-Bullfrog- etc. distr. in der Nevada-Sonora Region, die Columbia- und Snake River Basalte und die „Kamloops Volcanic Series" in Brit. Col.

e) In das Gebiet des pazifischen Systems fallen die großen Ergüsse der Sierra Nevada und des Lassen Peak Cal., der Cascade Range (Crater Lake, Ore., etc.), die Gebiete des Okanagan und Fraser River in Brit. Col., sowie verschiedene Gebiete im Yukon Terr. und in Alaska.

Die spätpliozänen und quartären Eruptionen sind vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich basaltisch. Das laramidische System ist frei davon. Die Hauptgebiete sind: der Westabhang der Cascade Range, vom Shasta zum Mt. Baker, Süd-Nevada, die „Columbia Lava Plain", der Rio Grande Canyon, sowie einzelne Vorkommnisse an der pazifischen Küste.

6. Anadyrland, Kamtschatka und Kurilen.

Über Anadyrland sind wir nur ungenügend unterrichtet. In Kamtschatka begann der Vulkanismus im Pliozän unter Bildung der Vulkane der Mittelkette. Im Pleistozän wurde der aktive Vulkanismus in die Ostzone verlegt. Der Kurilenbogen ist die Fortsetzung davon, er ist von pleistozänem bis recentem Alter.

7. Japan.

Der Vulkanismus auf den japanischen Inseln ist mit der tertiären Faltung, die in eine palaeozäne und eine postpliozäne Phase zerfällt, verknüpft. Die großen, aufgesetzten Vulkane wurden im Verlauf der zweiten Phase gebildet. Man unterscheidet: a) die nordjapanische Vulkanzone, b) die quer durch Hondo streichende Fuji Bonin-Zone, c) die südjapanische Zone, d) die Ryu-Kyu-Zone, e) die Zone zwischen Shikoku und Hondo, f) den Innenrand (Oki-Iki-Goto-Inseln).

8. Philippinen und Malayischer Archipel.

a) Der Bantanes- und Babuyanes-Bogen, der die Verbindung mit den japanischen Bogen herstellt, ist schlecht bekannt. Auf den

Philippinen lassen sich mehrere N—S streichende Vulkanzonen erkennen. Der Vulkanismus begann im Pliozän als Folge der posteozänen Faltung.

b) Der sehr aktive Sangi-Bogen stellt die Verbindung mit Celebes her.

c) Eines der interessantesten Gebilde ist die Maros-Provinz, so genannt nach dem Pic von Maros in Süd-Celebes. Die Gesteine sind postmiozän und zeigen Kalivormacht. Die Provinz erstreckt sich nach Java (Mt. Mouriah), Soembava (Halbinsel Sanggar), sowie auf die kleine Insel Bawéan. Die genaueren Grenzen der Provinz sind nicht bekannt. In der Grenzregion stellen sich interessante Verhältnisse ein, die aber chemisch nicht näher untersucht sind, zum Beispiel am Gunung Loeroes in der Landschaft Besoeki, Java, wo einem Sommawall von Leucit-Basalt ein Zentralkegel von Hornblende-Andesit entsteigt.

d) In Zentral-Borneo (Müllergebirge) kommen Andesite vor, die zur sogenannten „älteren Andesit-Formation" (oligozän/miozän) gehören.

e) Die Vulkane von Halmahera sind jünger als die postpliozäne Faltung.

f) Eine große Vulkanzone folgt dem Sumatra-Java-Bogen und setzt sich über die Kleinen Sunda-Inseln in den Banda-Bogen fort. Die ersten Glieder dieser Vulkanzone finden sich in Ober-Burma (Lower Chindwin River, Mt. Puppa) und auf Barren Island und Narcondam im Golf von Bengalen.

9. Neu-Guinea und Bismarck-Archipel.

Von diesem Gebiet sind unsere Kenntnisse sehr beschränkt. Am besten bekannt ist der „Ruck-Bogen", der zuerst der Küste von Neu-Guinea folgt, um dann nach Neu-Pommern überzusetzen. Vulkanische Gesteine scheinen weit verbreitet zu sein.

10. Inseln zwischen Neu-Guinea und Neu-Seeland.

Vulkanische Bildungen sind auf den dem australischen Kontinente folgenden Inselbogen sehr verbreitet, Genaueres wissen wir aber nur von einigen größeren Inselgruppen, wie von den Neu-Hebriden oder vom Fiji-Archipel.

11. Neu-Seeland.

Während früher als Zeit der maximalen Gebirgsbildung die Untere Kreide galt, scheint man diese jetzt, nach neueren Arbeiten von *W. N. Benson,* in die Obere Kreide zu verlegen. Jüngere Krusten-

bewegungen fanden am Schlusse des Miozäns statt. Man unterscheidet folgende junge Eruptivgebiete: die Otago- und Banks-Halbinsel auf der Süd-Insel, die Coromandel-Halbinsel, das große Rhyolithplateau mit den aufgesetzten Vulkanen, Mt. Egmont (Taranaki), die Basaltvulkane von Auckland und die Vorkommnisse der Whangarei Heads und von Whangaroah auf der Nord-Insel. Mit Ausnahme der Banks-Halbinsel, deren Eruptivgesteine nicht genau datiert werden können, und der Basaltvulkane des Auckland-Isthmus, die pleistozän sind, sind die übrigen erwähnten Gebiete miozän bis pliozän.

II. Innerpazifische Gebiete.

Jungvulkanische Bildungen weisen auf:

1. Die subantarktischen Inseln Neu-Seelands.

(Chatham - Antipodes - Auckland - Campbell - Macquerie Islands.)

Diese könnten auch als Anhang zu Neu-Seeland aufgeführt werden, da sie im Gegensatz zu den typisch innerpazifischen Inseln, neben den jüngeren Laven auch ältere kristalline Gesteine und Sedimente aufweisen.

2. Die Hawaii - Gruppe.

3. Die Polynesische Gruppe.

(Zwischen 175° und 125° westl. Länge und 5° und 25° südl. Breite.)

Unter diese Gruppe fallen: die Samoa-Gesellschafts-Cook (Hervey)-Marquesas-Gambier- und, zum Teil, die Tubuai (Austral)-Inseln.

4. Die Süd- und Mittelamerika vorgelagerten Inseln.

Dahin sind zu zählen die Juan Fernandez-Inseln, San Felix und San Ambrosio, die der Küste von Chile vorgelagert sind, der Galapagos-Archipel westlich von Ecuador, und die Mexico vorgelagerten Clipperton- und Rev. Gigedo - Inseln.

Als Anhang: Oster-Insel und Sala y Gomez auf dem Albatros-Plateau.

C. Übersicht über die chemische Variationsbreite der mit der Bildung der nordamerikanischen Cordillere in ursächlichem Zusammenhang stehenden Gesteinsassoziationen.

I. Statistische Erfassung des Materials.

Zunächst erschien es wichtig, in einem möglichst umfangreichen, jedoch gut untersuchten Gebiet des zirkumpazifischen Falten-

gebirges auf statistischem Wege die gesamte chemische Variationsbreite der mit der Entstehung der Mesoiden in Beziehung stehenden magmatischen Gesteine zu erfassen. Als Beispiel wurde die Nord-Amerikanische Cordillere, d. h. das große Faltengebirge, das Nord-Amerika im Westen begrenzt, gewählt. Diese Wahl war dadurch gegeben, daß einerseits in dem erwähnten Gebirge junge, mit den Faltungsvorgängen verbundene, magmatische Tätigkeit eine große Rolle spielt, und daß andererseits, im Gegensatz etwa zu den Süd-Amerikanischen Anden, ihre Produkte sehr gut untersucht sind. Obwohl sich das letztere zur Hauptsache auf das Gebiet der U. S. A. und einen Teil von Brit. Columbia bezieht, wurde das Gebiet doch größer gefaßt, um eine möglichst große chemische Variationsbreite an geförderten Magmentypen zu erhalten. Das Areal erstreckt sich streifenförmig von Alaska und den Aleuten im N nach der mexikanischen Grenze im S. Im W bildet der Pazifische Ozean die Grenze, im E erreicht es seine größte Entwickelung erst südlich des 49. Breitenkreises, wo es bis nach Zentral-Montana, E-Wyoming und Zentral-Colorado reicht. Weiter im S in New Mexico und W-Texas fällt die Grenze ungefähr mit dem Rio Pecos, einem Zufluß des Rio Grande del Norte, zusammen. (Magnet Cove und Fourche Mts. Ark wurden weggelassen.)

Aus diesem Gebiete wurde eine Sammlung von 878 zuverlässigen Analysen auf Niggliwerte umgerechnet und statistisch verarbeitet. Das Resultat ist im folgenden mitgeteilt (Tab. 1 und Fig. 1—9).

Tabelle 1.

Prozentuale Verteilung der Projektionswerte nach Niggli auf die Analysen.

(Sammlung von 878 Analysen von Gesteinen der Nordamerikanischen Cordillere.)

A „si“

si	%	si	%	si	%
0— 20	—	201—220	8,9	401—420	0,8
21— 40	—	221—240	6,8	421—440	2,3
41— 60	0,2	241—260	5,7	441—460	2,8
61— 80	1,1	261—280	4,7	461—480	1,7
81—100	2,7	281—300	3,5	481—500	1,3
101—120	6,7	301—320	3,6	501—520	0,4
121—140	9,6	321—340	2,4	521—540	0,6
141—160	9,2	341—360	3,1	541—560	0,3
161—180	9,7	361—380	2,0	561—580	0,1
181—200	7,1	381—400	2,0	581—600	—

B „al“

al	%	al	%	al	%
0 — 2	0,2	20,5—22	3,8	40,5—42	7,8
2,5— 4	—	22,5—24	3,4	42,5—44	5,4
4,5— 6	—	24,5—26	4,3	44,5—46	6,1
6,5— 8	0,2	26,5—28	4,8	46,5—48	5,5
8,5—10	0,4	28,5—30	6,6	48,5—50	2,4
10,5—12	1,0	30,5—32	7,1	50,5—52	1,3
12,5—14	1,0	32,5—34	8,1	52,5—54	0,4
14,5—16	0,9	34,5—36	8,7	54,5—56	0,1
16,5—18	2,5	36,5—38	7,9	56,5—58	—
18,5—20	1,6	38,5—40	7,9	58,5—60	0,1

C „fm“

fm	%	fm	%	fm	%
0— 4,5	2,2	35—39,5	9,1	70—74,5	0,1
5— 9,5	9,1	40—44,5	7,7	75—79,5	—
10—14,5	11,0	45—49,5	5,1	80—84,5	0,1
15—19,5	11,2	50—54,5	2,0	85—89,5	—
20—24,5	12,6	55—59,5	0,9	90—94,5	—
25—29,5	13,5	60—64,5	0,8	95—99,5	0,2
30—34,5	13,5	65—69,5	0,4		

D „c“

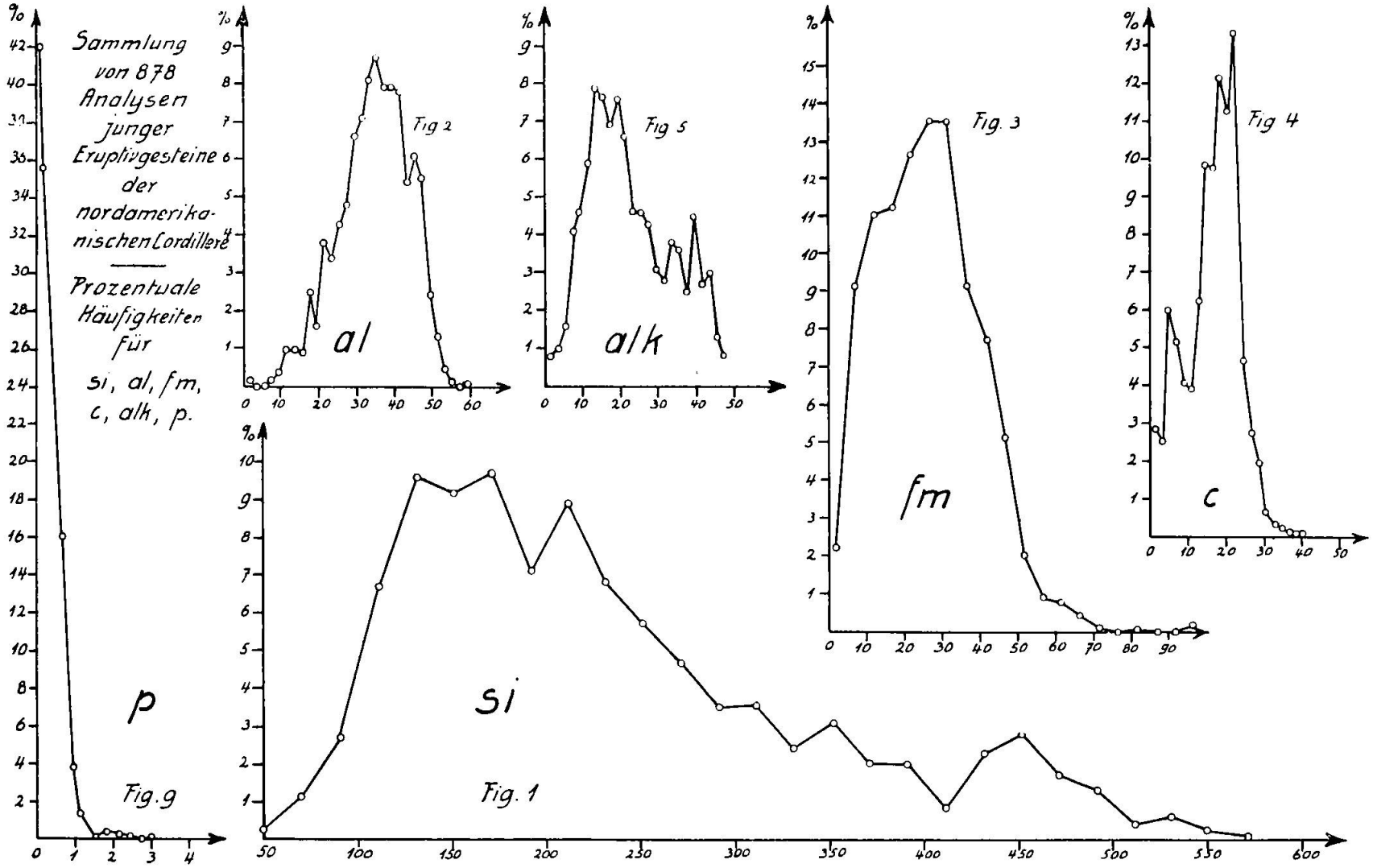
c	%	c	%	c	%
0— 1,5	2,9	16—17,5	9,8	32—33,5	0.4
2— 3,5	2,6	18—19,5	12,2	34—35,5	0,3
4— 5,5	6,0	20—21,5	11,3	36—37,5	0,1
6— 7,5	5,2	22—23,5	13,4	38—39,5	0,1
8— 9,5	4,1	24—25,5	4,7	40—41,5	0,1
10—11,5	4,0	26—27,5	2,8	42—43,5	—
12—13,5	6,3	28—29,5	2,0	44—45,5	—
14—15,5	9,9	30—31,5	0,7		

E „alk“

alk	%	alk	%	alk	%
0 — 2	0,8	18,5—20	7,6	36,5—38	2,5
2,5— 4	1,0	20,5—22	6,6	38,5—40	4,5
4,5— 6	1,6	22,5—24	5,6	40,5—42	2,7
6,5— 8	4,1	24,5—26	5,6	42,5—44	3,0
8,5—10	4,6	26,5—28	5,3	44,5—46	1,3
10,5—12	5,9	28,5—30	3,1	46,5—48	0,8
12,5—14	7,9	30,5 32	2,8	48,5—50	—
14,5—16	7,7	32,5—34	3,8		
16,5—18	6,9	34,5—36	3,6		

F „k“

k	%	k	%	k	%
0 —0,05	1,6	0,36—0,40	13,6	0,71—0,75	0,9
0,06—0,10	2,5	0,41—0,45	11,1	0,76—0,80	0,1
0,11—0,15	2,3	0,46—0,50	9,7	0,81—0,85	0,8
0.16—0,20	7,8	0,51—0,55	4,6	0,86—0,90	0,7
0,21—0,25	11,1	0,56—0,60	3,1	0,91—0,95	0,2
0,26—0,30	13,6	0,61—0,65	1,4	0,96—1,00	0,1
0,31—0,35	14,6	0,66—0,70	0,6		


Sammlung von 878 Analysen junger Eruptivgesteine der nordamerikanischen Cordillere
Prozentuale Häufigkeiten für si, al, fm, c, alk, p.
p
Fig. 9
al
Fig 2
alk
Fig 5
fm
Fig. 3
c
Fig 4
si
Fig. 1

G „mg“

mg	%	mg	%	mg	%
0 —0,05	2,7	0,36—0,40	9,1	0,71—0,75	2,2
0,06—0,10	2,2	0,41—0,45	13,2	0,76—0,80	1,9
0,11—0,15	2,4	0,46—0,50	14,0	0,81—0,85	0,6
0,16—0,20	3,8	0,51—0,55	10,8	0,86—0,90	0,2
0,21—0,25	5,3	0,56—0,60	8,2	0,91—0,95	0,1
0,26—0,30	6,5	0,61—0,65	4,6	0,96—1,0	0,1
0,31—0,35	8,0	0,66—0,70	3,9		

H „ti“

ti	%	ti	%	ti	%
0 —0,5	9,8	3,1—3,5	2,8	6,1—6,5	0,1
0,6—1	19,7	3,6—4,0	1,4	6,6—7,0	0,2
1,1—1,5	22,9	4,1—4,5	1,5	7,1—7,5	0,2
1,6—2,0	21,1	4,6—5,0	1,4	7,6—8,0	—
2,1—2,5	11,4	5,1—5,5	0,5	8,1—8,5	—
2,6—3,0	6,0	5,6—6,0	0,4		

J „p“

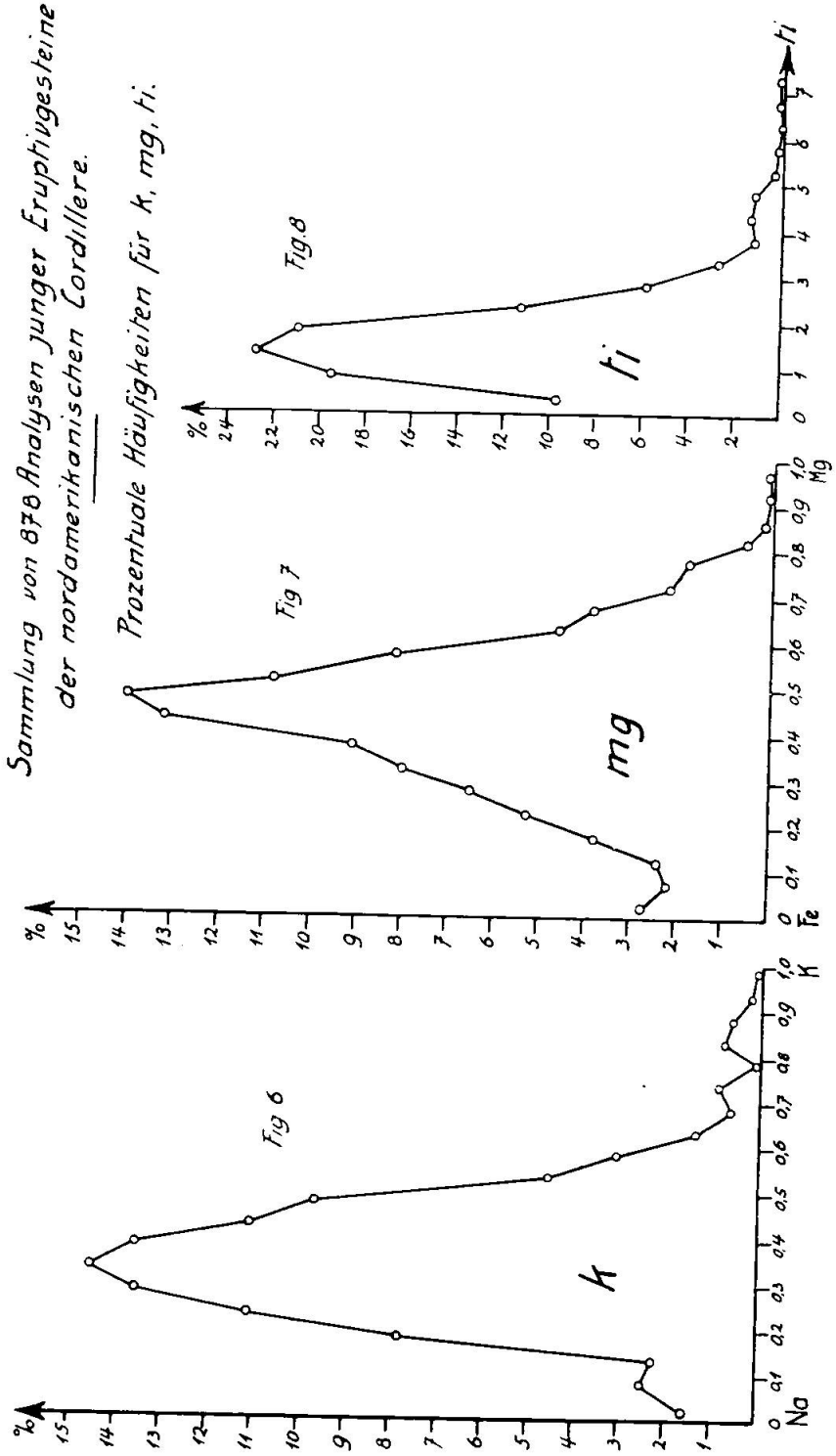
p	%	p	%	p	%
0 —0,2	41,9	1,8—2,0	0,6	3,7—3,9	—
0,3—0,5	35,5	2,1—2,3	0,3	4,0—4,2	—
0,6—0,8	16,0	2,4—2,6	0,1	4,3—4,5	—
0,9—1,1	3,9	2,7—2,9	—	4,6 4,8	—
1,2—1,4	1,4	3,0—3,2	0,1	4,9—5,1	—
1,5—1,7	0,1	3,3—3,5			—

Um die Verhältnisse anschaulicher zu machen, wurden ähnlich, wie es von *P. J. Beger* für die Lamprophyre gemacht wurde, prozentuale Häufigkeiten berechnet und auch graphisch in Häufigkeitskurven zur Darstellung gebracht. Die Tabelle sei an einem Beispiel kurz erläutert. Wenn es z. B. heißt (erster Abschnitt, A. si) 181—200, 7,1 %, so bedeutet das, daß für 7,1 % der in Betracht gezogenen 878 Analysen $181 \leqq si \leqq 200$ ist, u. s. w. Die prozentualen Häufigkeitskurven sind alle mehr oder weniger symmetrisch zweiseitig, mit Ausnahme der p-Kurve (Fig. 9), die extrem einseitig ist. Von den zweiseitigen besitzt die si-Kurve die geringste Symmetrie. si weist naturgemäß die größte Variationsbreite auf. fm, al, alk und c lassen sich in dieser Reihenfolge nach abnehmender Variationsbreite anordnen, wobei der Unterschied zwischen den ersten drei allerdings nicht bedeutend ist. Die Grenzwerte der Variabilität lassen sich aus der graphischen Darstellung oder aus der Tabelle entnehmen. Alle zweiseitigen Kurven besitzen gut ausgeprägte Maxima. Am wenigsten ist dies bei si der Fall. c, das die geringste Variationsbreite umfaßt, weist umgekehrt das schärfste Maximum auf. Die Maxima entsprechen den dichtesten Werten, d. h. den Werten, die bei den Untersuchungen am häufigsten aufgefunden worden sind. Sie bestimmen das Mittel, je größer im allgemeinen die Abweichungen von diesem Mittel, desto seltener sind die Werte gefunden worden.

Für unseren Fall liegen die Maxima der Variationsbreite wie folgt:

si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p
170	35	30	22	13	0,33	0,48	1,3	0,1

Die Werte al + fm + c + alk ergänzen sich genau zu 100. Die Werte entsprechen einem normaldioritischen Magma mit hohem k.



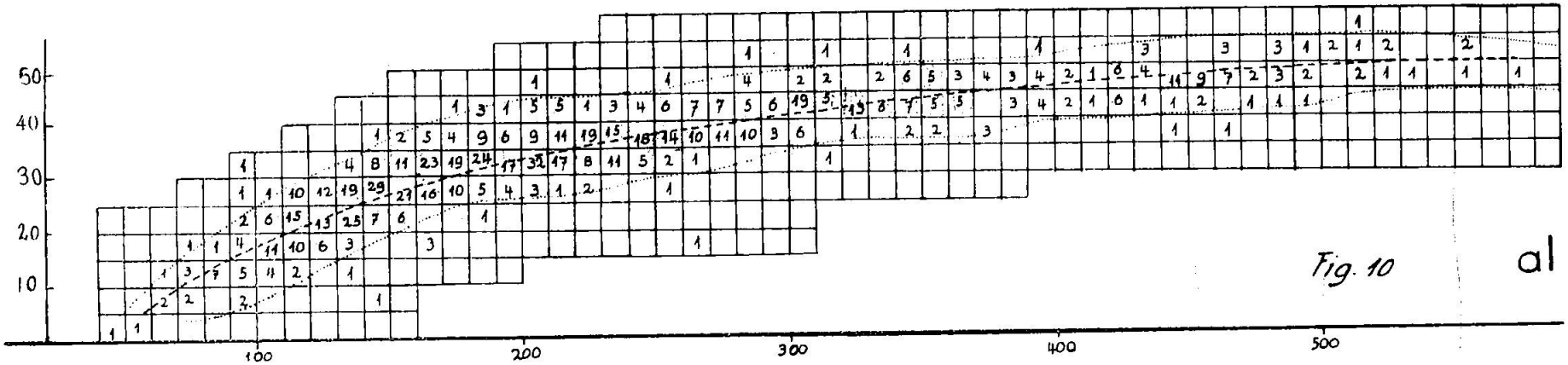


Fig. 10

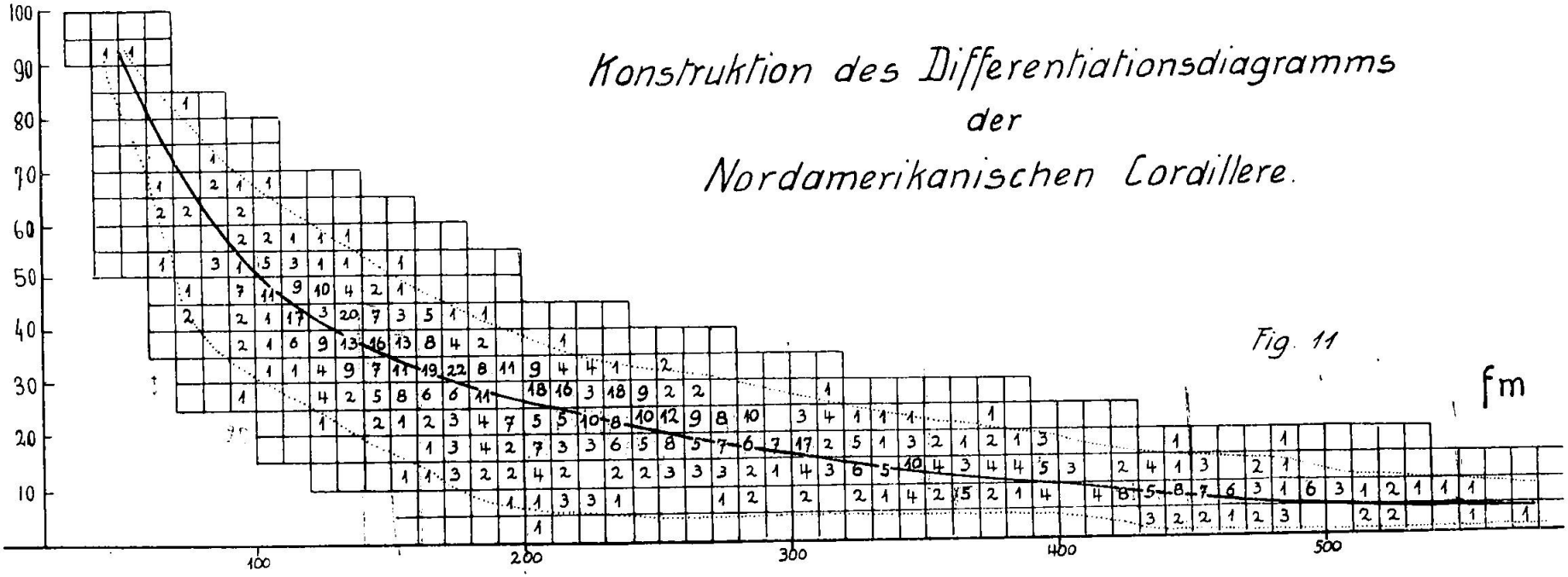


Fig. 11

Konstruktion des Differentiationsdiagramms der Nordamerikanischen Cordillere.

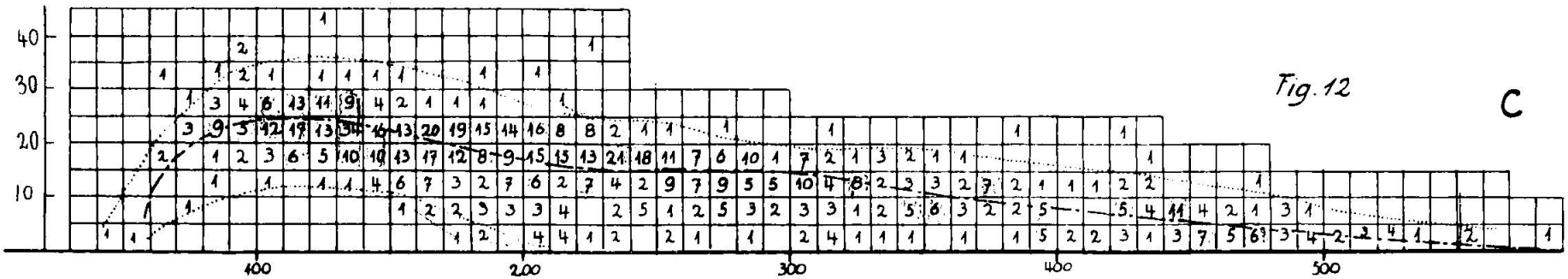

40
30
20
10
100
200
300
400
500
C

Fig. 12

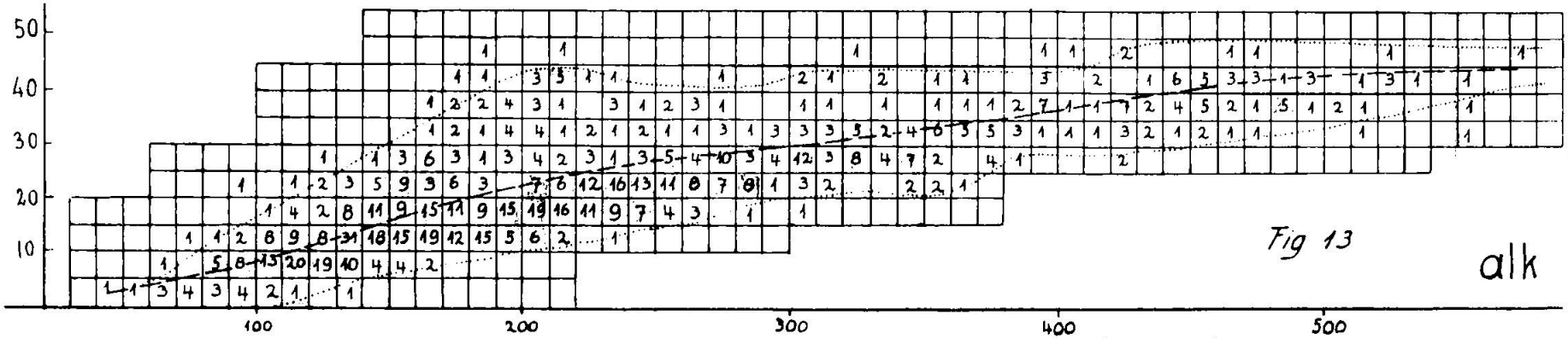

50
40
30
20
10
100
200
300
400
500
alk

Fig 13

Nimmt man (siehe Tab. unter A. si) an, daß die Werte für das Intervall 41 bis 60 um den mittleren Wert 50, für das Intervall 61 bis 80 um den Wert 70 schwanken etc., so läßt sich nach der Formel

$$\frac{0{,}2 \cdot 50 + 1{,}1 \cdot 70 \ldots}{100}$$

das arithmetische Mittel von si (und gleicherweise natürlich auch für die anderen Werte) ausrechnen. In nachstehender Tabelle findet sich das Resultat mit einer Serie von Werten zu Vergleichszwecken (Tab. 2).

Tabelle 2.

Gegenstand	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm	Magma
N.-Amerikan. Cord. Dichteste Werte	170	35	30	22	13	0,33	0,48	1,3	0,1	0,73	normaldioritisch mit hohem k
N.-Amerikan. Cord. Arithmet. Mittel	231	34,2	26,3	16,4	22,1	0,35	0,43	1,6	0,4	0,62	quarzd./opdalit.
Quarzd. Magma nach Niggli	220	31	31	19	19	0,25	0,48			0,61	Gest. u. Min. Prov. p. 122
Normald. Magma nach Niggli	155	29	35	22	14	0,28	0,48			0,61	ibid. p. 125
Opdalit. Magma nach Niggli	215	32	32	18	18	0,50	0,45			0,56	ibid. p. 117
Qz. Biot. Diorit, Electric Peak, YellowstoneP.	248	37	25	17	21	0,35	0,50			0,64	U. S. geol. Surv. Mon. 20
Augit Andesit, San Francisco Mts. Ariz.	179	31	34	18	17	0,25	0,38	3,7	0,6	0,53	U. S. geol. Surv. Prof. P. 76
Andesit, Hurrican Ridge, Yellowst. P.	175	33	31	18	18	0,35	0,49	1,8	0,4	0,58	U. S. geol. Surv. Mon. 20
Eruptivgesteins-mittel nach Niggli	177	28,5	36,5	18	17	0,35	0,51	1,8	0,4	0,50	siehe P. Niggli N. J. B. B. 48
id. nach Washington	180	29	36	17	18	0,35	0,50	2,5	0,6	0,48	
Erdmittel nach H.S. Washington 1924	191	29	36	17	18	0,35	0,48	2,5	0,4	0,51	U. S. geol. Surv. Prof. P. 127, 1924

Die Abweichung des aus den dichtesten Werten berechneten Mittelwertes und des arithmetischen Mittels ist nicht sehr bedeutend. Sie beträgt für

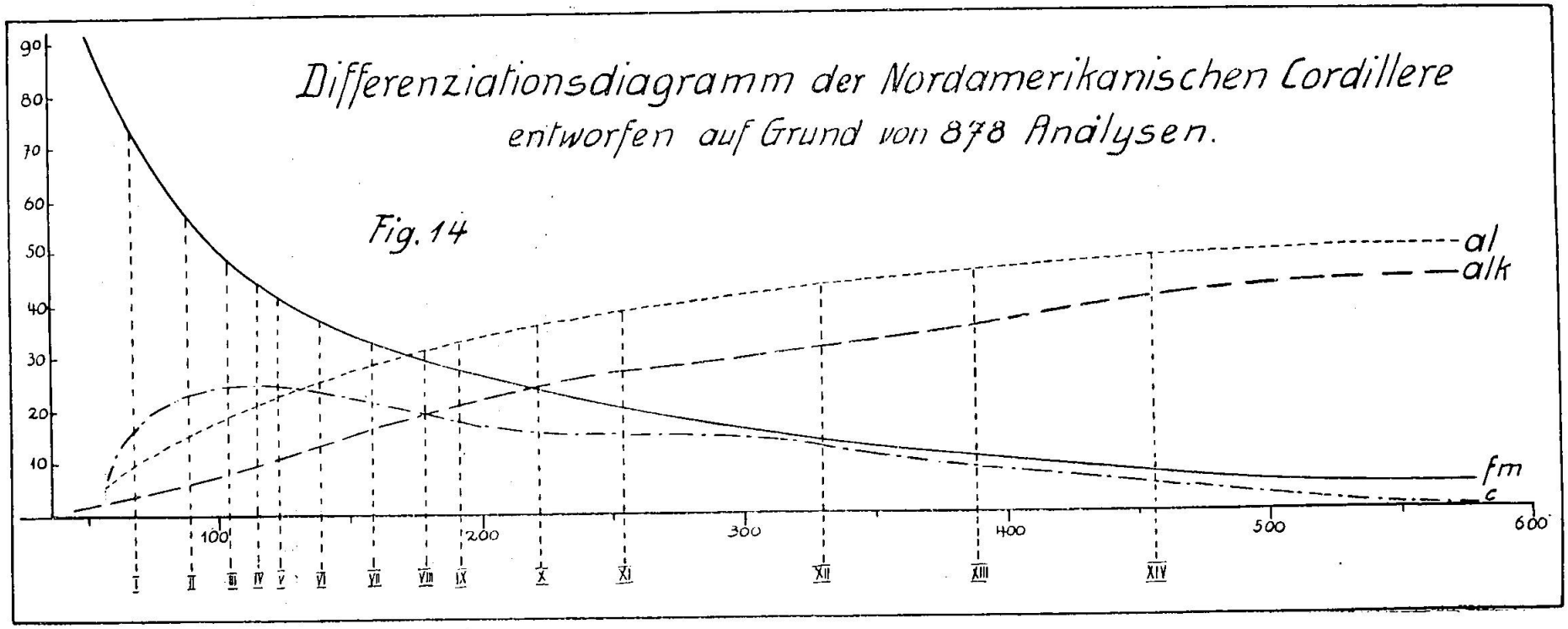
si	61	Einheiten	= ca. 11	%	des	ges.	si-Variation
al	0,8	„	= ca. 1,3	%	„	„	al- „
fm	3,7	„	= ca. 4	%	„	„	fm- „
c	5,6	„	= ca. 13	%	„	„	c- „
alk	9,1	„	= ca. 14,7	%	„	„	alk- „
k	0,02	„	= ca. 2	%	„	„	k- „
mg	0,05	„	= ca 5	%	„	„	mg- „

Es ist noch zu bemerken, daß für die arithmetischen Mittelwerte al + fm + c + alk nur gleich 99 ist. Der Fehler rührt von der erwähnten Interpolation bei der Berechnung her. Wichtig ist, daß der mittlere Magmentyp der in der Nord-Amerikanischen Cordillere in Verbindung mit der spätmesozoisch-tertiären Gebirgsbildung geförderten Magmen nach beiden Berechnungsarten den Übergangsgliedern zwischen der Kali- und der Kalkalkalireihe angehört. Man kann ihn das eine Mal als normaldioritisch mit hohem k, das andere Mal als quarzdioritisch-opdalitisch ansprechen. Er liegt der Kalkalkalireihe entschieden näher als der Kalireihe. Die entsprechenden Magmentypen *Niggli*'s sind in der Tabelle zum Vergleich angeführt. Eine Anzahl Beispiele, deren Zahl sich leicht vermehren ließe, zeigt, daß Gesteine, die diesen mittleren Magmentypen angehören, im Gebiet der Nord-Amerikanischen Cordillere wirklich vorkommen, daß also dieser Magmentyp nicht nur eine abstrakte Konstruktion darstellt. Wie *Niggli* (N. J. B. B. 48, p. 189) dargetan hat, würde den eben errechneten Mittelwerten reelle Bedeutung nur dann zukommen, wenn die einzelnen Analysen mit dem der Masse des betreffenden Gesteins entsprechenden Gewicht in Rechnung gesetzt würden, was aus verschiedenen Gründen unmöglich ist. Analysensammlungen, wie die vorliegende, sind aber doch von großem Werte, sie sind nämlich das einzige Mittel, das uns über die Mannigfaltigkeit des Chemismus Aufschluß gibt. Gerade dadurch, daß die seltenen Typen im allgemeinen etwas stärker vertreten sein werden als die häufig auftretenden, werden die Grenzen der chemischen Variabilität festgestellt.

II. Konstruktion eines mittleren Differenziationsdiagramms der nordamerikanischen Cordillere.

Da bei den vergleichenden Untersuchungen, die den Hauptgegenstand dieser Arbeit bilden, die einzelnen Provinzen hauptsächlich durch ihren Differentiationsverlauf, wie er sich in einem Diagramm nach *Niggli* kundtut, charakterisiert und verglichen werden sollen, ist es nötig, für diesen Vergleich eine Basis zu schaffen. Es wurde daher versucht, ob sich auf Grund der nun schon mehrfach erwähnten Analysensammlung *ein mittleres Differentiationsdiagramm der Nord-Amerikanischen Cordillere* geben lasse. Dazu war es notwendig, die Projektionswerte nach *Niggli* nicht nur auf ihre prozentuale Häufigkeit, sondern auch in Hinsicht auf ihre Verteilung in Abhängigkeit von si zu untersuchen.

Bei der großen Zahl Analysen (878) war natürlich nicht daran zu denken, die Punkte einzeln einzuzeichnen und dann mittlere


Differenziationsdiagramm der Nordamerikanischen Cordillere
entworfen auf Grund von 878 Analysen.
Fig. 14
al
alk
fm
c
90
80
70
60
50
40
30
20
10
100
200
300
400
500
600
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV

Kurven zu ziehen. Es wurde daher folgendermaßen vorgegangen (Fig. 10—13). Das ganze über der si-Abszisse gelegene Feld wurde in kleine Quadrate eingeteilt, deren Grundlinie 5 si-Einheiten, deren Höhe 5 al-, resp. fm-, c- oder alk-Einheiten umfaßte. In jedem Quadrat wurde die Anzahl der in dasselbe fallenden Punkte durch eine Ziffer angegeben. Die Mittelkurven wurden nun so zu ziehen versucht, daß für bestimmte si-Intervalle (meistens 100 si) über wie unter das Kurvenstück gleich viel Punkte zu liegen kamen. Von der Kurve angeschnittene Quadrate zählten nicht mit. Die auf diese Weise für al, fm, c und alk getrennt erhaltenen Kurven ergänzten sich für beliebig interpolierte Ordinaten bemerkenswert gut zur Summe 100, sodaß ein Ausgleich in den wenigsten Fällen nötig war.

Bei näherem Zusehen ergeben sich folgende interessante Tatsachen. Die al-Werte liegen alle auf einem relativ schmalen Streifen, der, wenn wir einige vereinzelte Punkte, die abnorme Werte darstellen, auslassen, im Mittel 20 Einheiten umfaßt.

Die alk-Werte sind stark variabel, insbesondere für $150 < si < 250$. Die Breite des von den alk-Punkten eingenommenen Streifens beträgt 30—35 Einheiten. Aus diesem Verhalten kann geschlossen werden, daß sich einzelne Differentiationsverläufe durch die Lage der alk-Kurve unterscheiden werden. Im übrigen besteht gute Häufung um die Mittellinie. c steigt nur in ganz vereinzelten Fällen über eine Kurve, die im Mittel um 10 Einheiten über der Mittelkurve liegt. Niedrigere Werte als die mittleren streuen mehr. fm zeigt, besonders von si $\sim$ 250 an, nach niedrigem si hin große Streuung, sodaß hier im basischen Teil erhebliche Variation zu erwarten ist. Selten liegen Punkte mehr als 15 Einheiten über der Mittelkurve. Im allgemeinen wird die Mittelkurve ein gutes Bild der mittleren Variationsfähigkeit geben. Als Ganzes betrachtet (Fig. 14) besteht eine bemerkenswerte Ähnlichkeit des so erhaltenen Diagramms mit dem Normaldiagramm der Kalkalkalireihe, wie es *Niggli* an verschiedenen Orten (Lehrbuch, 1. Aufl., oder Gesteins- und Mineralprovinzen, I, p. 198) gegeben hat (Fig. 16). Hauptunterschiede sind das niedrigere alk und höhere fm des Kalkalkalidiagramms für $si < 350$, sowie die für $150 < si < 300$ größere Differenz (al—alk). Isofalie bei 200 gegen 165 für die Nord-Amerikanische Cordillere.

Das k—mg-Verhältnis wurde gleichfalls statistisch untersucht (Fig. 15). Die in die einzelnen Quadrate eingeschriebenen Ziffern geben die Anzahl der Punkte an, die dort hineinfallen. Quadrate

mit Punktzahl > 10 sind schraffiert, solche > 30 kräftig umrandet. Die Punktverteilung ist eine für die pazifischen (Kalkalkali-) Provinzen typische, jedoch nicht rein, sondern mit Anklängen ans Mediterrane. Dies im Verein mit dem oben angeführten kurzen Vergleich mit dem Kalkalkalinormaldiagramm bestätigt uns das schon aus der statistischen Untersuchung eingangs des Kapitels ge-

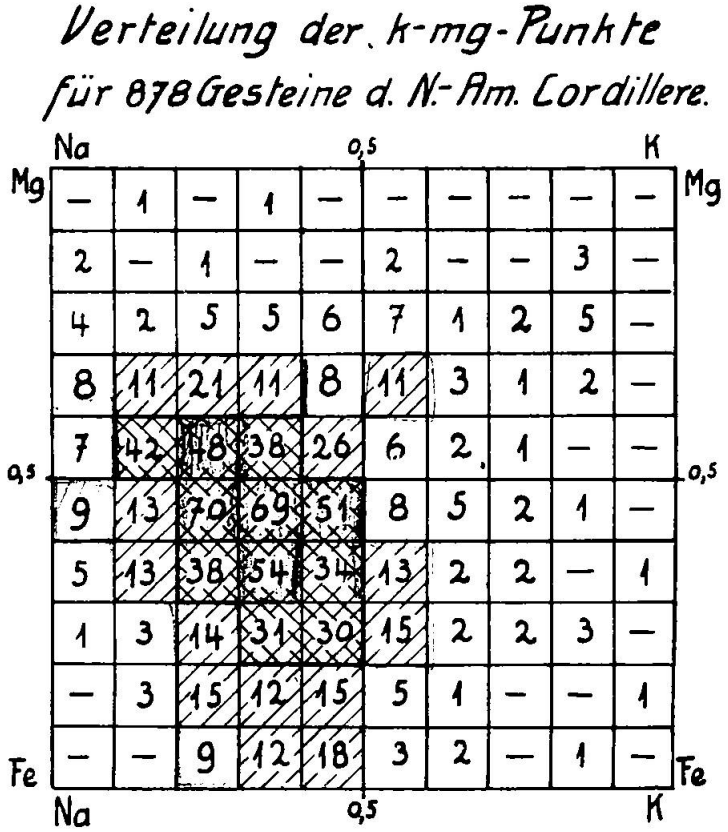
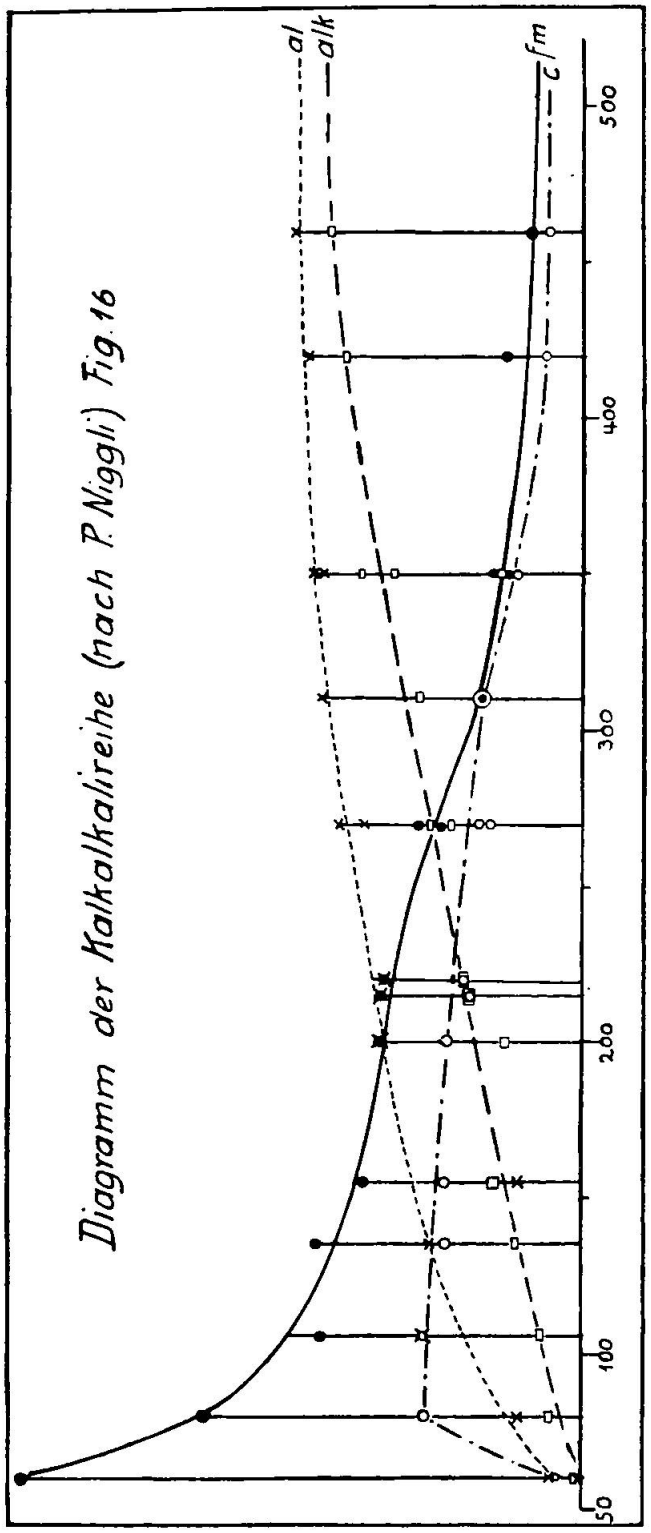


Fig. 15

wonnene Resultat, daß der mittlere Differentiationsverlauf der jungen Gesteine in der Nord-Amerikanischen Cordillere pazifisch mit mediterranem Einschlag ist. Wie es uns gelang, Gesteinstypen zu finden, die den errechneten mittleren Magmen weitgehend entsprachen, so werden wir auch Beispiele für Differentiationen finden, die dem hier aufgestellten Typus sehr nahe kommen werden. Zur näheren Charakterisierung des Kurvenverlaufs sind die interpolierten Werte für al, fm, c und alk für Intervalle von 20 si in einer Tabelle (Tab. 3) zusammengestellt.

Um sich vom möglichen Mineralbestand einer Provinz, die diesen Differentiationsverlauf aufweist, ein Bild zu machen, wurde wie folgt vorgegangen. Es wurden aus den 878 Analysen, die zur Konstruktion des Diagramms verwendet worden waren, 14 aus-

gesucht, die möglichst genau den mittleren, durch den Kurvenverlauf dargestellten Werten entsprachen. Ihre Lage ist im Diagramm



durch punktierte Ordinaten mit römischen Ziffern angegeben. Sie sind auf Tabelle 4 zusammengestellt, wie auch der jeweilige nor-

mative Mineralbestand (nach *Niggli,* über die geringen Unterschiede gegenüber der im C. P. J. W. - System gebrauchten Norm, siehe Gesteins- und Mineralprovinzen, I, p. 203 u. ff.).

Tabelle 3.
Nordamerikanische Cordillere.

si	al	fm	c	alk	Magma k	Magma mg	
60	7	80	11	2	0,2	0,6 —0,9	peridotitisch
80	13	62	20,5	4,5	0,2 —0,3	0,5 —0,8	hornblenditisch
100	18	50,5	24,5	7	0,1 —0,35	0,45—0,8	normalgabbroid
120	22,5	42,5	25	10	0,0 —0,5	0,35—0,7	gabbrodioritisch
140	26	37	23,5	13	0,15—0,45	0,35—0,7	normaldioritisch
160	29	32,5	21,5	17	0,15—0,45	0,3 —0,7	normalmonz. b. n. diorit.
180	31,5	29	20	19,5	0,15—0,5	0,3 —0,6	normalmonzonitisch
200	34	26	18	22	0,15—0,5	0,1 —0,65	normalsyenitisch
220	36	24	15,5	24	0,15—0,5	0,1 —0,65	normalgranitisch bis mon-
240	37,5	22	15	25	0,2 —0,5	0,2 —0,6	zonitsyenitisch (k?)
260	39	19,5	15	26	0,2 —0,5	0,2 —0,55	
280	40,5	17	15	27	0,25—0,5	0,2 —0,55	plagioklazgranitisch
300	41,5	15,5	14,5	29	0,25—0,5	0,2 —0,55	
320	43	14	13,5	29,5	0,2 —0,5	0,2 —0,5	
340	44	13	12	31	0,2 —0,5	0,2 —0,5	yosemititisch
360	45	12	10,5	32	0,3 —0,55	0,2 —0,5	
380	45,5	11	9	34	0,3 —0,5	0,1 —0,4	
400	46,5	10	8	35	0,35—0,5	0,1 —0,4	engadinitisch
420	47	9	7	36,5	0,35—0,6	0,1 —0,4	
440	48	8	6	38,5	0,35—0,6	0 — ,3	
460	48,5	6,5	5	40	0,35—0,6	0 —0,3	
480	49,5	5,5	4	41	0,35—0,6	0 —0,35	aplitgranitisch
500	50	5,5	2,5	41,5	0,4 —0,6	0 —0,35	
520	50,5	5	2	43	0,45—0,65	0 —0,3	
540	50,5	5	1	44	0,6 —0,65	0 —0,3	
560	50,5	5	0,5	44	0,75	0 —0,2	

Der normative Mineralbestand ist der für Kalkalkaligesteine typische. Leucit und Nephelin treten nur in einem Gestein, einem extrem basischen Nephelinbasalt von Uvalde Co. Texas (si = 67) auf. In diesem Gestein reicht normativ die vorhandene Kieselsäure nicht einmal aus, um alles nicht an Al_2O_3 gebundene CaO in Diopsid eingehen zu lassen, sodaß normativ cs = $Ca_2(SiO_4)$ gebildet werden muß. Olivin tritt bis zu si = 123 auf (qz = — 9), von da an reicht SiO_2 zur normativen Quarzbildung aus. c—(al—alk), der Anteil des c, der normativ nicht an Plagioklas gebunden ist und nach den Regeln der Normbildung zur Diopsidbildung verwendet wird, ist von si $\sim$ 200 an negativ. Für Glieder mit si $>$ 200 tritt also kein Diopsid mehr auf. Orthoklas nimmt mit steigendem si zu, Albit scheint ein Maximum in der Gegend von si $\sim$ 250 zu haben, Anorthit eines bei si $\sim$ 100. Das Verhältnis Albit zu Anorthit ändert

sich mit steigendem si von 0 bis 8,5, d. h. die Plagioklase wechseln in ihrer Zusammensetzung von reinem Anorthit bis Albit-Oligoklas. Daß das Ansteigen etwas unregelmäßig erfolgt, wird verständlich, wenn man in Betracht zieht, daß die zur Interpolation verwendeten Gesteine ganz verschiedenen Provinzen entstammen und daß mehr auf möglichst genaue Übereinstimmung in Bezug auf die al-, fm-, c- und alk-Werte gesehen wurde, als auf genaues Passen der k-Werte.

Tabelle 4.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
si	67	88	104	115	123	138	159	179	192	222	254	330	388	455
al	8,5	12	21	21	21,5	25,5	30,5	30	33	35,5	38,5	44	46	49
fm	68	62	48	46,5	43,5	38,5	34	30,5	25	24,5	20,5	15	10,5	7
c	19,5	22	24,5	24	27	24	19	19	22,5	14	13	11	10	4,5
alk	4	4	6,5	8,5	8	12	16,5	20,5	19,5	26	28	30	33,5	39,5
k	0,27	0,26	0,17	0,14	0,18	0,35	0,29	0,33	0,33	0,35	0,31	0,39	0,38	0,41
mg	0,75	0,65	0,58	0,53	0,64	0,54	0,50	0,37	0,35	0,36	0,26	0,27	0,13	0,22
ti	3,4	2,7	2,5	2,8	6,3	1,4	1,7	2,4	1,6	2,0	2,4	1,7	0,7	—
p	0,4	0,1	0,4	0,4	0,9	0,3	0,7	0,9	0,4	0,9	0,2	0,2	0,3	—
c/fm	0,29	0,33	0,51	0,52	0,62	0,62	0,56	0,62	0,90	0,57	0,63	0,73	0,96	0,64
qz	-49	-28	-22	-19	-9	-10	-7	-3	+14	+18	+42	+110	+154	+197
Q						3,81	0,97	3,77	8,37	11,13	13,94	25,40	32,62	37,54
or		5,00	4,45	5,00	5,00	14,46	15,57	20,02	18,35	22,80	20,02	22,80	21,13	23,91
lc	6,12													
ab		13,10	20,96	27,77	20,96	25,15	36,15	38,25	35,63	37,20	42,97	33,01	33,01	31,96
ne	8,52													
an	11,95	20,02	31,14	25,02	24,46	24,46	23,07	14,18	19,46	14,04	12,51	10,29	7,78	3,34
sil										0,08		1,83	1,51	1,84
di	24,64	24,95	14,63	16,14	14,42	12,35	3,12	7,90	10,14		1,61			
hy		4,82	6,25	8,02	9,96	7,46	15,63	7,71	2,76	8,12	3,27	1,40	0,40	0,66
ol	35,82	22,53	14,47	11,01	16,60									
cs	2,06													
mt	6,26	6,50	4,87	4,87	2,55	7,89	3,48	4,64	4,87	4,18	3,71	1,39	0,23	0,93
hm						0,80						1,60	1,92	
r	2,72	1,84	1,52	1,60	3,20	0,72	0,80	1,04	0,64	0,72	0,80	0,48	0,10	
ap	1,34	0,34	1,01	1,01	2,02	0,67	1,34	1,68	0,67	1,68	0,34	0,34	0,34	

I. Neph. Basalt. Black Mt. Uvalde Co. Tex. W. 723, 2.
II. Hornbl. Pikrit, Crazy Mts. Mo. W. 645, 45.
III. Basalt San Francisco Mts. Ariz. W. 645, 49.
IV. Basalt Barella Mesa, Colfax Co, New-Mexico W. 609, 30.
V. Basalt Idaho Falls Snake River, Id. Wash. B. G. S. A. XXXIII, 1922.
VI. Basalt Stinking water Canyon, Y. N. P. W. 485, 45.
VII. Orth. Gabbrodiorit. Hurrican Ridge Y. N. P. W. 485, 38.
VIII. Dioritporphyrit Breckenridge, Colo W. 451, 25.
IX. Granodiorit, Prince of Wales, Isld., Alaska, W. 449, 69.
X. Porphyrit, Crazy Mts. Mo., W. 449, 12.
XI. Dacit, San Francisco Mts. Ariz., W. 227, 65.
XII. Dacit, Globe Distr. Ariz., W. 183, 124.
XIII. Dacit, Emigrant Road, Silver Peak Range Nev. W. 187, 158.
XIV. Pechstein, Silver Cliff. Colo, W. 123, 82.
W. X. Y. bedeutet Washington Prof. Pap. 99, p. X. No. Y.

D. Besprechung der einzelnen Provinzen.

I. Einleitung, zugleich vorläufige Zusammenfassung eines Teils der Ergebnisse.

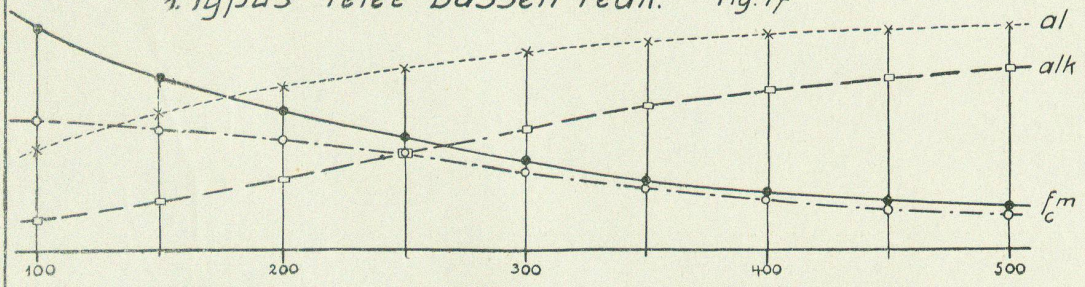
Die wesentlichen Ergebnisse der gesamten Untersuchung über die chemischen Verhältnisse der jungen Gesteine des pazifischen Gebietes sind im folgenden kurz zusammengefaßt.

Sieht man vom inner-pazifischen Gebiete ab, so bewegt sich die Variabilität ungefähr innerhalb der Grenzen, die bereits durch die Verhältnisse der Nord-Amerikanischen Cordillere dargestellt wurden. Ein umfangreiches, gut untersuchtes Teilgebiet ist also für das ganze zirkumpazifische Gebiet bereits kennzeichnend. Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, ob die beispielsweise in dem Diagramm (Fig. 14) zum Ausdruck kommende Variabilität von solcher Art ist, daß sie sich bereits in kleinern einheitlichen Gebieten voll und ganz verwirklicht findet, oder ob sie durch Überlagerung von Einzeldiagrammen verschiedener scharf unterschiedener Typen resultiert. Das Studium des Tatsachenmaterials zeigt, daß weder das eine noch das andere völlig zutrifft. Die von den Mittelkurven am weitesten abstehenden Punkte gehören im allgemeinen ganz besonderen Differentiationstypen an, die sich vom Mitteltypus der Nord-Amerikanischen Cordillere gut unterscheiden. Andererseits gehört die weit überwiegende Masse der Eruptivgesteine petrographischen Provinzen an, deren Differentiationsdiagramme jeweilen wenig verschieden sind von demjenigen der Nord-Amerikanischen Cordillere (Fig. 14). Die Werte schwanken um die Kurven des letzteren als Mittellage und liegen bald ausgesprochen höher, bald ausgesprochen tiefer, bald teils höher, teils tiefer als die Mittelkurven des Cordillerendiagramms.

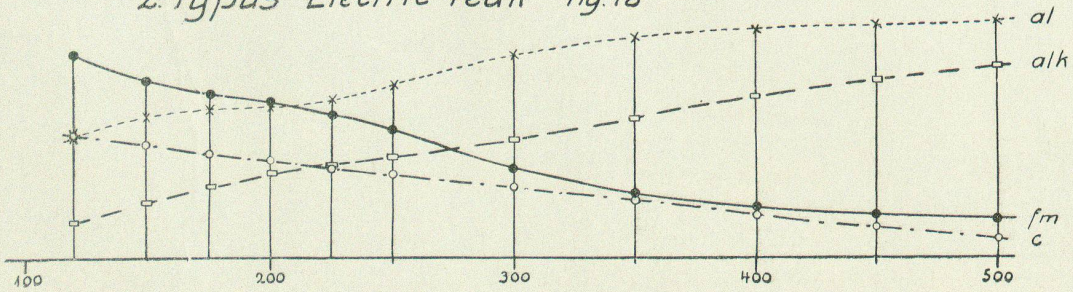
Ein weiteres wichtiges Ergebnis, das bei unvoreingenommenem Studium resultiert, ist das, daß sich aus dem gesamten großen Kurven- und Zahlenmaterial mit bestem Willen nur drei relativ scharfe Haupttypen der Differentiation herausgreifen lassen. Diese fallen in jeder Hinsicht mit den von *Niggli* unterschiedenen Haupttypen pazifisch, atlantisch und mediterran zusammen. Zwischen ihnen gibt es vereinzelte Übergänge, im Großen aber lassen sich die ca. 150 gezeichneten Diagramme leicht und sicher einer dieser Gruppen zuordnen. Dieses Ergebnis, das als völlige Bestätigung der von *P. Niggli* im ersten Bande seiner „Petrographischen Provinzen" vertretenen Auffassung angesehen werden kann, ist umso bemerkenswerter, weil die Aufteilung des gesamten Materials durchaus nicht nach diesen Gesichtspunkten erfolgte. Es wurde im

Die pazifischen Differentiationstypen.

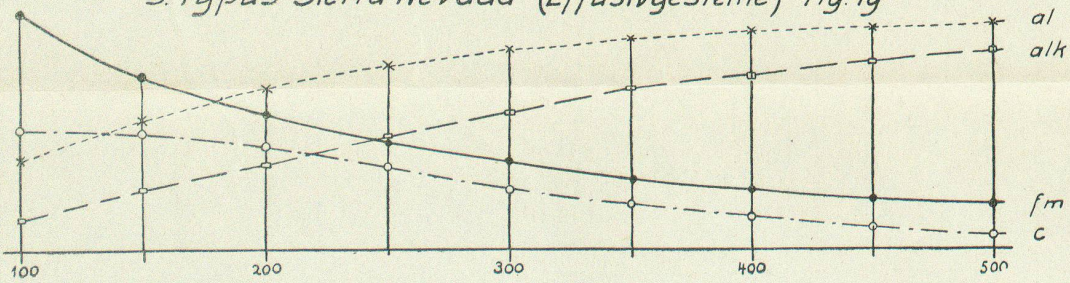
1. Typus Pelée-Lassen Peak. Fig. 17



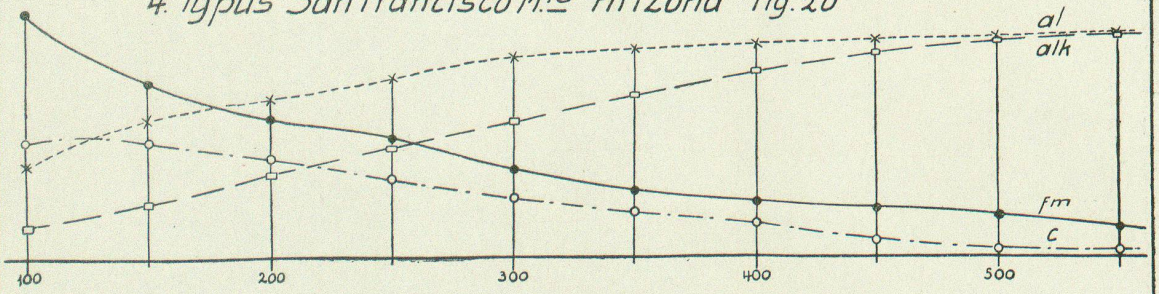
2. Typus Electric Peak Fig. 18



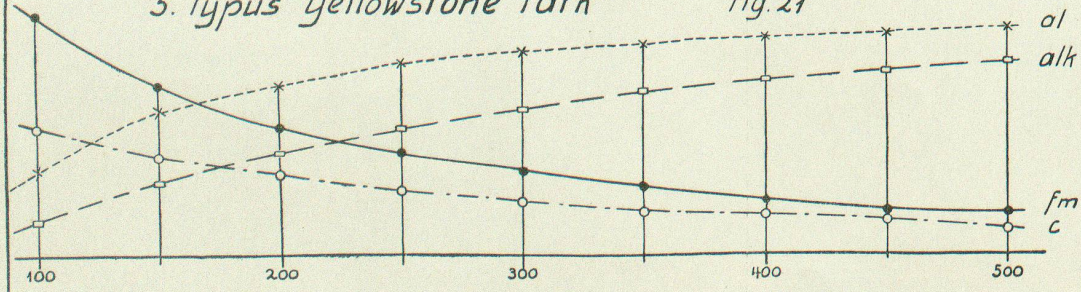
3. Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) Fig. 19



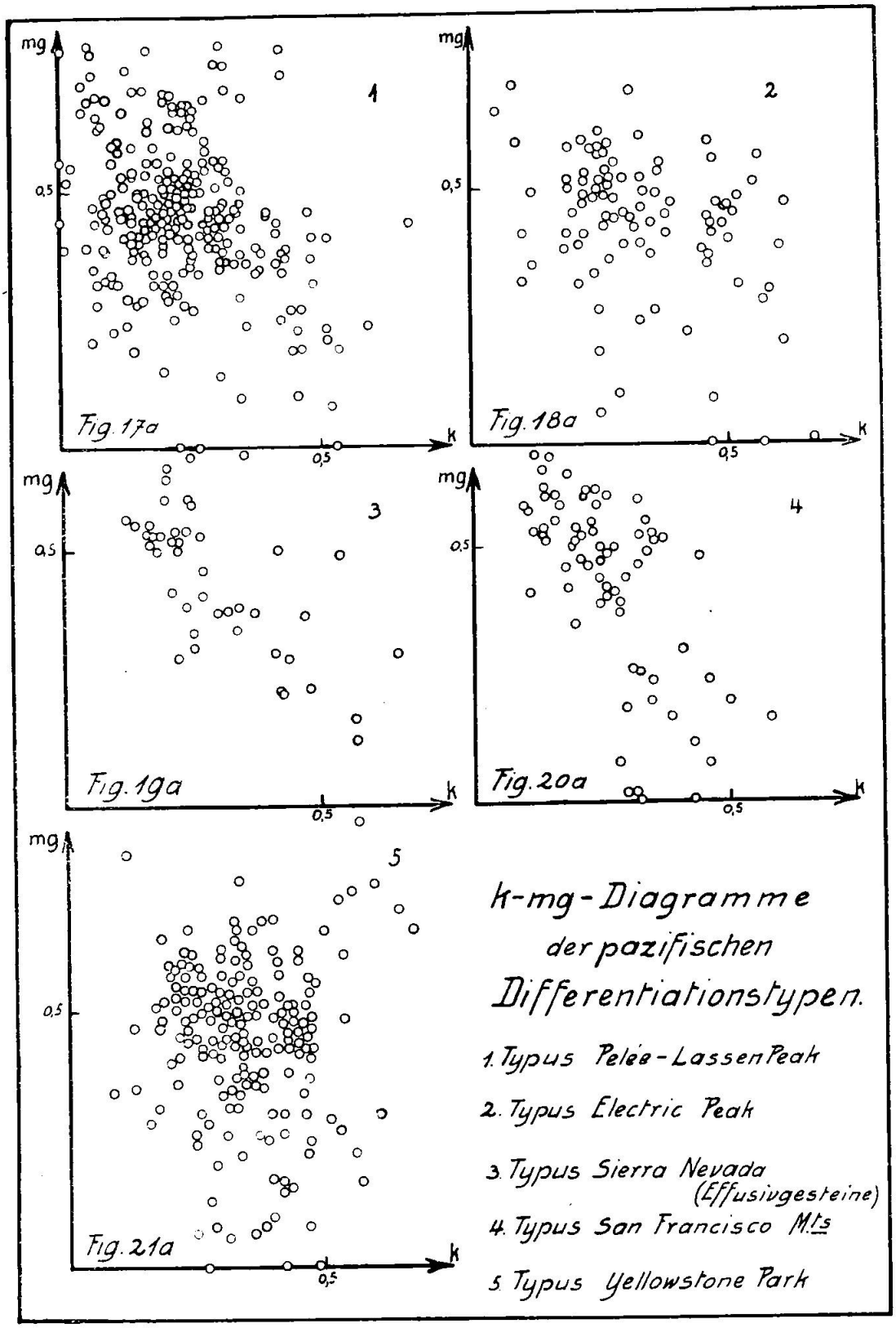
4. Typus San Francisco Mts Arizona Fig. 20



5. Typus Yellowstone Park Fig. 21



Leere Seite
Blank page
Page vide


mg
0,5
1
Fig. 17a
k
0,5
mg
0,5
2
Fig. 18a
k
0,5
mg
0,5
3
Fig. 19a
k
0,5
mg
0,5
4
Fig. 20a
k
0,5
mg
0,5
5
Fig. 21a
k
0,5
k-mg-Diagramme
der pazifischen
Differentiationstypen.
1. Typus Pelée-Lassen Peak
2. Typus Electric Peak
3. Typus Sierra Nevada
(Effusivgesteine)
4. Typus San Francisco Mts
5. Typus Yellowstone Park

Gegenteil zu Anfang der Untersuchung danach getrachtet, möglichst viele, aber gut definierte Einzeltypen der Differentiation zu bilden und einen eventuellen Rest anhangsweise besonders zu gruppieren. Erst im Laufe dieser Arbeit zeigte es sich, daß zwischen einer Reihe so herausgegriffener Einzeltypen sehr enge Beziehungen bestehen, die sich für viele Provinzen in der Schwierigkeit ihrer Zuordnung zu dem einen oder anderen Typus offenbarten. So kam es von selbst, daß sich die drei oben erwähnten Haupttypen pazifisch, atlantisch und mediterran als zur Obereinteilung alleinig berechtigt herausschälten. Jeder, der die nachstehenden Darlegungen und Erläuterungen genau verfolgt, muß unbedingt zum gleichen Resultat kommen.

Trotzdem wollen wir versuchen, die ursprünglich ausgeschiedenen Einzeltypen als Subtypen der Haupttypen beizubehalten, da sie manchmal für gewisse Sondertendenzen mehr oder weniger charakteristisch sind. Es wird versucht, soweit es möglich ist, die Teilgebiete der einen oder anderen dieser Nebentendenzen zuzuordnen. Auch für diejenigen Zusammenstellungen, bei denen das nicht angeht, ist jeweilen ein Vergleich mit einer der Nebentendenzen, die ihr relativ nahe steht, durchgeführt. Durchwegs wurden die Typendiagramme, deren Bildung, je nach den Verhältnissen, auf statistischem Weg oder mehr gefühlsmäßig als Ergebnis des Vergleiches nahe verwandter Provinzen geschah, mit dem Diagramm der Nord-Amerikanischen Cordillere verglichen und in Beziehung gesetzt. Für jeden Typus wurde versucht, den Mineralbestand theoretisch auf Grund des aus den vorhandenen Analysen konstruierten Diagramms vorauszubestimmen. Nach einer Besprechung der einzelnen Vorkommnisse wurde dann der vorausgesagte Mineralbestand mit dem beobachteten verglichen, auf die hauptsächlichsten Heteromorphiebeziehungen aufmerksam gemacht, und die regionale Verbreitung des betreffenden Typus mit Rücksicht auf die tektonisch-geologische Stellung untersucht. Eine Übersicht über die verschiedenen Typen und ihrer gegenseitigen Beziehungen findet sich am Schluß.

II. Spezieller Teil.

1. Pazifische Provinzen im Sinne von P. Niggli.

a) Allgemeines.

Weitaus die Mehrzahl der jungen Eruptivgesteine der zirkumpazifischen Gebirge sind Gesteine der Kalkalkalireihe, weitaus die Mehrzahl der Differentiationsdiagramme trägt deutlich den Cha-

rakter der pazifischen Vergesellschaftung,[1]) wie er durch *Niggli* in den „Gesteins- und Mineralprovinzen" näher charakterisiert wurde. Schon daraus ergibt sich die Berechtigung der Bezeichnung dieses Differentiationsverlaufes als „pazifisch", obschon gerade gegen diese Bezeichnungsweise mehrfach Einsprache erhoben worden ist.

Es ist versucht worden, durch sechs verschiedene Untertypen die große Zahl der hiehergehörigen Differentiationen etwas zu gliedern. Allein ein einfacher Vergleich der konstruierten typischen Kurven zeigt, daß es sich nicht um scharf gegeneinander abgegrenzte Tendenzen der chemischen Sonderung handelt. Die Variation gegen den Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere ist als Ganzes genommen eine geringe. Die herausgegriffenen Untertypen sind die folgenden (Fig. 17—21 und 17 a—21 a): Typus Pelée - Lassen Peak, Typus Electric Peak, Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine), Typus San Francisco Mts. Ariz. und Typus Yellowstone Park.

Es lassen sich drei Gruppen unterscheiden:

1. Typus Pelée - Lassen Peak und Electric Peak (Fig. 17—18 und 17 a—18 a). Sie zeigen c-Kurven, die im allgemeinen deutlich höher liegen als im Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere, während alk niedriger liegt. Beide Kurven fallen jedoch in den Streifen, der die Hauptwerte umfaßt (Fig. 10—13). Für beide Provinzialtypen sind somit noch typischere Kalkalkaligesteine zu erwarten, als eine Differentiation vom Mitteltypus aufweisen müßte. Sie sind sogar eher noch extremer pazifisch als das Diagramm der Kalkalkalireihe, das Niggli gegeben hat. Typus Electric Peak zeigt für $125 < si < 350$ deutlich höheres fm als der Mittelkurve zukommt, welcher Zug einen charakteristischen Unterschied gegen den Typus Pelée - Lassen Peak darstellt.

2. Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) und San Francisco Mts. Ariz. (Fig. 19—20 und 19 a—20 a) sind im basischen Teil nicht sehr stark von den Provinzen der ersten Gruppe verschieden. Für das saurere Gebiet nähern sich jedoch al und alk, besonders für den Typus San Francisco Mts. Ariz. fm liegt deutlich höher als im Mitteltypus, c teils höher, teils tiefer. alk ist im allgemeinen noch etwas tiefer, doch lange nicht mehr so ausgesprochen wie bei den Provinzen der ersten Gruppe.

[1]) Eine Vergesellschaftung wird auch dann noch pazifisch genannt, wenn einzelne Gesteins-Magmen der Kali- oder Natronreihe zugeordnet werden müssen, der Hauptcharakter der Differenziation aber die Züge der Differenziation von Magmen der Kalhalkalireihe zeigt.

3. Der Typus Yellowstone Park (Fig. 21 und 21 a) zeigt nahe Verwandtschaft mit dem Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere. Er stellt also schon einen Übergang in die mediterrane Vergesellschaftung dar. Typus Rosita ist ein Subfall mit starker Gabelung der Kurven und infolgedessen etwas anomalem Verhalten gegen das basische Ende hin.

Der Kurvenverlauf dieser sechs Untertypen ist derartig, daß die al-, fm-, c- und alk-Werte im statistischen Diagramm alle auf einen relativ schmalen Streifen um die Mittelkurve zu liegen kämen. *Extreme Werte und Ausbuchtungen, wie sie im Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere* (Fig. 10—13) *angetroffen werden, werden durch die Variationsbreite obiger sechs Typen nicht erfaßt.* Solche Gesteine müssen also besonderen, später zu erwähnenden Differentiationstypen angehören.

Es sollen nun die einzelnen Gruppen besonders besprochen werden, wobei eine Charakterisierung der Untertypen erfolgt. Jeder Gruppe werden, soweit als angängig, Beispiele zugeordnet. Da sich manche Unterschiede nur ergeben, wenn eine große si-Variationsbreite verwirklicht ist, so werden naturgemäß eine gewisse Anzahl Vorkommnisse mehr oder weniger vieldeutig sein. Den Abschluß jeder Gruppe bilden Diagramme, die Besonderheiten aufweisen, wobei recht häufig Übergänge zu andern Tendenzen wahrnehmbar sind.

b) Erste Gruppe:

Typen Pelée-Lassen Peak und Electric Peak.

Typus Pelée-Lassen Peak.

Dieser weitverbreitete Typ wurde nach den beiden bestuntersuchten, ihm angehörigen Provinzen, der Montagne Pelée (kleine Antillen) und dem Lassen Peak, Cal., benannt. Das Typendiagramm wurde schon in Fig. 17 und 17 a gegeben; die charakteristischen interpolierten Werte mit den Magmentypen Nigglis, unter die sie fallen, stehen in untenstehender Tabelle (Tab. 5).

Tabelle 5.

Typus Pelée-Lassen Peak.

si	al	fm	e	alk	Magma
120	24	41	26	8	normal gabbroid-ossipitisch
150	28,5	36	25	10	peléeitisch
200	34	28	22,5	15	quarzdioritisch
250	38	22,5	19,5	20	quarzdioritisch
300	41	18	16	25	plag. granitisch bis granodioritisch
350	43	14	13	30	trondhjemitisch bis yosemititisch
400	45	12	10	33,5	engadinitisch
450	46	10	8	36	engadinitisch
500	46,5	9	7	38	aplitgranitisch bis trondhjemitisch

Im Vergleich mit dem Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere fällt sofort die größere Differenz (al—alk), sowie das niedrigere alk ins Auge. Ein eingehenderer Vergleich ergibt sich am besten auf Grund der Gegenüberstellung einiger Zahlenreihen (Tab. 6). Die erste Kolonne enthält die si-Zahlen. Der Vergleich geschieht immer für gleiches si. Die Differenz (al—alk), die einen Maßstab für den Anorthitanteil der Plagioklase liefert, ist für den Typus Pelée - Lassen Peak durchwegs größer, besonders im intermediären Gebiet (bis 7 Einheiten). Gegen das saure Ende hin ist der Unterschied nicht mehr so bedeutend. Es sind also für den Typus Pelée durchwegs basischere Plagioklase zu erwarten (bei gleichen si). Das Verhältnis alk : (al—alk), das uns über die Beziehungen zwischen Alkalifeldspat- und Anorthitmolekülen Auskunft gibt, nimmt in beiden Fällen mit steigendem si zu. Während es für die amerikanische Cordillere den Wert 1 schon bei si $\sim$ 130 erreicht, ist dies bei Pelée - Lassen Peak erst für si $\sim$ 230 der Fall.

Tabelle 6.

si	al		fm		c		alk		(al-alk)		c-(al-alk)		alk (al-alk)		qz	
	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP	NAC	PLP
120	22,5	24	42,5	41	25	26	10	8	12,5	16	+12,5	+10	0,80	0,50	— 20	— 12
150	27	28,5	35	36	23	25	15	10	12	18,5	+11	+ 6,5	1,24	0,54	— 10	+ 10
200	34	34	26	28	18	22,5	22	15	12	19	+ 6	+ 3,5	1,83	0,79	+ 12	+ 40
250	38	38	20	22,5	15	19,5	27	20	11	18	+ 4	+ 1,5	2,77	1,11	+ 42	+ 70
300	41,5	41	15,5	18	14,5	16	29	25	12,5	16	+ 2	0	2,31	1,56	+ 84	+100
350	44,5	43	12,5	14	10,5	13	33	30	11	13	— 0,5	0	3,00	2,30	+118	+130
400	46,5	45	10	12	8	10	35	33,5	11,5	12,5	— 3,5	— 3,5	3,03	2,67	+160	+156
450	48	46	7,5	10	5,5	8	40,5	36	7,5	10	— 2	— 2,5	5,40	3,60	+188	+206

Isofalie: NAC 171, PLP 178

PLP: Typus Pelée-Lassen Peak
NAC: Nordamerikanische Cordillere

In Gesteinen mit gleicher si-Zahl wird also für Differentiationen vom Typus Pelée - Lassen Peak das Verhältnis Alkalifeldspatmolekül zu Anorthitmolekül zu Gunsten des Anorthites verschoben sein. Die Differenz c—(al—alk) gibt uns den nicht an Tonerde (Anorthitmolekül) gebundenen Teil des c. Dieser ist für den Typus Pelée-Lassen Peak geringer als für die amerikanische Cordillere, gleiches si vorausgesetzt. In den erstgenannten Assoziationen wird also vorwiegend Tendenz zur Bildung Ca-armer Pyroxene (rhombische Pyroxene oder kalkarme Enstatitaugite) resp. Hornblenden zu erwarten sein. Gegen das basische Ende hin (also z. B. in Basalten) ist auch die Bildung diopsidischen Augites zu erwarten, da c—(al—alk) mit sinkendem si, für si $<$ 200, rasch ansteigt. Immerhin ist für den Typus Pelée - Lassen Peak das Auftreten von di-

opsidischem Augit erst für niedrigere si zu erwarten als für den Mittelfall der nordamerikanischen Cordillere.

Über weitere Eigenschaften des Typus unterrichtet uns das k—mg-Diagramm. Wie die Betrachtung des Materials zeigt, lassen sich zwei Fälle unterscheiden. Im ersten behält k seinen Wert (meist $<0{,}3$) bis zu den höchsten si-Werten bei. Dies tritt z. B. in der Provinz der kleinen Antillen auf, wo beispielsweise zwei Dacite von der Montagne Pelée bei si $\sim$ 430 k-Werte $\sim$ 0,2 aufweisen. Für Assoziationen dieser Art bildet die Achse des Punktfeldes im k—mg-Diagramm eine zur mg-Achse parallele Gerade. In weniger extremen Fällen kann k für si $>$ 300 auch über 0,3 steigen. Im Mineralbestand müssen sich diese Verhältnisse dahin auswirken, daß k-haltige Mineralien wie Orthoklas und Biotit höchstens in sehr geringer Menge auftreten und sich auf die sauersten Gesteine beschränken.

Im zweiten Falle kann k schon für Werte um si = 200 Werte $>0{,}3$ sein und gelegentlich bis 0,4 und darüber ansteigen. In so gearteten Provinzen werden Gesteine von granodioritischem Chemismus auftreten, und Biotit und Orthoklas sind schon in intermediären Gesteinen zu erwarten. Zum Unterschied gegen den ersten Fall ist die Achse des Punktfeldes im k—mg-Diagramm nun um ca. 45° gegen die mg-Achse geneigt. Das k—mg-Diagramm des Gesamttypus zeigt ein wenig charakteristisches Bild, da sich in ihm die beiden Fälle überlagern.

Typus Electric Peak.

Dieser Typus wurde nach dem charakteristischen Vorkommen am Electric Peak im Yellowstone Park so genannt. Das Typendiagramm wurde schon weiter oben (Fig. 18 und 18 a) gegeben, die charakteristischen interpolierten Werte stehen auf untenstehender Tabelle.

Tabelle 7.

Typus Electric Peak.

si	al	fm	c	alk	Magma
120	26	42	25	7	gabbrodioritisch
150	29	37	23	11	normaldioritisch
175	31	33,5	21	14,5	normaldioritisch
200	31	32	19,5	17,5	quarzdioritisch
225	33	30	17,5	19,5	quarzdioritisch
250	36	26	17	21	quarzdioritisch
300	42,5	18	15	25	plagioklasgranitisch
350	45,5	13	11	29	trondhjemitisch/yosemititisch
400	47,5	11	8	34	trondhjemitisch/yosemititisch
450	48	9	6	37	trondhjemitisch/engadinitisch
500	48	8	4	40	trondhjemitisch/aplitgranitisch

Im allgemeinen kommt er dem Typus Pelée - Lassen Peak sehr nahe. Die Hauptunterschiede sind die fast durchwegs um 2—3 Einheiten tiefer liegende c-Kurve, sowie die interessanten Verhältnisse im intermediären Gebiet $150 < si < 300$. Für dieses si-Intervall ist alk um bis vier Einheiten höher als beim Typus Pelée - Lassen Peak. Ferner stellt sich im Gebiete der Isofalie, die um $si \sim 200$ liegt, eine merkwürdige Verflachung der al- und fm-Kurven ein, wodurch der Schnittpunkt unbestimmt wird. Diese Kurvenverflachung bewirkt auch, daß für das Gebiet $180 < si < 240$ die fm-Kurve beträchtlich hinaufrückt, die al-Kurve dagegen sinkt. Dieses höhere fm ist ein weiteres Hauptcharakteristikum. Das letztere bedingt zusammen mit dem schon erwähnten höheren alk ein Kleinerwerden der Differenz (al—alk) für die mittleren Gebiete. Der Unterschied im Betrage dieser Differenz für den Typus Electric Peak gegen den Typus Pelée - Lassen Peak kann für das intermediäre Gebiet bis auf sieben Einheiten anwachsen. Bei der weitgehenden Ähnlichkeit der Typen Pelée - Lassen Peak und Electric Peak ist es klar, daß für den letztern ungefähr die gleichen Unterscheidungsmerkmale gegen das Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere gelten müssen wie für den erstern. Eine kleine Tabelle (Tab. 8) soll dies veranschaulichen. Aus dieser geht die Stellung zu den beiden andern Typen deutlich hervor. Die Pfeile geben immer die Richtung des Ansteigens der Werte an. Man sieht, daß sich die drei Typen in eine Reihe anordnen lassen, wobei aber der Unterschied Pelée-Lassen Peak $\rightarrow$ Electric Peak bedeutend geringer ist, als der Unterschied Electric Peak $\rightarrow$ Nordamerikanische Cordillere. Der fm-Wert ist für den Typ Electric Peak ein Maximum für $si < 300$. Der Wert c—(al—alk) ist ein Minimum für $si < 150$ und $si > 300$, dasselbe gilt für ähnliche si-Bereiche für das Verhältnis alk: (al—alk).

Die große Ähnlichkeit der Typen Pelée - Lassen Peak und Electric Peak läßt auch für den Mineralbestand ähnliche Verhältnisse erwarten, besonders für $si < 150$, gleiches k vorausgesetzt. Auf Grund der oben geschilderten Verhältnisse für c—(al—alk) und alk: (al—alk) ist zu schließen, daß die Tendenz zur Bildung diopsidischen Augites für das angegebene si-Intervall noch geringer sein wird, sonst sich aber in den gleichen Grenzen halten wird. Das Verhältnis alk : (al—alk) ließe für die intermediären Gesteine auf den ersten Blick saurere Plagioklase erwarten als für den Fall des Typus Pelée - Lassen Peak. Da aber beim Typus Electric Peak k im Durchschnitt etwas höher ist, so wird sich das höhere alk : (al—alk) eher in Biotit- und Orthoklasführung auswirken.

Für si > 300 sind dagegen basischere Plagioklase als beim Typus Pelée - Lassen Peak zu erwarten.

Tabelle 8.

si	al PLP	al EP	al NAC	fm PLP	fm EP	fm NAC	c PLP	c EP	c NAC	alk PLP	alk EP	alk NAC	qz PLP	qz EP	qz NAC
120	24	26	22,5	41	42	42,5	26	25	25	8	7	10	- 12	- 8	- 20
150	28,5	29	27	36	37	35	25	23	23	10	11	15	+ 10	+ 6	- 10
200	34	31	34	28	32	26	22.5	19,5	18	15	17,5	22	+ 40	+ 30	+ 12
250	38	36	38	22,5	26	20	19,5	17	15	20	21	27	+ 70	+ 66	+ 42
300	41	42,5	41,5	18	18	15,5	16	15	14,5	25	25	29	+100	+100	+ 84
350	43	45,5	44,5	14	13	12,5	13	11	10,5	30	29	33	+130	+134	+118
400	45	47,5	46,5	12	11	10	10	8	8	33,5	34	35	+156	+164	+160
450	46	48	48	10	9	7,5	8	6	5,5	36	37	40,5	+206	+202	+188

si	(al—alk) PLP	(al—alk) EP	(al—alk) NAC	c—(al—alk) PLP	c—(al—alk) EP	c—(al—alk) NAC	alk: (al—alk) PLP	alk: (al—alk) EP	alk: (al—alk) NAC	PLP	EP	NAC	PLP	EP	NAC
120	16	19	12,5	+10	+6	+12,5	0,50	0,37	0,80						
150	18,5	18	12	+ 6,5	+5	+11	0,54	0,61	1,24						
200	19	14,5	12	+ 3,5	+5	+ 6	0,79	1,20	1,83						
250	18	15	11	+ 1,5	+2	+ 4	1,11	1,40	2,77						
300	16	17,5	12,5	0	-2,5	+ 2	1,56	1,43	2,31						
350	13	16,5	11	0	-5,5	- 0,5	2,30	1,75	3,00						
409	12,5	13,5	11,5	- 3,5	-5,5	- 3,5	2,67	2,50	3,03						
450	10	11	7,5	- 2	-5	- 2	3,60	3,46	5,40						

PLP = Typus Pelée-Lassen Peak
EP = Typus Electric Peak
NAC = Nordamerikanische Cordillere

Beispiele für die erste Gruppe der pazifischen Provinzen.

1. Typus Pelée - Lassen Peak.

1. Kleine Antillen (Montagne Pelée). Die Provinz zeigt die Merkmale des Typus im Extrem. (al—alk) ist bis drei Einheiten größer als im Typendiagramm. Für die Hauptmasse der Gesteine ist k < 0,2. In Übereinstimmung damit fehlen Orthoklas und Biotit gänzlich.

2. Lassen Peak Cal., U. S. A. Das Diagramm weist sehr wenig Streuung auf (Fig. 27) und stimmt mit dem Typendiagramm sehr

nahe überein (Fig. 17). Für saure Gesteine (si > 300) kann k den Wert 0,5 erreichen, in Übereinstimmung damit tritt dann auch Biotit auf.

3. *Fuji-Bonin-Zone, Japan.* Genauer bekannt sind nur die Gesteine der „basischen" oder „Oshima"-Gruppe. Das Diagramm ihrer Gesteine ist extrem pazifisch, die alk-Kurve liegt 3—5 Einheiten tiefer als im Typendiagramm. (al—alk) steigt bis 24 Einheiten, fast immer ist k < 0,2. Infolge des niedrigen alk ist trotz niedrigem si die Quarzzahl qz oft positiv, wie z. B. bei den von *S. Tsuboi* beschriebenen Miharaiten, die neben Bytownit als Plagioklas freien Quarz führen.

4. *Kamtschatka und die Commandeurinseln.* Fast alle Analysen zeigen kleinen Tonerdeüberschuß, der aber wohl verschwinden dürfte, wenn TiO_2 und P_2O_5, die meist nicht bestimmt wurden, in Abzug gebracht würden.

5. *Sangi-Inseln Minahassa, N.-Celebes.* Gute Übereinstimmung mit dem Typus.

6. *Java, I. Tendenz.* Im allgemeinen gute Übereinstimmung.

7. *Soembava (Sunda-Inseln), I. Tendenz.* Differentiation vom extrem pazifischen Charakter, ähnlich wie bei 1. und 3. In Basalten Plagioklase mit 99 % Anorthit-Gehalt.

8. *Flores (Sunda-Inseln).* Ganz analog 7.

9. *Intrusiva der Sierra Nevada Cal., U. S. A.* Sehr gut untersucht. Differenz (al—alk) für si < 175 und si > 380 geringer als beim Typus Pelée-Lassen Peak, gewissermaßen Annäherung an Typus San Francisco Mts. Sehr charakteristisch ist das k—mg-Diagramm, wo für si > 200 meist k > 0,3 ist. Es treten granodioritische Magmen auf, die Gesteine führen reichlich Biotit und Orthoklas.

10. *Intrusiva der nordamerikanischen Cordillere im Gebiete des 49. Breitenkreises (Britisch-Columbien), I. Tendenz* (Fig. 28). Von den zwei unterscheidbaren Tendenzen ist die erste, hierher gehörige (z. H. spätmesozoische) das vollkommene Analogon zu 9. Die zweite, z. H. tertiäre, ist mediterran.

11. *Philippsburg, Mo., U. S. A.* Stockförmige, in Verbindung mit der laramidischen Faltung intrudierte Massen, k in Übereinstimmung mit dem Mineralbestand ziemlich hoch.

12. *Riddle quadr. Ore, U. S. A.* Es handelt sich um mesozoische Intrusiva der Cascade Range. k steigt nicht über 0,3, immerhin fehlen Gesteine mit si > 340.

13. Goldfield, Nev., U. S. A. Goldfield liegt in der Nevada-Sonora-Region („Great Basin"). Das Diagramm zeigt schon deutlich Verwandtschaft zum Typus Electric Peak. (Flacher Verlauf der al- und fm-Kurven im Gebiete der Isofalie.)

II. Typus Electric Peak.

1. Electric Peak und Sepulchre Mt. Yellowstone Park, U. S. A. (Fig. 29, 30). Eocäne Vulkane, heute bis auf die dioritischen Kerne erodiert. Gute Übereinstimmung mit dem Typus. Alle Punkte im k—mg-Diagramm um k $\sim$ 0,3 und mg $\sim$ 0,5.

2. Boulder Batholith und Butte-Granit Mo., U. S. A. Mit der laramidischen Faltung verknüpfte Intrusionen. Diagramm entspricht dem Typus gut, k aber etwas höher, so daß Gesteine von opdalitischem Chemismus auftreten.

3. Elkhorn Mts. Mo., U. S. A. In Bezug auf geologische Stellung, wie Differentiationsverlauf analog zu 2., al 2—3 Einheiten niedriger, fm dafür etwas höher.

4. Marysville Batholith, Mo., U. S. A. Geologische Stellung analog 2. und 3. (al—alk) ist am sauren Ende etwas geringer, fm etwas höher als beim Typendiagramm. Das höhere fm für si $>$ 200 stellt gewissermaßen eine Steigerung des Typus Electric Peak dar.

5. Telluride quadr. (San Juan Mts.) Colo., U. S. A. Gute Übereinstimmung mit dem Typus.

6. Eureka distr. (Nevada-Sonora-Region) Nev., U. S. A. Etwas Tonerdeüberschuß, sonst gute Übereinstimmung.

7. Mt. Stuart quadr. Kittitas Co. Wash., U. S. A. Auf basische und intermediäre Intrusivgesteine (wahrscheinlich mesozoisch) folgten im Tertiär Basalte, die mit den Columbia-Basalten in Beziehung stehen. Das Diagramm zeigt die bei 4. konstatierte fm-Anreicherung in noch ausgeprägterem Maße.

8. Intrusivgesteine der Westantarktis (Grahamland). Gute Übereinstimmung.

9. Insel Jenny (Westantarktis). Gute Übereinstimmung.

III. Provinzen der ersten Gruppe, die sich nicht eindeutig einer der beiden Typen zuteilen lassen, sowie Übergangstypen.

1. Nordjapanische Vulkanzone. Im allgemeinen große Ähnlichkeit zum Typus Pelée-Lassen Peak.

2. Ryu-Kyu-Bogen (Süd-Japan) (Fig. 31). Alle Analysen stammen von dem auf Kyushyu gelegenen Bogenstück, vorzugsweise vom Sakurashima. Das Diagramm zeigt Beziehungen zu beiden Typen der ersten Gruppe.

3. *Südjapanische Vulkanzone.* Der südjapanische Vulkanbogen steht im Gegensatz zu allen andern japanischen Vulkanzonen. Während jene alle mehr oder weniger dem Typus Pelée - Lassen Peak angehören, so neigt dieser eher zum Typus Electric Peak hin. Statt den Pyroxen-Andesiten mit basischem Plagioklas, die für die erstern charakteristisch sind, finden sich bei ihm vorzugsweise Biotit-Hornblende - Andesite und Dacite neben Hypersthen - Andesiten.

4. *Philippinen.* Das Diagramm zeigt ziemlich ausgeprägt den Typus Pelée - Lassen Peak.

5. *Sumatra (Anhang: Lombok).* Charakter des Diagramms etwas unruhig, es gehört aber sicher hieher. Auf Lombok scheinen, nach den Gesteinsbeschreibungen zu schließen, analoge Verhältnisse zu herrschen, die Analysen sind unbrauchbar.

6. *Halmahera.* Soweit bekannt, herrscht auf Halmahera pazifische Differentiation mit Anklang an atlantische Verhältnisse, angedeutet durch einen Trachydolerit. Die Verhältnisse sind nur ungenügend bekannt.

7. *Ambon (Banda-See).* Zuordnung unsicher, da nur saure Gesteine bekannt sind.

8. *Tumleo, Kaiser Wilhelms - Land.* Zuordnung unsicher, nur zwei Analysen.

9. *Fiji - Archipel.* Diagramm entspricht trotz kleinen Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf der ersten Gruppe. Die nähere Stellung ist nicht zu präzisieren.

10. *Coromandel - Halbinsel (Hauraki), N.-Neu-Seeland.* Z. H. Typus Pelée - Lassen Peak, in geringerem Maße Typen Electric Peak und San Francisco.

11. *Whangaroa, Nord-Neu-Seeland.* Anklänge an Typus San Francisco.

12. *Whangarei Heads - Bay of Islands, N.-Neu-Seeland.* Große Ähnlichkeit an Typus Electric Peak, aber z. B. ohne Verflachung der al- und fm-Kurve im Gebiete der Isofalie.

13. *Rhyolithe von N.-Neu-Seeland.* Da es sich nur um saure Gesteine handelt, ist die Stellung unsicher, in Anbetracht der relativ großen Differenz (al—alk) ist aber die Zugehörigkeit zur ersten Gruppe ziemlich sicher.

14. *Mt. Egmont (Taranaki), N.-Neu-Seeland.* Entspricht ungefähr dem Typus Pelée - Lassen Peak mit etwas höherem c und alk und niedrigerem fm.

15. *Washoe distr. (Great Basin) Nev., U. S. A.* Ungefähr Typus Electric Peak.

16. Tonopah distr. (Great Basin) Nev., U. S. A. Analog 15.

17. Silver Peak distr. (Great Basin) Nev., U. S. A. Nur drei Analysen, sehr wahrscheinlich aber analog 16 und 17.

18. Hochplateau von Utah, U. S. A. (Fig. 32.) Der Kurvenverlauf entspricht dem Typus Electric Peak sehr gut, eigentümlich ist die starke k-Anreicherung. Fast durchwegs ist $k > 0{,}4$.

19. Iron Springs Utah, U. S. A. Geologische Stellung analog zu 18, k-Anreicherung erreicht ihr Extrem, indem durchwegs $k > 0{,}6$.

20. Ishawoa Intrusiva des Yellowstone Parks, U. S. A. Gleichaltrig mit den Intrusiva des Electric Peak. Diagramm vermittelt den Übergang zwischen den Typen Electric Peak und Yellowstone.

21. Gallatin Range, Yellowstone Park, U. S. A. Soweit erkennbar, hiehergehörig. Für $si < 144$ stärkere k-Anreicherung.

22. West Colorado (Leadville-Boulder Co.), U. S. A. Das Diagramm, das geringe Schwankungen aufweist, nimmt eine typische Mittelstellung ein. Stellenweise Annäherung an Typus Yellowstone.

23. Bitterroot Batholith Mo/Id., U. S. A. Diagramm zur ersten Gruppe gehörig, schwer genauer zu klassifizieren.

24. Laven der Kanalzone von Panama. Heterogene Gesellschaft mit Anklängen an verschiedene pazifische Differentiationstypen.

25. Ergußgesteine der Westantarktis (Grahamland). Ungefähr Typus Pelée - Lassen Peak mit niedrigerem c und höherem fm für $si < 140$.

Zusammenfassung.

Regionale Verbreitung.

Als Hauptgesetzmäßigkeit für die Verbreitung der pazifischen Provinzen, Gruppe I (Typen Pelée - Lassen Peak und Electric Peak), ergibt sich, daß diese ausschließlich an die zirkumpazifische Geosynklinale gebunden sind. Bis jetzt ist kein einziger hiehergehöriger Fall aus dem innerpazifischen Gebiet bekannt geworden.

Wir finden Beispiele im Gebiet der ostasiatischen Inselguirlanden, wo fast alle untersuchten jungen Eruptivgesteinsvergesellschaftungen dieser Gruppe angehören: auf Kamtschatka und den Commandeur - Inseln, auf den Kurilen, in der nord- und südjapanischen Vulkanzone, in der Fuji-Boninzone, auf den Ryu-Kyu-Inseln, auf den Philippinen und auf den Sangi-Inseln. Weitere hiehergehörige Vorkommnisse sind auf Sumatra, Java, Soembava, Flores und event. Ambon. Gesteinsbeschreibungen machen es höchst wahrscheinlich, daß die jungen Ergußgesteine der übrigen Sunda-Inseln

denselben Typen angehören. Weiter treffen wir ein hiehergehöriges Beispiel auf der Neu-Guinea vorgelagerten Insel Tumleo. Darauf folgt eine große Lücke, die aber sehr gut nur durch unsere mangelhaften Informationen bedingt sein kann. Das nächste Vorkommen folgt im Fiji-Archipel und zahlreich sind die Beispiele auf Nord-Neu-Seeland. (Whangarei-Heads-Bay of Islands, Whangaroa, Coromandelhalbinsel (Hauraki), Mt. Egmont (Taranaki), sowie wahrscheinlich das große Rhyolithplateau.) Auf der Ostseite des Pazifiks gehören sowohl die jungen Intrusivgesteine, wie auch die Laven der Antarktanden hieher. Für den ganzen Zug der Cordillere der Anden klafft eine Lücke, es ist aber nicht ausgeschlossen, daß sich das Bild bei eingehenderer Erforschung noch ändert. Ein weiteres extremes Beispiel findet sich in den kleinen Antillen (Montagne Pelée), dort, wo das zirkumpazifische Orogen zwischen dem brasilianischen und nordamerikanischen Schild auf atlantisches Gebiet übergedrungen ist. Aus dem nur spärlich untersuchten Mittelamerika gehört das Gebiet des Isthmus von Panama hieher. Zahlreich sind die Vorkommnisse in Nordamerika. Im Rocky Mts.-System finden sich die Beispiele der Batholithe von Boulder, Butte, Bitterroot, Philippsburg, Maryshville, sowie die Elkhorn Mts., allein Mo., die Intrusiva von W-Colo und die Vorkommnisse des Yellowstone-Parkes, vorab Electric Peak und Sepulchre Mts., ferner die Laven im Telluride quadr. der San Juan Mts. Eine hiehergehörige Provinz befindet sich ferner in den Hochplateaus von Utah. Für sie ist die starke k-Anreicherung charakteristisch, die im Iron Springs district Utah ihr Extrem erlangt zu haben scheint. In der Nevada-Sonora-Region (Great Basin) liegen die Vorkommnisse von Goldfield, Washoe, Eureka, Tonopah und Silver Peak. In der pazifischen Cordillere finden sich einmal die großen spätmesozoischen, mit der nevadischen Faltung verknüpften Batholithenintrusionen, wie sie besonders im Gebiet der Sierra Nevada Cal. und des 49. Breitenkreises (Grenze der U. S. A. gegen Brit.-Col.) näher untersucht sind, dann aber auch junge vulkanische Gesteine, wie am Lassen Peak, Cal., Crater Lake Ore, sowie in den Gebieten Riddle quardr. Ore und Mt. Stuart quadr. Wash.

Mineralbestand.

Wie ein Studium der einzelnen Provinzen zeigt, entspricht der beobachtete Mineralbestand weitgehend dem eingangs theoretisch abgeleiteten. Unter den Effusivgesteinen herrschen Pyroxenandesite und Dacite mit stark basischem Plagioklas vor. In extremen Fällen,

wie z. B. den dem Typus Pelée - Lassen Peak angehörigen Provinzen Flores und Fuji-Bonin, kommen fast reine Anorthite vor. Auch in relativ sauren Gesteinen ist der Plagioklas noch basisch, so tritt z. B. in „Rhyolithen" des Telluride district Labrador auf. Interessant sind die Miharaite des Fuji-Bonin-Bogens. Bei diesen ist alk so niedrig, daß der Plagioklas äußerst anorthitreich wird. Da aber zur Anorthitbildung weniger SiO_2 verbraucht wird als zur Albitbildung, so kann in solchen Gesteinen freier Quarz auftreten. Der Pyroxen ist überwiegend rhombischer Pyroxen oder kalkarmer monokliner. Am Lassen Peak z. B. fehlt monokliner Pyroxen ganz. In den Basalten tritt diopsidischer Augit, wie zu erwarten war, häufig auf. In den intermediären und saureren Gesteinen ist sein Auftreten eventuell auf Rechnung einer Heteromorphiebeziehung zu setzen. Der Pyroxen kann weitgehend durch Hornblende ersetzt sein. Die Führung von Biotit und Orthoklas hängt von der Größe des k ab. In Provinzen mit extrem niedrigen k-Werten, wie z. B. den kleinen Antillen, treten sie überhaupt nicht auf. Ein typisches Beispiel für einen Fall mit stärkerer k-Anreicherung für mittlere und höhere si bieten die Intrusivgesteine der Sierra Nevada, Cal., die zum großen Teil von granodioritischem Chemismus sind.

c) Zweite Gruppe: Typen Sierra Nevada Cal. (Effusivgesteine), und San Francisco Mts. Ariz.

Die beiden Typen der zweiten Gruppe der pazifischen Provinzen zeigen große Verwandtschaft zu den Typen der ersten Gruppe. Besonders im basischen Teil ist die Ähnlichkeit so groß, daß eine Unterscheidung kaum zu treffen ist, wenn in einer Provinz nur die basischen Glieder vorhanden sind, oder nur diese analysiert worden sind. Für den sauren Teil wird allgemein die Differenz (al—alk) geringer, sodaß Gesteine von alkaligranitischem Chemismus entstehen können. Der Typus San Francisco stellt in dieser Beziehung den extremen Fall dar. Als Ganzes genommen sind jedoch die Assoziationen immer noch typisch pazifisch. Sehr oft finden sich Übergänge zum Typus Yellowstone Park, eine Abgrenzung ist dann gewöhnlich recht schwierig.

Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine).

Das Diagramm dieses Typus wurde in Fig. 19 und 19a gegeben. Die charakteristischen interpolierten Werte, sowie die Magmentypen Nigglis, denen sie angehören, stehen in untenstehender kleiner Tabelle (Tab. 9).

Tabelle 9.

si	al	fm	c	alk	Magma
100	19	49	25	7	gabbrodioritisch
120	22,5	43	24,5	9,5	gabbrodioritisch
150	27	36	24	13	normaldioritisch
200	33	28	21	18	granodioritisch
250	38	22	17	23	granodioritisch
300	41,5	18	12	28	granodioritisch
350	43,5	14	9	33	yosemitisch
400	45	12	7	36	engadinitisch
450	46	10	5	39	aplitgranitisch
500	47	9	3	41	aplitgranitisch

Der Typus Sierra Nevada, Effusivgesteine, nähert sich dem Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere schon bedeutend mehr, als dies für die beiden Typen der ersten Gruppe der Fall war. Besonders das Hauptmerkmal der letztern, die große Differenz (al—alk), ist bedeutend geringer geworden. Für si $>$ 300 weist sie für beide Diagramme ungefähr den gleichen Betrag auf. Die Isofalie liegt bei si = 180, wobei al = fm = 31, c = 22,5, alk = 16 ist. Am besten orientiert wiederum ein zahlenmäßiger Vergleich mit den schon behandelten Typen und dem Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere. Siehe Tabelle 10.

Beim Betrachten der Tabelle ergibt sich einmal die Ähnlichkeit aller bis jetzt behandelten Typen im basischen Gebiete. Für die intermediären si-Bereiche nimmt der Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) in sehr vielen Beziehungen eine Mittelstellung zwischen dem Typus Electric Peak oder Pelée-Lassen Peak und den Mittelwerten der nordamerikanischen Cordillere ein. Für die sauren Werte kommt er dem Mitteltypus sehr nahe oder übertrifft ihn gar um ein Geringes. alk z. B. hält für si $<$ 350 ziemlich genau die Mitte zwischen den Werten des Typus Electric Peak und der nordamerikanischen Cordillere, um sich dann mit zunehmendem si immer mehr dem letztern zu nähern. c hält für si $<$ 300 die Mitte zwischen dem Typus Pelée-Lassen Peak und dem Mitteltypus, für si $\geqq$ 300 weist es die minimalsten Werte für die hier betrachteten Fälle auf. Ähnliche Mittelstellungen, die sich aus der Tabelle ohne weiteres ergeben, gelten für die Werte (al—alk), alk: (al—alk) und qz. Die Werte für c — (al—alk) entsprechen für si $\leqq$ 200 ziemlich gut denen des Mitteltypus, für si $>$ 200 ungefähr denen des Typus Pelée-Lassen Peak. Für den Mineralbestand ergibt sich daraus, daß die Plagioklase saurer sein werden, als für die Provinzen der ersten pazifischen Gruppe. Die Tendenz zur Ausbildung von diopsidischem Augit ist nur für basische Glieder größer, für saure entspricht sie ungefähr den Verhältnissen des Typus Pelée-Lassen

Peak. Biotit und Orthoklas werden je nach der Größe der k-Werte auftreten. Auf die Basizität der Plagioklase kann das insofern von Einfluß sein, als bei hohem k Orthoklasbildung erfolgt und der Albitanteil der Plagioklase infolgedessen nicht stark erhöht wird, sodaß die Plagioklase eher den bei Gruppe I getroffenen Verhältnissen entsprechen.

Tabelle 10.

si	al				fm				c				alk			
	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC
120	25	26	22,5	22,5	41	42	43	42,5	26	25	24,5	25	8	7	9,5	10
150	28,5	29	27	27	36	37	36	35	25	23	24	23	10	11	13	15
200	34	31	33	34	28	32	28	26	22,5	19,5	21	18	15	17,5	18	22
250	38	36	38	38	22,5	26	22	20	19,5	17	17	15	20	21	23	27
300	41	42,5	41,5	41,5	18	18	18	15,5	16	15	12	14,5	25	25	28	29
350	43	45,5	43,5	44,5	14	13	14	12,5	13	11	9	10,5	30	29	33	33
400	45	47,5	45	46,5	12	11	12	10	10	8	7	8	33,5	34	36	35
450	46	48	46	48	10	9	10	7,5	8	6	5	5,5	36	37	39	40,5

si	(al—alk)				c— (al—alk)				alk : (al—alk)				qz			
	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC	PLP	EP	SN	NAC
120	16	19	13	12,5	+10	+6	+11,5	+12,5	0,50	0,37	0,67	0,80	-12	-6	-16	-20
150	18,5	18	14	12	+6,5	+5	+10	+11	0,54	0,61	0,93	1,24	+10	+6	-2	-10
200	19	14,5	15	12	+3,5	+5	+ 6	+ 6	0,79	1,20	1,20	1,83	+40	+30	+28	+12
250	18	15	15	11	+1,5	+2	+ 2	+ 4	1,11	1,40	1,53	2,77	+70	+66	+58	+42
300	16	17,5	13,5	12,5	0	-2,5	- 1,5	+ 2	1,56	1,43	2,07	2,31	+100	+100	+88	+84
350	13	16,5	10,5	11	0	-5,5	- 1,5	- 0,5	2,30	1,75	3,18	3,00	+130	+134	+118	+118
400	12,5	13,5	9	11,5	-3,5	-5,5	- 2	- 3,5	2,67	2,50	4,00	3,03	+156	+164	+156	+160
450	10	11	7	7,5	-2	-5	- 2	- 2	3,60	3,46	5,55	5,40	+206	+202	+194	+188

PLP = Typus Pelée Lassen Peak
EP = Typus Electric Peak
SN = Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine)
NAC = Typus Nordamerikanische Cordillere

Mit steigendem si nimmt k zu, und erreicht in den sauersten Gesteinen Werte $> 0,5$. Zugleich nimmt mg ab, sodaß die Axe des Punktfeldes in k—mg-Diagramm in SE—NW-Richtung gegen die mg-Axe geneigt erscheint.

Ein schönes, sich über eine große si-Variationsbreite erstreckendes Beispiel liefern die jungen Ergußgesteine der Sierra Nevada

Cal. Um keine Verwechslungen mit den mehrfach erwähnten spätmesozoischen Intrusivgesteinen desselben Gebirges aufkommen zu lassen, soll die Typenbezeichnung immer mit dem ausdrücklichen Zusatz „Effusivgesteine" versehen werden.

Typus San Francisco Mts. Ariz.

Dieser Differentiationstypus kann ungefähr darin charakterisiert werden, daß er für si $<$ 250 ziemlich genau dem Typus Electric Peak bis Sierra Nevada (Effusivgesteine) entspricht, sich dann aber durch das nunmehr bedeutend raschere Abnehmen der Differenz (al—alk) auszeichnet. Die Abnahme kann verschieden rasch erfolgen, im Durchschnitt erfolgt sie so, daß die Differenz (al—alk) bei si $\sim$ 450 nur noch wenige Einheiten beträgt und bei si $\sim$ 500 al = alk oder gar al $<$ alk geworden ist. In vielen Fällen erfolgt nun ein Hin- und Herpendeln, wobei die beiden Kurven innerhalb eines kurzen si-Intervalles mehrfach zum Schnitt kommen. Wie gewohnt, sollen wieder einige charakteristische Zahlenwerte zusammengestellt werden (Tab. 11). Das Diagramm wurde schon in Fig. 20 und 20 a gegeben.

Tabelle 11.

Typus San Francisco Mts. Ariz.

si	al	fm	c	alk	Magma	(al-alk)	(c-(al-alk)	alk:(al-alk)	qz
100	19	50	24	7	normalgabbroid	12	+12	0,58	— 28
120	24	43	25	8,5	gabbrodioritisch	15,5	+ 9,5	0,55	— 14
150	29	36	24	11	quarzdioritisch/peléeit.	18	+ 6	0,61	+ 6
200	33	29	21	17	quarzdioritisch	16	+ 5	1,06	+ 32
250	37	25	16	22	quarzdioritisch	15	+ 1	1,47	+ 62
300	42	18	12	28	plagioklasgranitisch	14	— 2	2,00	+ 88
350	43	14	9	34	trondhjemitisch	9	0	3,77	+114
400	44	12	7	37	trondhjemitisch	7	0	5,11	+152
450	45	10	3	42	alkali-granitisch	3	0	12,9	+182
500	45	8	2	45		0	+ 1	∞	+220

Da bei si $<$ 300 die Verhältnisse analog dem des Typus „Electric Peak" oder „Sierra Nevada" sind, so wurde darauf verzichtet, noch einmal einen Vergleich anzustellen. Bei weiterer Zunahme des si erfolgt rapide Zunahme der Alkalifeldspäte unter gleichzeitiger Abnahme des Anorthitmoleküls und vom Punkte al = alk an ist auch die Möglichkeit zur Bildung von Alkalipyroxenen resp. Hornblenden gegeben. c — (al—alk) schwankt von si $\sim$ 250 an beständig um 0 und erreicht nie stark negative Werte, sodaß die Möglichkeit zur Bildung diopsidischen Augits gegeben ist. Da in den San Francisco Mts. Ariz. ein ausgezeichnet untersuchtes Beispiel

vorhanden ist, das ein gut besetztes, glatt verlaufendes, sich über einen großen si-Bereich erstreckendes Diagramm liefert, so war die Bezeichnung des Typus gegeben.

Beispiele für die zweite Gruppe der pazifischen Provinzen.

I. Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine).

1. Die tertiären Laven der Sierra Nevada, Cal., U. S. A. Entspricht dem Typus sehr gut.

2. Neu-Hebriden. Entspricht dem Typus gut, fm etwas tiefer.

3. Crater Lake, Ore, U. S. A. (Fig. 33.) Als Unterschied gegen das Typendiagramm ist al für si $<$ 200 etwas höher. k $<$ 0,27.

II. Typus San Francisco Mts.

1. San Francisco Mts. Ariz., U. S. A. (Fig. 34.) Sie liegen auf dem Hochplateau von Arizona. Das Diagramm entspricht dem Typus sehr gut. (Fig. 34.)

2. John Day Basin, Ore., U. S. A. Es liegt in den Blue Mts. in Oregon. Das Diagramm zeigt den Typus sehr gut, ist aber etwas schwach besetzt.

3. Alaska-Aleuten. Zugehörigkeit noch etwas unsicher.

4. Die jungen Ergußgesteine Mexicos. Das Diagramm zeigt gute Übereinstimmung mit dem Typus San Francisco, wenn auch der saure Teil schwach besetzt ist.

5. Haystack Mts. Park Co. Mo., U. S. A. Gute Übereinstimrrmung mit dem Typus San Francisco, jedoch sind keine extrem sauren Gesteine bekannt, auch ist k relativ hoch.

III. Provinzen der zweiten Gruppe, die sich nicht eindeutig einem der beiden Typen zuordnen lassen, sowie Übergangstypen.

1. San Cristobal (San Juan Mts.), Colo., U. S. A. Zeigt Beziehungen zu beiden Typen der zweiten Gruppe.

2. Creede (San Juan Mts.), Colo., U. S. A. Alle analysierten Gesteine haben si $>$ 300. Für diesen Teil des Diagramms herrscht Übereinstimmung mit dem Typus San Francisco.

3. Silverton und Ouray (San Juan Mts.), Colo., U. S. A. Zeigt Beziehungen zu beiden Typen der zweiten Gruppe, wie auch zum Typus Electric Peak.

4. Desert Range von Arizona, U. S. A. (Clifton Morenci, Globe, Ray, Bisbee, Silver Bell etc.). (Fig. 35.) Das gut besetzte Diagramm hält ungefähr die Mitte zwischen den Typen San Francisco, Sierra Nevada (Effusivgesteine) und Yellowstone.

5. *Ergußgesteine der Anden in Columbien und Ecuador.* Das Diagramm zeigt Verwandtschaft zu den Typen Sierra Nevada (Effusivgesteine) und San Francisco.

6. *Ergußgesteine der argentinisch-chilenischen Anden.* Übergang Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) - Yellowstone.

7. *Snoqualmie quadr. Wash., U. S. A. (Effusivgesteine).* Abgesehen vom hohen fm Typus San Francisco.

8. *Barren Isld und Narcondam (Golf v. Bengalen) inkl. Vulkane von Ober-Burma.* Typus San Francisco mit Übergängen zur ersten Gruppe (Typen Pelée - Lassen Peak und Electric Peak).

Pantelleritische Tendenz weisen auf:

9. *Insel Dogo, Oki - Inseln, Japan.*

10. *Insel Deception (Westantarktis).* Hier tritt als weitere Komplikation für das basische Ende noch Tendenz zu starker c-Anreicherung auf (anorthositisch).

Zusammenfassung.

Regionale Verbreitung.

Auch für die pazifischen Provinzen der zweiten Gruppe gilt die Regel, daß sie an das zirkumpazifische Orogen gebunden sind.

Auf große Strecken füllen sie die Lücken, die wir in der Verbreitung der ersten Gruppe konstatiert hatten. Wir finden die beiden Typen in Alaska und den Aleuten, im Gebiete des Crater Lake, im John Day Basin, im Snoqualme quadr., alle in Ore, in der Sierra Nevada Cal. (Effusivgesteine), in Mexico und in den Anden von Süd-Amerika. Für die argentinisch-chilenischen Anden ergibt sich allerdings eine starke Verwandtschaft mit dem Typus Yellowstone. In Arizona treten sie im Gebiet des Desert Range auf, in Colo. in den San Juan Mts. (Silverton-Ouray-Creede und San Cristobal-distr.), in Mo. in den Haystack Mts., Park Co. Aus dem westlichen Pazifik sind die Beispiele der Neu-Hebriden und der vulkanischen Inseln des Golfes von Bengalen (Barren Isld. und Narcondam) zusammen mit den Vulkanen von Ober-Burma zu erwähnen. Anhangsweise können zwei Provinzen hier erwähnt werden, die neben der für den Typus San Francisco charakteristischen starken Abnahme der Differenz (al—alk) auch pantelleritischen Einschlag zeigen. Es sind dies die Inseln Dogo, am Innenrand Japans gelegen, und die Grahamland (Westantarktis) vorgelagerte Insel Deception. Letztere zeigt außerdem noch anorthositische Tendenz. Für die beiden letzteren Vorkommnisse ist die tektonische Stellung analog. Sie liegen beide am Rande des Orogens, ohne eigentlich schon zum Vorland zu gehören.

Mineralbestand.

In Übereinstimmung damit, daß die Diagramme der zweiten Gruppe der pazifischen Provinzen im basischen, z. T. auch im intermediären Teil, sowohl unter sich, wie auch mit denen der ersten Gruppe, weitgehende Ähnlichkeit zeigen, treten auch im Mineralbestand keine großen Abweichungen auf. Für die saureren Gesteine ergeben sich wesentlich saurere Plagioklase als in den Typen der ersten Gruppe. Wo in Rhyolithen basischere Plagioklase auftreten, als zu erwarten war, handelt es sich gewöhnlich um sehr glasreiche Gesteine, bei denen sich gut denken läßt, daß ein großer Teil der Alkalien im Glase steckt und bei ungestörter Kristallisation saure Zonen um die basischen Plagioklaskerne gebildet hätte. Da k im allgemeinen mittelhoch ist, treten Biotit oder Orthoklas oder beide fast immer auf. Wenn auch unter den femischen Gemengteilen kalkarme Pyroxene und Hornblenden immer noch dominieren, so sind doch kalkreiche Augite schon viel häufiger, insbesondere in Provinzen, die zum Typus San Francisco hinneigen. Wo al = alk wird, kommt es zur Bildung von Alkalipyroxenen und Hornblenden.

d) Dritte Gruppe: Typus Yellowstone Park
(inkl. Subfälle Rosita Hills und Ortiz Mts.).

Wie weiter oben dargelegt wurde, bilden die Typen „Pelée-Lassen Peak", „Electric Peak", „Sierra Nevada (Effusivgesteine)" eine Reihe, deren Glieder sich in der angegebenen Reihenfolge immer mehr dem Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere nähern. Der nun zu besprechende Typus Yellowstone Park bildet ein weiteres Glied dieser Reihe, das sich zwischen Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) und nordamerikanischer Cordillere einschiebt. Er kommt der letzteren schon recht nahe und zeigt in Analogie dazu Anklänge an die bei den mediterranen Provinzen auftretenden Verhältnisse. Sein Gesamtcharakter ist aber entschieden noch pazifisch, sodaß, wie beim Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere, die Bezeichnung „pazifisch mit mediterranem Einschlag" am besten zutreffen dürfte.

Wie *P. Niggli* schon in seiner eingangs erwähnten Arbeit über den Taveyannazsandstein gezeigt hat, gehört es zur Charakterisierung solcher Übergangstypen, daß sie z. T. inhomogen sind und gerne größere Variabilität und Spezialisierung aufweisen. Diese Inhomogenität äußert sich sehr anschaulich im oft auftretenden Zickzackverlaufe der Kurven in den Diagrammen, sowie im Auf-

treten von Subfällen (z. B. der noch zu besprechende Subtypus Rosita). In extremen Fällen ist der Zickzackverlauf der Kurven so ausgeprägt, daß sich durch ein gewissermaßen rein graphisches Verfahren zwei Tendenzen herauslesen lassen (z. B. Crazy Mts. Mo.). Da die Inhomogenität für diesen Typus als charakteristische Eigenschaft erkannt worden ist, so sollen an dieser Stelle auch noch einige Provinzen angeführt werden, die neben typisch pazifischen Zügen auch einzelne atlantische aufweisen, im ganzen Kurvenverlauf aber mehr oder weniger dem Typus Yellowstone Park entsprechen (z. B. Ortiz Mts., New Mexico).

Der Typus wurde nach der im sehr gut untersuchten Yellowstone National Park herrschenden, mittleren Differentiation benannt, deren Diagramm auf Grund von 105 Analysen, analog wie es für die nordamerikanische Cordillere geschah, gewonnen wurde.

Tabelle 12.
Typus Yellowstone Park.

si	al	fm	c	alk	Magma
100	17	50	26	7	normalgabbroid
120	22	44	24	11	normalgabbroid
150	30	35	20	15	normaldioritisch
200	35	27	17	21	quarzdioritisch/normalgranitisch
250	40	21	13	26	normalgranitisch
300	42	17	11	31	granosyenitisch
350	43,5	14	9	34	yosemititisch
400	45	11	8	36	engadinitisch
450	46	9	7	38	engadinitisch
500	47	8	5	40	aplitgranitisch

Das Diagramm wurde bereits in Fig. 21 und 21 a gegeben, einige interpolierte Werte mit den ihnen entsprechenden Magmentypen *Nigglis* finden sich in Tab. 12. Eine weitere Tabelle soll einen näheren Vergleich ermöglichen. (Tab. 13.)

Aus der Tabelle geht einerseits die Mittelstellung zwischen dem Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine) und dem Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere (für $150 \leqq si \leqq 250$), anderseits die nahe Verwandtschaft mit der letzteren gut hervor. Der mögliche Mineralbestand läßt sich nach dem bis jetzt bei den einzelnen Typen Gesagtem unter Zuhilfenahme der Tabelle ohne weiteres ableiten. Für viele Fälle wird er dem für die amerikanische Cordillere (Tab. 4) Gegebenen nahekommen. Da es sich um einen zu den mediterranen Provinzen überleitenden Typus handelt, und k im allgemeinen ziemlich hoch ist, so werden Kalimineralien eine bedeutende Rolle spielen. c — (al—alk) erreicht keine kleinern Werte als — 1, die Bildung kalkreicher Pyroxene ist also längs der

ganzen si-Variation möglich. Für si $>$ 300 wird diese Tendenz stärker sein als bei den bis jetzt behandelten Typen. Der Wert für qz hält vielfach die Mitte zwischen den entsprechenden Werten für den Typus Sierra Nevada und den Mitteltypus, vielfach entspricht er aber auch einem Minimum, was auf die vermehrte Möglichkeit zur Bildung von Olivin- und Feldspatvertretern schließen läßt.

Tabelle 13.

Vergleich der Typen Sierra Nevada (Effusivgesteine) und Yellowstone mit der nordamerikanischen Cordillere.

si	al			fm			c			alk		
	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC
100	19	17	18	49	50	50,5	25	26	24,5	7	7	7
120	22,5	22	22,5	43	44	42,5	24,5	24	25	9,5	11	10
150	27	30	27	36	35	35	24	20	23	13	15	15
200	33	35	34	28	27	26	21	17	18	18	21	22
250	38	40	38	22	21	20	17	13	15	23	26	27
300	41,5	42	41,5	18	17	15,5	12	11	14,5	28	31	29
350	43,5	43,5	44,5	14	14	12,5	9	9	10,5	33	34	33
400	45	45	46,5	12	11	10	7	8	8	36	36	35
450	46	46	48	10	9	7,5	5	7	5,5	39	38	40,5

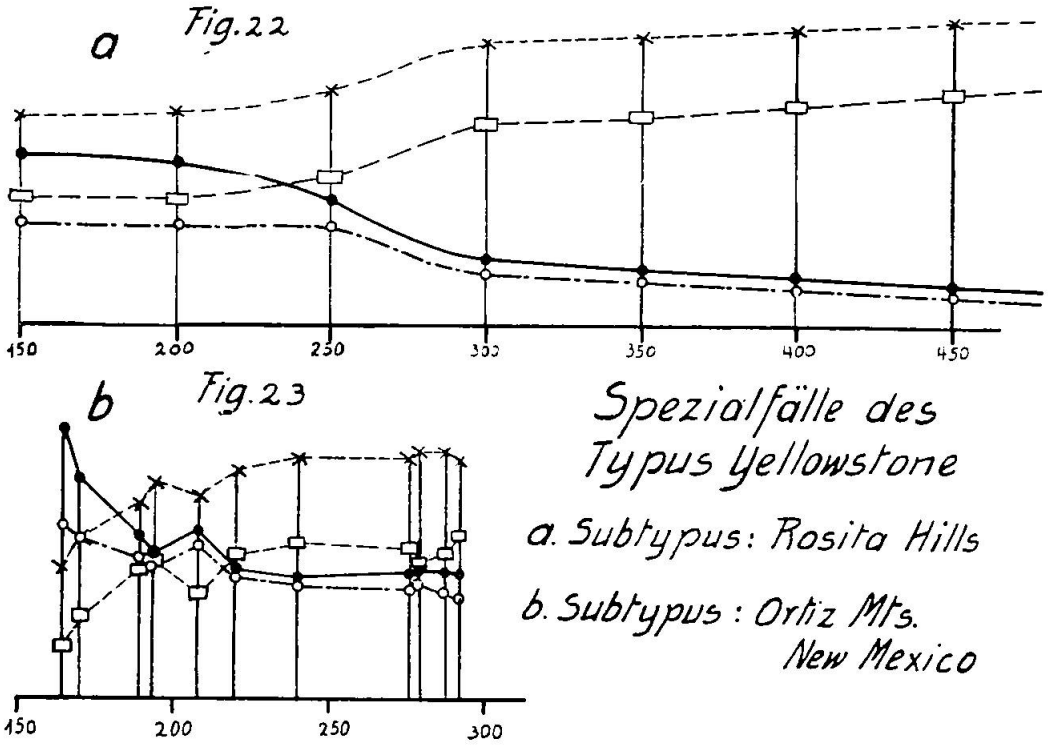
si	(al—alk)			c—(al—alk)			alk: (al—alk)			qz		
	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC	SN	YNP	NAC
100	12	10	11	+13	+16	+13,5	0,58	0,70	0,67	-28	-28	-28
120	13	11	12,5	+11,5	+13	+12,5	0,69	1,00	0,80	-16	-24	-20
150	14	15	12	+10	+5	+11	0,93	1,00	1,24	- 2	-10	-10
200	15	14	12	+6	+3	+6	1,20	1,50	1,83	+28	+16	+12
250	15	14	11	+2	-1	+4	1,53	1,85	2,45	+58	+46	+42
300	13,5	11	12,5	-1,5	0	+2	2,07	2,81	2,31	+88	+76	+84
350	10,5	9,5	11	-1,5	-0,5	-0,5	3,18	3,60	3,00	118	114	118
400	9	9	11,5	-2	-1	-3,5	4,00	4,00	3,03	156	156	160
450	7	8	7,5	-2	-1	-2	5,55	4,75	5,40	194	198	188

SN = Typus Sierre Nevada (Effusivgesteine)
YNP = Typus Yellowstone National Park
NAC = Nordamerikanische Cordillere

Subfälle des Typus Yellowstone.

a) Typus Rosita.

Typus Rosita stellt eine der Sondertendenzen dar, die sich vom Typus Yellowstone ableiten. Das Diagramm ist dadurch charakterisiert, daß für alle vier Kurven zugleich eine Richtungsänderung erfolgt, wodurch ein Bild entsteht, das man am besten als „Gabeltypus" bezeichnen kann. Dadurch entstehen, besonders im basischen



Gebiete, etwas abnormale Verhältnisse. Ein idealisiertes Diagramm ist in Fig. 22 gegeben, die interpolierten Werte mit den entsprechenden Magmentypen sind in untenstehender Tabelle vereinigt (Tab. 14).

Tabelle 14.
Typus Rosita, Colo.

si	al	fm	c	alk	Magma
150	34	28	17	21	normalmonzonitisch
200	35	27	17	21	opdalitisch
250	38	21	17	24	normalgranitisch
300	46	11	9	33	granosyenitisch/yosemititisch
350	47	10	9	34	yosemititisch
400	48	8,5	7,5	36	engadinitisch/aplitgranitisch
450	50	7	5	38	aplitgranitisch
500	51	5	4	40	aplitgranitisch

Bis jetzt sind aus dem hier untersuchten Gebiete nur zwei hierhergehörige Fälle gefunden worden. In seiner eingangs zitierten

Arbeit über den Taveyannazsandstein hat *P. Niggli* für die oberitalienischen Euganeen denselben Differentiationsverlauf festgestellt.

b) Typus Ortiz Mts., New Mexico.

Der Typus Ortiz Mts. New Mexico, für den das Material nur spärlich vorhanden ist, ist dadurch charakterisiert, daß für das intermediäre Gebiet alk $\sim$ c $\sim$ fm $\sim$ 20 bei al = 45 — 50 ist. Die analysierten Gesteine erstrecken sich nur auf ein si-Gebiet von 120 $<$ si $<$ 230. Ein weiteres Charakteristikum für die typischen Fälle ist das Auftreten von Chemismen, die entweder zwischen den gewöhnlichen Magmentypen stehen, oder solchen angehören, die selbst Übergangstypen repräsentieren, wie die essexitdioritischen. Zur näheren Charakterisierung sollen einige Werte gegeben werden:

si	al	fm	c	alk	(al-alk)	c-(al-alk)	alk : (al-alk)	qz	Magma
130	34	24	24	18	16	8	1,12	—42	normaldioritisch/essexitdioritisch
150	35	22	20	23	12	8	1,91	—42	essexitisch
200	38	20	18	24	14	4	1,71	+ 4	essexitdioritisch
220	39	20	18	24	15	3	1,60	+24	essexitdioritisch

Das Diagramm der Ortiz Mts. New Mexico zeigt Fig. 23.

Ein Vergleich mit Tab. (13) für 150 $<$ si $<$ 200 zeigt, daß in Bezug auf (al—alk) und alk ungefähr Übereinstimmung herrscht mit dem Typus Yellowstone resp. dem der nordamerikanischen Cordillere. Ein starker Unterschied herrscht jedoch in der stärker negativen qz-Zahl und den stärker positiven Werten für c — (al—alk). Diese Verhältnisse erinnern wieder mehr an die Alkaliprovinzen vom Typus Maros, Hawaii oder Tahiti. In Bezug auf den Wert c — (al—alk) werden diese sogar noch bedeutend übertroffen. Der Zwischencharakter macht sich also auch in dieser bemerkbar. Nach diesem sind also für den Mineralbestand Plagioklase von der Zusammensetzung der für den Typus Yellowstone oder die nordamerikanischen Cordillere charakteristischen zu erwarten (Abweichungen je nach k und dementsprechend Orthoklas-Führung), bedeutende Augitbildung, Olivin, resp. Feldspatvertreter bis in die Nähe von si $\sim$ 200, Quarz nur in den sauersten Gliedern. Der Typus wurde nach der chemisch bestuntersuchten Provinz, den Ortiz Mts. in New Mexico, benannt. Leider sind aber für diese Provinz die Gesteinsbeschreibungen nur summarisch.

Beispiele für die dritte Gruppe der pazifischen Provinzen.

Typus Yellowstone.

1. Mittlere Differentiation im Gebiete des Yellowstone-Parkes. Diagramm entspricht sehr genau dem Typendiagramm.

2. *Crandall Volcano, Yellowstone-Park, U. S. A.* Entspricht dem Typus gut, zeigt aber etwas Verwandtschaft zum Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine).

3. *Sunlight Intrusiva, Yellowstone-Park, U. S. A.* Übergang zum Typus Maros-Highwood.

4. *Absarokit-Shoshonit-Banakit-Serie, Yellowstone-Park, U. S. A.* Zeigt z. T. starke Anklänge an den Typus Maros-Highwood und besitzt bis heute kein Analogon.

5. *Castle Mts. Mo., U. S. A.* Gute Übereinstimmung.

6. *Crazy Mts. Mo. I., U. S. A.* Zeigt Übergang vom Typus Yellowstone zum Typus Electric Peak.

7. *Little Belt Mts. Mo., U. S. A.* (Fig. 36.) In Bezug auf geringe Differenz (al—alk) extrem Typus Yellowstone, Anklang an Typus Maros-Highwood.

8. *Neu-Pommern.* Soweit sich übersehen läßt, ähnlich 7., dazu etwas höheres fm.

9. *Basalte des Denver Basin, Colo., U. S. A.* Geringer si-Bereich, wohl am besten hier unterzubringen, wenn auch (al—alk) ca. zwei Einheiten größer.

10. *Bullfrog distr. (Great Basin), Nev., U. S. A.* Diagramm wenig dicht besetzt, entspricht dem Typus ordentlich.

11. *San Miguel und La Plata Mts., Colo., U. S. A.* Gehören zur sog. „Laccolithic Mt. Group". Das kleine Diagramm entspricht gut dem Typus Yellowstone, das etwas niedrigere fm erinnert an den Typus Sierra Nevada.

12. *Westrand von Südjapan.* Diagramm entspricht dem Typus gut, ist aber wenig umfangreich.

13. *Latite des Stanislaus River, Sierra Nevada, Cal., U. S. A.* Sondertendenz unter den tertiären Laven der Sierra Nevada. Sehr gute Übereinstimmung mit dem Typus.

14. *Columbia- und Snake River-Basalte, U. S. A.* Die si-Variation dieser basaltischen Ergüsse ist nur eine geringe, das kleine Diagramm läßt sich aber am besten hier unterbringen.

15. *Basalte des Rio grande Canyon, U. S. A.* Hier gilt Analoges wie für 14.

Subfall a: Rosita Hills.

16. *Silver Cliff und Rosita Hills, Colo., U. S. A.* Entspricht dem Sub-Typus Rosita sehr gut.

17. *Elk- und West-Elk Mts., Colo., U. S. A.* Entspricht dem Sub-Typus ebenfalls sehr gut.

Subfall b: Ortiz. Mts.

18. Ortiz. Mts., N.-Mex., U. S. A. In Übereinstimmung damit, daß an der Grenze zwischen pazifischen und atlantischen Provinzen stehend, ist k relativ niedrig.

19. Soembava III. Kurvenverlauf wie bei 18, in Übereinstimmung damit, daß an der Grenze der mediterranen Maros-Provinz gelegen, k ziemlich hoch.

20. Sierra el Late, Carrizo Mts., Henry Mts. etc., Colo und Utah., U. S. A. Diagramm klein, Stellung unsicher.

21. Concepción del Oro, Zacatecas, Mexico. Diagramm klein, nähere Umstände unbekannt.

22. Müller-Gebirge, Central-Borneo. Diagramm klein, nähere Verhältnisse unklar.

23. Mt. Taylor Region, New-Mex., U. S. A. Schlecht bekannt, Übergangstypus.

Zusammenfassung.

Regionale Verbreitung.

Wie der Typus Yellowstone Park in chemischer und mineralogischer Beziehung eine Übergangsstellung einnimmt, so tut er dies auch vielfach in Bezug auf seine regionale Verbreitung. Die Vorkommnisse sind zwar im allgemeinen an die zirkumpazifische Geosynklinale gebunden, die typischen liegen aber doch gerade am Rande des Orogens gegen das Vor- oder Rückland zu. Das eigentliche innerpazifische Gebiet ist jedoch gänzlich frei von ihm. Eine solche Stellung weisen z. B. die Vergesellschaftungen der Little Belt, Crazy und Castle Mts. in Montana auf. Nach Süden setzt sich diese Zone in das Gebiet des Yellowstone Parks fort (Crandall Volcano, Sunlight - Intrusiva, Absarokit - Shoshonit - Banakit - Serie). Ähnliche Stellung weisen die Basalte des Basins von Denver, Colo und die Gesteine des Westrandes von Südjapan auf. Beispiele finden sich ferner im Bullfrog distr. in der Nevada-Sonora-Region, auf Neu-Pommern (Bismarckarchipel), am Stanislaus River (Sierra Nevada) und vielleicht auch im Gebiete des Plateaus von Colorado, Utah und Arizona (San Miguel und La Plata Mts.). Die großen Basaltergüsse des Columbia- und Snake River-Gebietes zeigen naturgemäß nur geringe Variation, da es sich sehr wahrscheinlich um Extrusionen undifferenzierten Magmas handelt. Das kleine Diagramm paßt aber am besten hierher, wie auch das der Basalte des Rio Grande Canyon.

Die beiden einzigen bekannten Vertreter des Typus Rosita liegen bei Silver Cliff und Rosita Hills am Ost-Rande der Rocky Mts. und in den Elk- und West-Elk-Mts. am West-Rande.

Die Vorkommnisse vom Typus Ortiz finden sich z. T. in ausgesprochenen Grenzregionen. Die Ortiz Mts. New Mexico liegen im Grenzgebiet der Rocky Mts.-Provinz und der Na-Ergüsse des Vorlandes. Ähnlich liegt das anhangsweise aufgeführte Gebiet von Mt. Taylor, New Mexico. Das als Soembawa III bezeichnete Vorkommnis liegt an der Grenze der mediterranen Maros-Provinz gegen die pazifische Provinz des Sundabogens. In Übereinstimmung damit tendieren die Ortiz Mts. mehr zur Na-, Soembawa III mehr zur Kalireihe (k-Verhältnis). Für das Müllergebirge (Central-Borneo) und die Intrusion von Concepción del Oro (Mexico) sind die Stellungen infolge ungenügender Erforschung der umliegenden Gebiete nicht ganz klar.

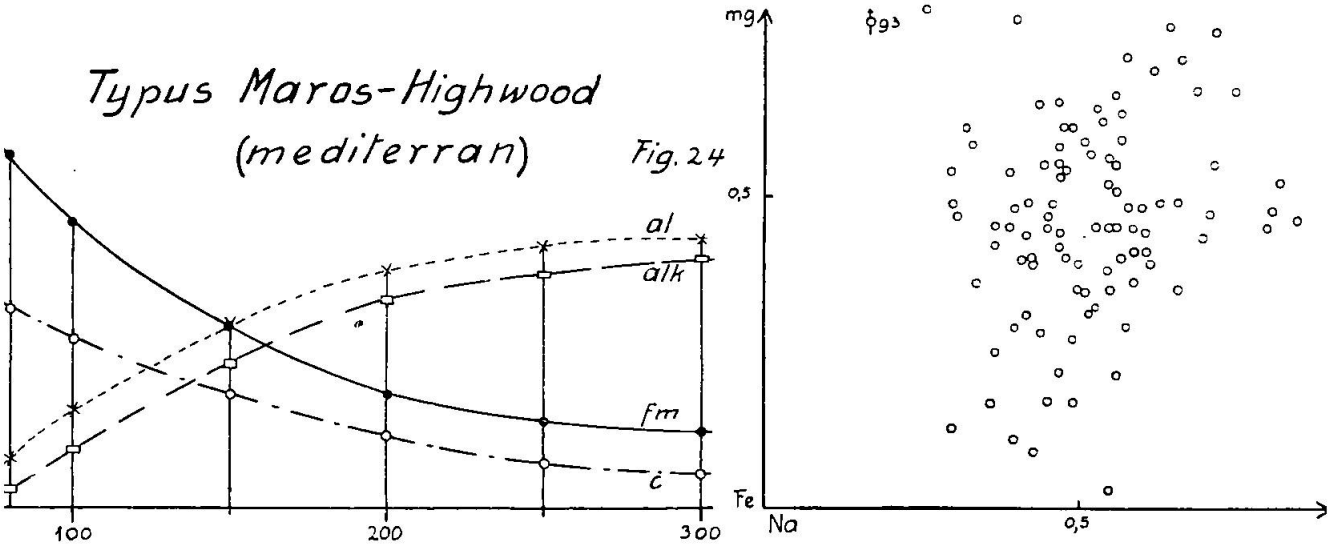
Mineralbestand.

Die Weiterentwicklung der Reihe Pelée-Lassen Peak, Electric Peak, Sierra Nevada (Effusivgesteine) und die Annäherung an den Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere kommt im Mineralbestand deutlich zum Ausdruck. Da k im allgemeinen ziemlich hoch ist, so äußert sich das höhere alk im allgemeinen nicht so sehr im Saurerwerden der Plagioklase, als im vermehrten Auftreten von Orthoklas. Schon basische Gesteine, z. B. solche von gabbro-dioritischem Chemismus, führen oft Orthoklas. Vielfach finden sich Orthoklasmäntel um die Plagioklase. Die rhombischen Pyroxene treten stark zurück zugunsten von Hornblende und diopsidischem Augit, der nun schon ziemlich häufig ist. Die stärker relative Quarzzahl qz macht sich vereinzelt durch das Auftreten von Leucit oder Analcim in basischen Gesteinen bemerkbar (einige Absarokite und ein Basalt aus dem Bullfrog, distr. Nev.). Im Subfall der Ortiz. Mts., New-Mexico, spielt, in Übereinstimmung mit dem hohen c — (al—alk) - Wert, kalkreicher Augit eine große Rolle und entsprechend den besprochenen Verhältnissen für qz tritt Nephelin noch in intermediären Gesteinen auf, während Quarz auf die saersten beschränkt ist. Für den Fall Soembava III sind die Plagioklase etwas basischer, da k ziemlich hoch ist und daher der Alkalifeldspat zum guten Teil Orthoklas ist. Ein Leucit-Basanit zeigt, daß statt Biotit — Orthoklas auch Leucit und Olivin auftreten können.

2. Mediterrane Provinzen im Sinne von P. Niggli. (Vorwiegend Gesteine der Kalireihe.)

a) Allgemeines.

Die rein mediterranen Provinzen sind hier alle vereinigt worden, obwohl sich mehrfach Sondertendenzen zeigen, die eventuell eine Einzelbehandlung gerechtfertigt hätten. Sie stimmen mit den von *P. Niggli* in seiner Arbeit über den Taveyannazsandstein behandelten Typen im allgemeinen gut überein. Wenn hier vorderhand darauf verzichtet wurde, diese Subtypen eingehender zu gliedern, so liegt das zur Hauptsache daran, daß mediterrane Provinzen im Gebiete des pazifischen Ozeans, auf das wir uns hier beschränken, nicht allzu häufig sind. Es soll daher der Versuch einer Klassifizierung erst



später auf Grund eines größeren Materials unternommen werden. Die Unterschiede sind im allgemeinen keine sehr großen, und eine gewisse Variabilität scheint sogar für die mediterranen Provinzen typisch zu sein. In Anbetracht der Tatsache, daß Lamprophyre sehr oft mediterranen Chemismus aufweisen, ist es von Interesse, daß die einzige genauer bekannte, typische Lamprophyrprovinz des Untersuchungsgebietes (Apishapa quadr. Colo.) hieher fällt.

b) Typus Maros-Highwood.

Zwei der bestuntersuchten, hieher gehörigen Provinzen und zugleich solche, die dem konstruierten mittleren, mediterranen Typus ganz ordentlich entsprechen, sind diejenigen des Pic von Maros (Bulu Saraung) in Süd-Celebes und der Highwood Mts. Mo. Daher wurde der Typus nach ihnen „Typus Maros-Highwood" ge-

nannt. Sein Diagramm ist in Fig. 24 zur Darstellung gebracht, über einige interpolierte Werte orientiert folgende Tabelle (Tab. 15).

Tab. 15. Typus Maros - Highwood.

si	al	fm	c	alk	Magma
80	8	57	32	3	pyroxenitisch
100	16	46	27	9	shonkinitisch
150	30	29	18	23	monzonitisch
200	38	18	11	33	granosyenitisch
250	42	14	7	37	granosyenitisch
300	43	12	5	40	rapakivitisch

Ein Unterscheidungsmerkmal für den Typus gegenüber den pazifischen Typen ist die relativ geringe si-Variationsbreite. Diese beträgt im Durchschnitt $80 < si < 250$. Das Hauptcharakteristikum der mediterranen Provinzen bilden die Verhältnisse des k—mg-Diagramms. Bei einigermaßen genügender si-Variation bilden die Punkte ein elliptisches Feld, dessen große Achse ungefähr NNE—SSW gerichtet ist. Dabei ist immer $k < 0{,}3$ und kann bis über 0,8 ansteigen. Der Typus stimmt sehr gut mit dem überein, was *P. Niggli* in den „Gesteins- und Mineralprovinzen" als „Mediterrane Vergesellschaftungen" definiert hat.

Die Stellung des Typus Maros - Highwood zum Mitteltypus der amerikanischen Cordillere und damit (da ja alle Typen immer mit diesem verglichen wurden) indirekt auch zu den andern schon erwähnten, geht aus Tab. 16 hervor.

Es zeigt sich, daß der Typus Maros - Highwood die konsequente Weiterentwicklung des Typus Yellowstone über den Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere hinaus darstellt und zum Teil nicht unbeträchtlich von ihm abweicht. In der Tat gehören die meisten Werte, die uns bei der Konstruktion des mittleren Diagramms der nordamerikanischen Cordillere als stark vom Mittelwert abweichend aufgefallen waren, Differentiationen vom mediterranen Typus an, insbesondere extremen Fällen (z. B. Leucite Hills, Wyo.). Zugleich erkennen wir auch, daß die Bezeichnung des Typus Yellowstone als Übergang zu den mediterranen Differentiationen vollständig berechtigt war.

Zieht man diese Verhältnisse, wie sie in Tabelle 16 zum Ausdruck kommen, zusammen mit den erwähnten Eigenschaften des k—mg-Diagrammes in Betracht, so ergibt sich ungefähr folgendes für den Mineralbestand: k in Verbindung mit den stark negativen Werten der Quarzzahl läßt Leucit und Biotit erwarten. Da die vorhandene Kieselsäure vielfach auch nicht genügen wird, aus allem Na_2O Albit zu bilden, so werden Nephelin und Feldspatoide auf-

treten können. Da (al—alk) sehr klein ist, so wird je nach dem gebildeten Albit entweder sehr wenig basischer, oder beträchtliche Mengen saurer Plagioklase auftreten. Das besonders für si$<$150 relativ hohe c wird in Verbindung mit dem für die gleichen si hohen mg und der erwähnten geringen Anorthitbildung das Auftreten von diopsidischem Augit begünstigen. Rhombischer Augit, sowie Quarz (dieser abgesehen von si$>$250) sind nicht zu erwarten. Wenn alk$>$al wird, so sind Alkalipyroxene- oder Hornblenden vorauszusehen.

Tabelle 16.

si	al			fm			c			alk		
	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH
80	—	13	8	—	62	57	—	20,5	32	—	4,5	3
100	17	18	16	50	50,5	46	26	24,5	27	7	7	9
120	22	22,5	22	44	42,5	38	24	25	23	11	10	15
150	30	27	30	35	35	29	20	23	18	15	15	23
200	35	34	38	27	26	18	17	18	11	21	22	33
250	40	38	42	21	20	14	13	15	7	26	27	37
300	42	41,5	43	17	15,5	12	11	14,5	5	31	29	40

si	(al—alk)			alk: (al—alk)			c—(al—alk)			qz		
	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH	YNP	NAC	MH
80	—	8,5	5	—	0,53	0,60	—	+12	27	—	-38	-32
100	10	11	7	0,70	0,67	1,28	+16	+13,5	20	-28	-28	-36
120	11	12,5	7	1,00	0,80	2,14	+13	+12,5	16	-24	-20	-40
150	15	12	7	1,00	1,24	3,28	+5	+11	11	-10	-10	-42
200	14	12	5	1,50	1,83	6,60	+3	+6	6	+16	+12	-32
250	14	11	5	1,85	2,77	7,40	-1	+4	2	+46	+42	+ 2
300	11	12,5	3	2,81	2,31	13,33	+0	+2	2	+76	+84	+40

YNP = Typus Yellowstone; NAC = Nordamerikanische Cordillere
MH = Typus Maros-Highwood

b) Beispiele für mediterrane Provinzen.

Typus Maros - Highwood.

1. *Maros - Provinz.*

a) Pic von Maros, Süd-Celebes (Fig. 37). Sehr typisch, doch nie al$\gtrless$alk.

b) Soembava II. Diagramm klein.

c) Bawéan (Insel zwischen Java und Borneo). Kali-Ijolithisch.

d) Mt. Mouriah, N.-Rand von Java. Gute Übereinstimmung.

2. *Highwood Mts. Mo., U. S. A.* (Fig. 38). Sehr typisch und für mediterrane Provinzen von beträchtlicher si-Variation. Ein Trachydolerit, der nicht ins Diagramm paßt, wurde ausgelassen.

3. *Bearpaw Mts. Mo., U. S. A.* Extrem, indem schon für si $\sim$ 130 al $\sim$ alk.

4. *Nordamerikanische Cordillere im Gebiete des 49. Breitenkreises (Britisch-Columbia) II.* Es handelt sich hier um die schon bei der I. Tendenz (Typus Pelée - Lassen Peak) erwähnte (z. H. postmesozoische) mediterrane Tendenz. Typischer Zwischencharakter Yellowstone/Maros - Highwood. Starke Kali-Vormacht.

Ausschnitte aus dem betr. Gebiet, die ganz den Charakter des mittleren Diagramms zeigen, sind z. B. Franklin Mining Camp B. C. und Roßland Mts. B. C. (Fig. 39).

5. *Apishapa quadr., Colo., U. S. A.* Einzige näher bekannte Lamprophyrprovinz des Untersuchungs - Gebietes. Kleines, aber typisches Diagramm.

6. *Insel Dozen, Oki-Inseln, Japan.* Kleines Diagramm, Übergang zum Typus Maros - Highwood.

7. *Leucite Hills Wyo.* Extremer Fall. Gesteine alle vom lamproitischen Chemismus (hohes fm, alk und k, niedriges c). k steigt bis 0,89.

Zusammenfassung.

Regionale Verbreitung.

Der Typus Maros - Highwood nimmt in seiner Verbreitung eine eigentümlich zweideutige Stellung ein. Einerseits findet er sich in den zirkumpazifischen Faltengebirgen, anderseits nahe denselben im Vor- resp. Rückland. Das eigentliche innerpazifische Gebiet scheint von ihm vollständig frei zu sein. Wir finden ihn im Vorland der Rocky Mts. in den Highwood- und Bearpaw Mts. Mo. und in den Gängen des Apishapa quadr. Colo. Wir finden ihn ferner in der Maros-Provinz an der Innenseite des Sumatra-Java-Bogens, der bis jetzt immer als nach S gefaltet angenommen wurde; allerdings hat *Tobler* neuerdings in Sumatra entgegengesetzt gerichtete Überschiebungen aufgefunden. Auch am Innenrand Japans befindet sich ein Vorkommen, das mindestens starke Verwandtschaft zum Typus Maros - Highwood zeigt. Die große hieher gehörige Provinz von Brit.-Col. befindet sich zum Teil im Gebiete der pazifischen Cordillere, zum Teil im Gebiete des „Northern Interior Plateau". Die

Stellung dieser Provinz kann als zur pazifischen Kette oder als zum Rückland des Rocky Mts.-Systems gehörig aufgefaßt werden. Der extreme Fall der Leucite Hills Wyo., der die einzige stark alkalische Provinz innerhalb des Rocky Mts.-Systems darstellt, nimmt dadurch eine besondere Stellung ein, daß sie genau auf der „Wyoming Linie" *Ransomes* gelegen ist.

Mineralbestand.

Der Mineralbestand hält sich eng in den erwarteten Grenzen. Als Ergänzung wäre anzuführen, daß das Albitmolekül, wenn es in kleiner Konzentration vorhanden ist, gerne in den Orthoklas eingeht unter Anorthoklasbildung. Eine weitere sehr interessante Erscheinung ist das Auftreten der Heteromorphiebeziehung Biotit + Orthoklas $\rightleftarrows$ Leucit (+ Olivin). Wie besonders aus Beispielen in den Bearpaw Mts. und aus der Maros-Provinz hervorgeht, tritt Leucit hauptsächlich in Ergußgesteinen auf, während Tiefengesteinserstarrung die Bildung des H_2O haltigen Silikats Biotit zusammen mit Orthoklas begünstigt. Gesteine von identischem Chemismus können so ganz verschiedene äußere Erscheinungsform zeigen, zum Beispiel:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	Magma
I.	152	33	24	18	25	0,49	0,27	1,6	1,4	vesuvitisch
II.	153	32,5	24,5	18	25	0,55	0,35	1,7	0,3	„

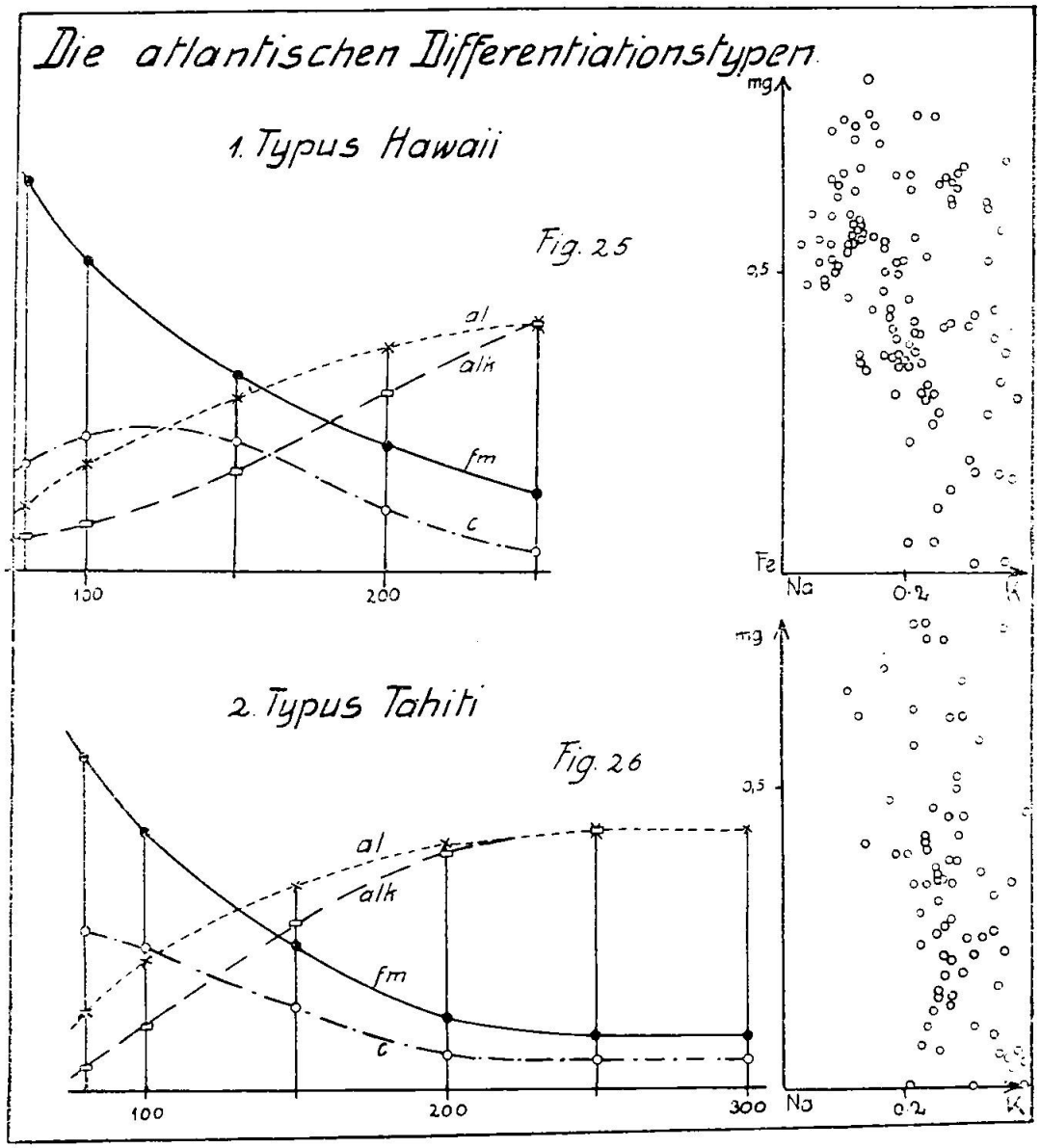
I Vicoit, Gillinan bei Masin, Mt. Mouriah, Java.
II Biotit-Melilith-Nephelin-Syenit, Kruger Mt. Brit. Col.

3. Atlantische Provinzen im Sinne von P. Niggli. (Vorwiegend Gesteine der Natronreihe).

a) Allgemeines.

Während die Gesteinsassoziationen vom pazifischen Typus ganz auf das zirkumpazifische Orogen lokalisiert waren, und diejenigen vom mediterranen Typus eine eigentümliche Zwischenstellung einnahmen, so treffen wir hier auf Assoziationen, die der orogenetischen Zone i. e. S. vollständig fremd sind. In ihrer typischen Ausbildung, den Typen Hawaii und Tahiti entsprechend, treten sie sogar so überwiegend im innerpazifischen Gebiete auf, daß man fast von einem eigentlichen innerpazifischen Typus sprechen könnte. Als Ganzes entspricht er den „Atlantischen Vergesellschaftungen" von *P. Niggli,* daher wurde auch diese Bezeichnung als Sammelbegriff für die hier zusammengefaßten Provinzen gewählt. In Bezug auf die al—fm—c- und alk-Variation sind die hieher fallenden Provinzen nicht stark vom Typus Maros-Highwood verschieden. Ein

prinzipieller Unterschied liegt jedoch in der stets vorhandenen ausgesprochenen Natronvormacht. Die „Atlantischen Vergesellschaftungen", im hier gebrauchten Sinne des Wortes, umfassen also nicht die „Alkaliprovinzen" schlechthin, in welcher Bedeutung der Ausdruck „atlantisch" früher oft gebraucht wurde, sondern nur die-



jenigen, deren Differentiationsverlauf einem der gleich zu erwähnenden Typen entspricht oder nahe kommt, unter gleichzeitiger ausgeprägter Natronvormacht.

Um die Mannigfaltigkeit der atlantischen Provinzen zu gliedern, wurden zwei Typen gebildet, denen sich die meisten der gut charakterisierten Provinzen zuteilen lassen. Nach den entsprechenden bestbekannten Provinzen wurden sie „Typus Hawaii" und

„Typus Tahiti" genannt. Die Provinzen, die diese Typen nicht rein zeigen oder Übergangserscheinungen aufweisen, wurden in eine eigene Gruppe vereinigt und als Anhang aufgeführt.

b) Typus Hawaii.

Währenddem wir in den Typen Pelée - Lassen Peak, Electric Peak, Sierra Nevada (Effusivgesteine) und Yellowstone Park eine Reihe erkannten, die in obgenannter Aufeinanderfolge zum mittleren Typus der nordamerikanischen Cordillere hintendierte und diesen in extremen Fällen auch erreichte, so tritt uns im Typus Hawaii das erste Glied einer Serie entgegen, die sich im großen und ganzen ziemlich anders verhält (Fig. 25). Der Typus ist kurz durch folgende Werte charakterisiert (Tab. 17).

Tabelle 17.

Typus Hawaii.

si	al	fm	c	alk	Magma
80	11	65	18	6	hornblenditisch
100	18	52	23	8	normalgabbr.
150	29	33	22	16	essexitisch Übg.
200	38	21	10	30	larvikitisch
250	42	13	3	42	nordm. pulask.

k ist immer unter 0,4, für typische Provinzen unter 0,25, mg variiert von ganz klein bis sehr hoch. Die Beziehungen dieses Typus zum mittleren Typus der nordamerikanischen Cordillere (und anderen Typen) sind aus Tab. 18 zu ersehen. Man sieht, daß am basischen Ende, d. h. für si$<$150 die Unterschiede sehr klein sind und dann rasch anwachsen. Besonders charakteristisch sind die Verhältnisse für (al—alk). Aus dem Vergleich der Werte für die mittleren Verhältnisse der nordamerikanischen Cordillere und des Typus Hawaii (und Tahiti) ergibt sich auch, daß die bei der Konstruktion des mittleren Diagramms getroffenen extremen Werte, soweit sie nicht auf Rechnung von mediterranen Differentiationen zu setzen sind, ihr Auftreten atlantischen Tendenzen verdanken. Interessant ist ferner die Mittelstellung, die der Typus Maros - Highwood (abgesehen vom k-Verhältnis!) zwischen den beiden atlantischen Typen einnimmt.

Zur Ableitung des Mineralbestandes gibt der Vergleich mit dem Mitteldiagramm der nordamerikanischen Cordillere gute Anhaltspunkte.

Für das basische Ende der Differentiationen sind gewöhnliche Basalte oder (wegen der stark negativen qz-Zahl) Nephelinbasalte, eventuell Melilithbasalte zu erwarten. Da alk immerhin schon etwas

Tabelle 18.

si	al NAC	al H	al MH	al T	fm NAC	fm H	fm MH	fm T	c NAC	c H	c MH	c T	alk NAC	alk H	alk MH	alk T	c-(al-alk) NAC	c-(al-alk) H	c-(al-alk) MH	c-(al-alk) T	NAC	H	MH	T
80	13	11	8	13	62	65	57	56	20,5	18	32	17	4,5	6	3	4	+12	+13	+27	+ 8				
100	18	18	16	22	50,5	52	46	43	24,5	23	27	24	7	8	9	11	+13,5	+13	+20	+13				
150	27	29	30	34	35	33	29	24	23	22	18	14	15	16	23	28	+11	+ 9	+11	+ 8				
200	34	38	38	41	26	21	18	12	18	10	11	6	22	30	33	40	+ 6	+ 2	+ 6	+ 5				
250	38	42	42	43	20	13	14	9	15	3	7	5	27	42	37	43	+ 4	+ 3	+ 2	+ 5				
300	41,5		43	43	15,5		12	9	14,5		5	5	29		40	43	+ 2		+ 2	+ 5				
350									10,5				33											
	(al-alk)				(al-fm)				(alk-fm)				(alk-c)				alk : (al-alk)				qz			
80	8,5	5	5	9	-49	-54	-49	-43	-57,5	-59	-54	52	-16	-12	29	13	0,53	1,20	0,60	0,44	38	-44	-32	-36
100	11	10	7	11	-32,5	-34	-30	21	-43,5	-44	-37	32	-17,5	-15	18	13	0,70	0,80	1,28	1,00	28	-32	-36	-44
150	12	13	7	6	- 8	- 4	- 1	+10	-12	-17	- 6	+ 4	- 8	- 6	+ 5	+14	1,25	1,23	3,29	4,77	10	24	-42	- 62
200	12	8	5	1	+ 8	+17	+20	+29	-12	+ 9	+15	+28	+ 4	+20	+22	+34	1,83	3,74	6,60	40,00	+12	-20	32	60
250	11	0	5	0	+18	+29	+28	+34	-11	+29	+23	+34	+12	+39	+30	+38	2,45		7,40		+42	-18	+ 2	-22
300	11,5		3	0	+26		+31	+34	-12,5		+28	+34	+14,5		+32	+38	2,51		13,26		+84	—	+40	+28
350																								

NAC: Nordamerikanische Cordillere. H: Typus Hawaii. MH: Typus Maros-Highwood. T: Typus Tahiti.

hoch ist gegenüber typisch pazifischen Assoziationen, so sind auch Trachydolerite möglich. Für mittlere si, um 150, sind Andesite mit Plagioklas und Andesin, sowie Olivin (qz immer noch — 20) zu erwarten. Wir werden aber sehen, daß Gesteine in diesem mittleren si-Bereich relativ selten auftreten. Für si um 250 wird al gleich alk, eventuell sogar al<alk. Es ist das Gebiet der Natron-Trachyte und -Phonolite von nordmarkitisch-pulaskitischem Chemismus. Für die basischen Glieder mit al>alk bei beträchtlichem c ist c — (al—alk) positiv, was kalkreiche Pyroxene erwarten läßt. Am sauren Ende der Differentiationen nimmt sowohl c wie auch (al—alk) stark ab. Wird al<alk, so tritt der Alkaliüberschuß in die Pyroxen- und Hornblendemoleküle ein. Orthoklas und Biotit sind, zum mindesten in typischen Provinzen, höchstens in den sauersten Gliedern zu erwarten.

c) Typus Tahiti.

Der Typus Tahiti unterscheidet sich vom Typus Hawaii hauptsächlich durch niedrigeres fm und c, sowie höheres alk und al. (al—alk) ist für si>100 kleiner geworden und erreicht den Wert 0 schon bei si 200. Von si 250 an verlaufen die Kurven ungefähr parallel. Ein genaueres Bild geben wieder unsere Werte (Tab. 19). k ist immer <0,4, für eine sehr große Anzahl Analysen <0,25. mg liegt zwischen 0,02 und 0,83. Die Stellung zu andern Typen,

Tabelle 19.

Typus Tahiti.

si	al	fm	c	alk	Magma
80	13	56	17	4	hornblenditisch
100	22	43	24	11	essexitgabbroid
150	34	24	14	28	nosykombitisch
200	41	12	6	40	normalfoyaitisch
250	43	9	5	43	nordmarkitisch-
300	43	9	5	43	pulaskitisch.

insbesondere zum Typus Hawaii, geht aus der dort gegebenen Tabelle hervor (Tab. 18). Der Typus Tahiti stellt insbesondere für 100<si<250 eine Weiterentwicklung der Reihe nordamerikanische Cordillere → Hawaii dar (Fig. 26).

Für den Mineralbestand ist vor allem ein stärkeres Hervortreten der Feldspatvertreter im Gebiete 200>si>100 zu erwarten, da die Quarzzahlen hier extrem negative Werte annehmen. Da die alk-Kurve die al-Kurve schon bei wesentlich kleinerem si erreicht, so werden Alkalihornblenden und -Pyroxene schon bedeutend früher in Erscheinung treten, während Plagioklas für si<150 zurücktreten

wird. Für si $\sim$ 250 nähern sich die Verhältnisse wieder sehr denen des Typus Hawaii, sodaß analoge Natrontrachyte und Phonolithe von nordmarkitisch-pulaskitischem Chemismus zu erwarten sind.

Die ersten, Aufsehen erregenden Funde, hiehergehörigen Gesteinsassoziationen aus dem innerpazifischen Gebiet wurden 1904 durch *A. Lacroix* von Tahiti beschrieben. Dank der Arbeiten dieses Forschers, sowie derjenigen von *Iddings* und *Morley*, sowie *Marshall*, ist auch heute noch die Provinz von Tahiti die besterforschte ihrer Art. Es war daher naheliegend, den Typus danach zu bezeichnen.

Beispiele für atlantische Provinzen.

I. Typus Hawaii.

1. Hawaii-Inseln. Mitteldiagramm stimmt sehr genau mit dem Typus überein. Die beiden jüngsten Ausbruchstellen, Kilauea und Mauna Loa, zeigen niederes alk (miharaitisch) (Fig. 40). Der gewöhnliche Typus wird gut durch die Kohala Mts. (N. Hawaii) illustriert (Fig. 41).

2. Inseln unter dem Winde. (Dahin gehören Huahine, Raiatea, Tahaa, Bora-Bora.) Fast identisch mit Typus Hawaii.

3. Insel Moorea (Eimeo), 10 Meilen NW. von Tahiti gelegen. Zeigt Übergang zum Typus Tahiti.

4. Juan Fernandez, San Felix und San Ambrosio. Entspricht dem Typus gut, ein Nephelin-Basanit zeigt etwas geringeres (al—alk).

5. Samoa. Entspricht dem Typus im allgemeinen gut. Auffallend sind die 15—17 Einheiten betragende Differenz (al—alk) für 3 Gesteine mit si $\sim$ 100 und der etwas geringere Betrag für diese Differenz bei si $\sim$ 150.

II. Typus Tahiti.

1. Insel Tahiti. Genaue Übereinstimmung mit dem Typus.

2. Uvalde Co. Tex., U. S. A. (Fig. 43). Differenz (al—alk) durchwegs etwas kleiner als beim Typendiagramm.

3. Roß-Insel I, Ost-Antarktis. Die etwas komplexen Verhältnisse der jungen Laven der Roß-Insel (Fig. 42 und 42 a) lassen sich in zwei Tendenzen auflösen, von denen die erste dem Typus Tahiti gut entspricht (Fig. 42 b).

4. Phonolithe der Black Hills, S. Dak./Wyo., U. S. A. Nicht typisch, da von den sehr mannigfaltigen Gesteinsassoziationen der Black Hills nur die Phonolithe chemisch untersucht sind. Ihr

Diagramm kann indessen sehr wohl als Fortsetzung des Typendiagramms angesehen werden.

5. *La Sal Mts. Utah, U. S. A.* Nicht typisch, da nur die sauersten Restdifferenziate untersucht. Das Hauptgestein ist nicht analysiert.

Pantelleritische Tendenz zeigen:

6. *Roß-Insel II* (Fig. 42 c), } Ostantarktis.
7. *Cape Adare und vorgelagerte Inseln,* }

8. *Subantarktische Inseln von Neu-Seeland* (Antipodes-Auckland-Campbell- etc. Inseln).

9. *Mayor Isld.*, Bay of Plenty, N.-Neu-Seeland.

10. *Transpecos-Region in W.-Texas.* Hieher gehören u. a. die Gesteine der Apache Mts. und des Paisano-Passes. Nur saures Ende der Differentiation.

III. Atlantische Provinzen, welche sich keinem der beiden Typen eindeutig zuordnen lassen, sowie Übergangstypen.

1. *Otago-Halbinsel, Süd-Neu-Seeland.* Die Gesteine des North Head entsprechen eher dem Typus Hawaii, als Ganzes betrachtet nimmt die Provinz eine Mittelstellung Hawaii-Tahiti ein.

2. *Crazy Mts. Mo. II, U. S. A.* Die I. Tendenz wurde beim Typus Yellowstone angeführt. Die zweite zeigt große Analogie zum Typus Hawaii mit Übergangs-Erscheinungen zu den mediterranen Provinzen.

3. *Cripple Creek, Colo., U. S. A.* In verschiedener Beziehung typischer Übergang atlantisch-mediterran. Neigt wie die meisten Übergangstypen zu Spaltungen.

4. *Ice River, Brit.-Col./Alberta, Canada* (Fig. 44). Ijolitisch. Durch Assimilation von Kalk im Sinne Dalys entstanden.

5. *San José, Tamanlipas, Mexico.* Einzigartiges Diagramm. Zeigt Anklänge an die ijolitische Differentiation, zugleich Übergänge zu den pazifischen Provinzen.

6. *Colfax Co., New-Mex., U. S. A.* Übergangsprovinz, deren Verhältnisse am besten durch Annahme von zwei Tendenzen darstellbar sind. I entspricht einem Übergang zu den Na-Provinzen, analog wie der Typus Yellowstone zu den Kali-Provinzen überführt. II zeigt in mehrfacher Hinsicht Beziehungen zum Typus Tahiti.

7. *Port Oxford quadr. Ore., U. S. A.* Übergang pazifisch/atlantisch, unklare Verhältnisse.

8. *Anir, Neu-Mecklenburg.* Nur zwei Analysen, wahrscheinlich extrem vom Typus Tahiti.

Zusammenfassung.

Regionale Verbreitung.

Sieht man von der Ijolithprovinz des Ice River in British-Columbia ab, so sind die atlantischen Provinzen gänzlich auf das Vorland beschränkt und nirgends aus dem Gebiet des Orogens bekannt. Im Falle des Ice River liegen die Verhältnisse so, daß man die Entstehung des Ijolith-Komplexes wohl sicher als durch Assimilation von Kalkstein im Sinne *Dalys* zustande gekommen annehmen darf. Der Typus Hawaii findet sich im innerpazifischen Gebiete auf den Hawaii-Inseln, den Inseln unter dem Winde, Moorea (Übergang zum Typus Tahiti), Juan Fernandez, San Felix und San Ambrosio. Außerhalb des innerpazifischen Gebietes ist nur ein einigermaßen ähnliches Vorkommen bekannt, das der Crazy Mts. Mo., wo die Differentiation als zweite Tendenz neben dem Typus Yellowstone auftritt. Der Typus Tahiti findet sich auf Tahiti und in der Antarktis im Gebiete der Roß-Insel in Süd-Viktoria-Land, sowie im östlichen Vorland der Rocky Mts., in Uvalde Co. Tex. und den Black Hills S. Dak.-Wyo. Das Vorkommen der La Sal Mts. Utah/Colo. ist nicht typisch, da es sich nur um die letzten, sauersten Differentiate einer im übrigen wesentlich andersgearteten Provinz handelt. Bei genauerer chemischer Untersuchung wäre es sehr wohl möglich, daß sich die La Sal-Provinz als zum Typus San Francisco gehörig herausstellen würde. Ein Subfall des Typus Tahiti mit pantelleritischer Tendenz scheint im SW des Pazifiks eine ausgedehnte Provinz zu bilden. Im Gebiete der Roß-Insel kommt die erwähnte Tendenz neben der Haupttendenz (Typus Tahiti) vor. Die Provinz läßt sich weiter nach N über Cape Adare und die vorgelagerten Inseln, sowie über die Scott-Insel nach den subantarktischen Inseln Neu-Seelands und wahrscheinlich bis zur Insel Mayor Isld. in der Bay of Plenty (Nord-Neu-Seeland) verfolgen. Eine ähnliche Provinz findet sich in West-Texas (Trans Pecos-Gebiet). Auch die verschiedenen Provinzen mit Übergangscharakter, die den atlantischen Provinzen zugewiesen wurden, sind ausnahmslos ans Vorland gebunden. Die Otago-Provinz in Süd-Neu-Seeland bildet ein Zwischenglied zwischen den Typen Hawaii und Tahiti. Der Cripple Creek, Colo., östlich der Rocky Mts., vermittelt den Übergang von den atlantischen Typen zu den mediterranen. Andere Übergangsprovinzen liegen ebenfalls im östlichen Vorland des laramidischen Systems, wie z. B. Colfax Co. New-Mex. und San José, Tamaulipas, Mexico. Etwas unklare Verhältnisse herrschen im Port Oxford quadr. am Westabhang der Coast Range von Ore.

Mineralbestand.

Der Mineralbestand hält sich ganz in den Grenzen des Erwarteten. Wie vorausgesehen, spielen Feldspatvertreter eine große Rolle, währenddem Plagioklas, abgesehen von den Basalten, zurücktritt. Die Basalte, wie auch die sauersten Glieder, Natron-Trachyte und Phonolithe, stimmen in den beiden Typen Hawaii und Tahiti überein. Die Basalte sind Nephelin-Basalte, Melilith-Basalte, zum Teil mit Anklängen an Alkalibasalte oder auch gewöhnliche Basalte. Das mittlere Gebiet um si $\sim$ 150 ist nur schwach besetzt. Dahin fallen z. B. Theralithe der Crazy Mts., „Oligoklasite" der Hawaii-Inseln etc. Die sauren Gesteine sind Phonolithe und Natron-Trachyte, die gegen die basaltischen Gesteine an Menge bedeutend stärker zurücktreten als nach vielen Beschreibungen zuerst vermutet werden könnte. In der pantelleritischen Zweigreihe spielen Alkalipyroxene und -Hornblenden eine bedeutende Rolle.

E. Schlußzusammenfassung.

I. Übersicht über die verschiedenen Differentiationstypen.

Wie aus der eben beendeten Aufzählung und Klassifizierung der einzelnen Provinzen des gesamten Untersuchungsgebietes hervorgeht, kann das ganze, weitschichtige Material einigen wenigen wohldefinierten Typen zugewiesen werden. Es sind deren nur acht, dazu kommen für einen derselben noch zwei Subfälle. Diese acht Typen, die nach charakteristischen Beispielen benannt wurden, sind die folgenden:

Pazifische Differentiationstypen, resp. Provinzen.	1. Typus Pelée-Lassen Peak. 2. Typus Electric Peak. 3. Typus Sierra Nevada (Effusivgesteine). 4. Typus San Francisco Mts. 5. Typus Yellowstone Park m. 2 Subfällen: a) Typus Rosita Hills. b) Typus Ortiz Mts.
Mediterrane Differentiationstypen, resp. Provinzen.	6. Typus Maros-Highwood.
Atlantische Differentiationstypen, resp. Provinzen.	7. Typus Hawaii. 8. Typus Tahiti.

Typus 1 und 2, resp. 3 und 4 haben sehr viel Gemeinsames und können zusammengefaßt werden, was durch die Klammern angedeutet ist. In der vorläufigen Übersicht der Ergebnisse wurden 1 und 2, bezw. 3 und 4, die erste, bezw. zweite Gruppe der pazifischen Provinzen genannt. Daß die Typen 1 bis 4 überhaupt einzeln gebildet wurden, hat seinen Grund darin, daß zu Anfang der Untersuchung die Verhältnisse noch für wesentlich komplizierter angesehen wurden und eine bedeutend größere Anzahl von Typen als

notwendig erachtet wurde. Als sich das Material bei fortschreitender Arbeit immer besser überblicken ließ, und es sich herausstellte, daß sich mit weit weniger Typen, als anfänglich angenommen worden war, auskommen ließ, wurden mehrere derselben zu neuen Typen oder Gruppen zusammengefaßt. Die erstgebildeten Typen wurden als Unterteilung überall dort beibehalten, wo eine Anzahl Provinzen einem von ihnen so genau entsprachen, daß eine Zuordnung zu ihm klar und eindeutig möglich war.

Sucht man nach einer Obereinteilung, so ist die einzige Möglichkeit die der Dreiteilung in pazifische, mediterrane und atlantische Typen, resp. Provinzen, wie sie in obenstehender Übersicht gegeben wurde. Wir kommen also zum Schluß, daß die statistische Untersuchung eines sehr großen Materials (ca. 1800 sorgfältig ausgewählte Analysen, die sich auf ca. 150 Differentiationsdiagramme verteilen) zu dem Resultat führt, daß die einzige Klassifikation der Eruptivgesteinswelt des Pazifiks, die einigermaßen natürlich genannt werden kann, zu einer Obereinteilung in drei (und nicht mehr und nicht weniger) „Reihen" oder „Sippen" oder wie man es nun nennen mag, führt. Daß diese drei Oberabteilungen oder Typengruppen in jeder Hinsicht mit den drei Reihen, wie sie *P. Niggli* in seinem „Lehrbuch der Mineralogie, 1. Auflage" und seinen „Gesteins- und Mineralprovinzen", Band I, gegeben hat, übereinstimmen, ist umso bemerkenswerter, als die Untersuchung, obwohl auf Anregung von *P. Niggli* begonnen und unter seiner Leitung ausgeführt, weder in erster Linie die Prüfung oder Bestätigung des Dreiteilungsprinzipes zum Ziel genommen, noch jenes als gegebene Voraussetzung an die Spitze gestellt hatte.

Es ist nun weiter sehr bemerkenswert, daß die vier Typen 1, 2, 3, 5, die wir eben die pazifischen nannten, in dieser Aufeinanderfolge eine Serie bilden, die von dem einen extremen Gliede, dem Typus Pelée - Lassen Peak, über die andern in kontinuierlicher Reihe zum Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere hintendiert. Typus 4, San Francisco Mts., entsteht aus den Typen 2 und 3 durch raschere Abnahme der Differenz (al—alk) mit steigendem si. Für das basische Ende kommen sich die Typen 2, 3 und 4 sehr nahe. Es resultiert also hier eine quantitative Klassifikation der pazifischen Provinzen. Da die Umrandung des pazifischen Ozeans die Hauptbeispiele pazifischer Provinzen in sich schließt, so dürfte sich an dieser Einteilung in Zukunft nicht mehr viel ändern, und sie darf wohl in gewissem Sinne als definitiv angesehen werden. Ein Blick auf die verschiedenen gegebenen Tabellen

zeigt gut den Gang der einzelnen Werte, für die verschiedenen Typen, immer für gleiches si. So lauten zum Beispiel (in der Reihenfolge Pelée-Lassen Peak, Electric Peak, Sierra Nevada (Effusivgesteine), Yellowstone Park, nordamerikanische Cordillere) die alk-Werte:

si	150	10	11	13	15	15
si	200	15	17,5	18	21	22
si	250	20	21	23	26	27

Oder die Werte für (al—alk):

si	150	18,5	18	14	15	12
si	200	19	14,5	15	14	12
si	250	18	15	15	14	11

Für andere Werte verläuft die Reihe zum Teil etwas unregelmäßig. Ein Gang läßt sich aber gut erkennen. Sehr glatt verläuft die Serie für das Verhältnis alk : (al—alk), d. h. für das molekulare Verhältnis von Alkalifeldspat und Anorthit, und für die Quarzzahl qz, was bedeutet, daß die relative SiO_2-Menge gegen den Mitteltypus der nordamerikanischen Cordillere abnimmt, die Möglichkeit der Feldspatoidbildung aber zu. Während der Typus Pelée-Lassen Peak durch den niederen Alkaligehalt ausgezeichnet ist (peléeitische und miharaitische Magmen treten auf), bildet der Typus Yellowstone Park am anderen Ende einen deutlichen Übergang zur Kalireihe, indem in extremen Fällen, zum Beispiel Little Belt Mts. Mo., syenitische und monzonitische Glieder auftreten können. Der Typus Yellowstone kommt den mittleren Verhältnissen der nordamerikanischen Cordillere sehr nahe, von denen eingangs festgestellt wurde, daß sie als pazifisch mit mediterranem Einschlag anzusprechen sind. Wie das bei Übergangstypen immer der Fall ist, ist dieser Typus etwas inhomogen und neigt zu Spaltung und Bildung von Subfällen. Solche Subfälle sind die Typen Rosita Hills und Ortiz Mts. Der erstere unterscheidet sich vom Typus Yellowstone hauptsächlich durch die eigentümliche Gabelung in der Kurvenanordnung. Der zweite ist ein typischer Übergangstypus. Überhaupt mag gerade hier im Anschluß an den Typus Yellowstone Park erwähnt werden, daß sich Übergänge ziemlich häufig finden, wenn sie auch an Zahl und Bedeutung nicht entfernt an die „reinen" Typen heranreichen.

Die im Laufe dieser Arbeit gegebene Typeneinteilung soll alles andere als ein starres Schema sein, darum wurden die Typen auch immer durch Mittelwerte charakterisiert und nicht durch zahlenmäßig begrenzte Intervalle oder Variationsbreiten. Ob das letztere einmal möglich sein wird, muß die Zukunft lehren. Wieder einmal

mehr bestätigt sich auch hier der alte Satz „Natura non facit saltus".

Die Alkaliprovinzen (Kali- und Natron-Provinzen) lassen sich so anordnen, daß die bei den pazifischen Provinzen konstatierte serienmäßige Änderung der einzelnen Werte ihren Fortgang nimmt. Die Reihenfolge der Typen ist: Hawaii, Maros-Highwood, Tahiti. Die Werte der nordamerikanischen Cordillere schieben sich zwischen die Typen Yellowstone und Hawaii ein, scheiden also die pazifischen Typen von den atlantischen und mediterranen. Eigentümlich ist die Mittelstellung des mediterranen Typus Maros-Highwood zwischen den beiden atlantischen Typen Hawaii und Tahiti. Ein starker Unterschied liegt nur darin, daß beim Typus Maros-Highwood $k > 0{,}3$, bei den beiden atlantischen $k < 0{,}3$ ist. Über die genaueren zahlenmäßigen Beziehungen geben die bei den einzelnen Typen gegebenen Tabellen Aufschluß.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß sich bei den Alkaliprovinzen öfters die Eigentümlichkeit vorfindet, daß typisch atlantische Provinzen vereinzelte Kaligesteine und typisch mediterrane Provinzen vereinzelte Natrongesteine aufweisen. Einige Beispiele dieser Art sind theralitischer Analcim-Basalt in den Highwood Mts. Mo., vesuvitischer Nephelin-Syenit auf Tahiti etc.[1])

Die Isofalien, die gute Dienste leisten zur Unterscheidung der drei Reihen, lassen sich für die Unterteilung innerhalb derselben bis jetzt weniger verwenden. Während für die Kali- und Natron-Provinzen immer die Isofalie unter 160 liegt, ist sie für die pazifischen Provinzen bei $si > 160$. Nachfolgende kleine Tabelle (Tab. 20) gibt nähere Auskunft, irgend eine durchgehende, sich einsinnig verändernde Serie, existiert nicht.

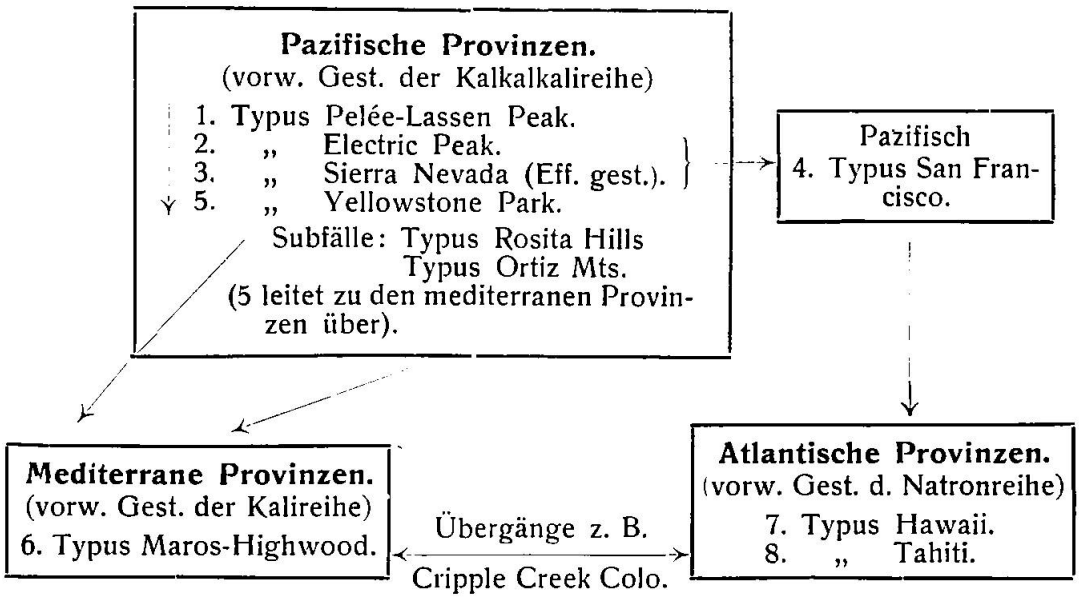
Tabelle 20. Isofalien.

	PLP	EP	SN	SF	YNP	NAC	H	MH	T
si	178	205	180	179	168	171	158	149	131
fm al	31	31	31	31	32	30	31	30	31
c	24	19,5	22	22	19	20	20	18	17
alk	13	18	16	15	17	18	19	23	22
(c-alk)	+11	+ 1,5	+ 6	+ 7	+ 2	+ 2	+ 1	- 5	- 5
(al-alk)	+18	+13	+15	+16	+15	+12	+12	+ 7	+ 9
qz	+26	+33	+16	+19	0	- 1	-18	-57	-57

PLP: Typus Pelée-Lassen Peak.
EP : „ Electric Peak
SN : „ Sierra Nevada (Eff. gest.).
SF : „ San Francisco.
YNP: Typus Yellowstone Nat. Park.
NAC: „ nordamerik. Cordillere.
H : „ Hawaii.
MH : „ Maros-Highwood.
T : „ Tahiti.

[1]) Im übrigen sei nochmals betont, daß die Bezeichnung pazifische, mediterrane oder atlantische Provinz nie ausschließt, daß vereinzelt Gesteine darin zu finden sind, die sonst vorzugsweise in anderer Vergesellschaftung sich vorfinden. (Siehe Anmerkung auf Seite 143.)

Die geschilderten Verhältnisse lassen sich zur Übersicht in folgendes einfache Schema zusammenfassen:



Die Pfeile geben nur die hauptsächlichsten Übergänge an.

II. Die geologische Stellung der verschiedenen Provinzialtypen.

Da jeweils am Schlusse der Besprechung der einzelnen Typen auf deren regionale Verbreitung und geologische Stellung eingegangen wurde, braucht hier nur noch eine kurze Zusammenfassung gegeben zu werden.

1. Pazifische Typen.

Alle fünf unter der Gruppenbezeichnung „pazifisch" zusammengefaßten Typen haben das Gemeinsame, daß sie ausschließlich an die zirkumpazifische Geosynklinale gebunden sind. Bis jetzt ist kein einziges Vorkommen aus dem innerpazifischen Gebiete, wie es hier nach *P. Marshall* abgegrenzt wurde, bekannt geworden. Ebenso scheinen sie im kontinentwärts gelegenen Vorlande der großen zirkumpazifischen Randgebirge zu fehlen. Immerhin fällt auf, daß die Vorkommnisse des Typus Yellowstone, in manchen extremen Fällen, die zu der Kalireihe überleiten, gerne am Rande der Gebirge gelegen sind, und so in ihrer geologischen Stellung, wie auch chemisch eine Übergangslage einnehmen. Die größte Verbreitung unter den pazifischen Typen haben diejenigen der ersten Gruppe, die die Typen Pelée-Lassen Peak und Electric Peak umfaßt.

2. Mediterrane Typen.

Die mediterranen Typen sind ziemlich selten. Während die Highwood- und Bearpaw Mts., beide in Montana, deren Stellung schon von *A. Harker* diskutiert wurde, sowie die Lamprophyre des Apishapa quadr. Colo. und der, einen Übergang mediterran-atlantisch bildende Cripple Creek Colo. unzweifelhaft dem Vorlande der Rocky Mts. angehören, ist, wie schon erwähnt, für die beiden Provinzen des Pic von Maros und von British-Columbia (49. Breitenkreis II. Tendenz) die Stellung nicht ganz klar. Für den extremen Fall der Leucite Hills Wyo. ergibt sich außerdem die Besonderheit, daß diese Provinz genau auf der tektonischen „Wyoming Linie" liegt. Da für die Sierra Nevada Cal. und das Gebiet des 49. Breitenkreises in British-Columbia die mesozoischen, granodioritischen Intrusionen im Differentiationsverlauf ganz übereinstimmen, erscheint es höchst merkwürdig, daß es in British-Columbia im Tertiär zur Bildung einer großen Kaliprovinz kam, aber scheinbar nicht in der Sierra Nevada. In dieser Hinsicht ist es jedoch von Interesse, daß am Stanislaus River unter den Laven der Sierra Nevada auch monzonitische Latite vorhanden sind, die vielleicht als Anfänge zu einer analogen Entwicklung anzusehen sind, wie sie in British-Columbia stattgefunden hat, wobei aber aus irgend einem Grunde die Sonderung nicht zur vollen Auswirkung kam. Im Ganzen sind die Vorkommen von mediterranem Typus immer auf die relative Nähe des Orogens beschränkt, im weiteren Vorland oder im innerpazifischen Gebiete sind sie bis jetzt unbekannt.

3. Atlantische Typen.

Hauptgesetz für ihr Auftreten ist, daß sie nie im Gebiete des eigentlichen Orogens auftreten.[1]) Die einzige scheinbare Ausnahme, der Ice River Complex in British-Columbia, kann nach den vorliegenden Verhältnissen als durch Assimilation von Kalkstein im Sinne *Dalys* angesehen werden. Er nimmt dadurch eine Sonderstellung ein, wie auch dadurch, daß er das einzige Beispiel einer ijolithischen Differentiation darstellt, die im Laufe dieser Untersuchung angetroffen wurde.

Die atlantischen Differentiationen sind die absolut herrschenden auf den pazifischen Inseln. Zur Erklärung der immer wiederkehrenden Kombination Basalt - Na - Trachyt, eventuell Phonolith

[1]) Das bedeutet nach der Anmerkung auf Seite 143 natürlich nicht, daß im Orogen Gesteine der Natronmagmen völlig fehlen. Sie bestimmen nur nicht den Differentiationsverlauf.

nimmt *Daly* eine den ganzen Pazifischen Ozean unterteufende Schicht basaltischen Magmas an, aus dem sich die erwähnten sauren Gesteine durch Differentiation entwickelt hätten. Außer in dem eigentlichen innerpazifischen Gebiete finden sich die atlantischen Differentiationstypen noch auf der, den neuseeländischen Alpen vorgelagerten Otago-Halbinsel (hier relativ nahe dem Orogen) und im Süd-Viktoria-Land (Roß-Insel), sowie im Vorlande des laramidischen Systems auf der Grenze Süd-Dakota/Wyoming, in New Mexico, West-Texas und Mexico. Eine atlantische Provinz mit pantelleritischem Einschlag erstreckt sich von der Roß-Insel in Süd-Viktoria-Land nach den Inseln um Neu-Seeland (Näheres siehe am betr. Orte), eine ähnliche Provinz befindet sich auch in W.-Texas.

Wie sich aus dieser Zusammenfassung über die geologische Stellung der einzelnen hier unterschiedenen Differentiationstypen ergibt, ist die Dreiteilung, wie sie von *P. Niggli* zuerst eingeführt wurde und wie sie in dieser Arbeit vorerst nach der chemisch-statistischen Seite hin bestätigt wurde, auch vom geologisch-tektonischen Standpunkt aus gerechtfertigt. Die pazifischen Vergesellschaftungen gehören dem eigentlichen Orogen an, die atlantischen dem eigentlichen Vorlande und den „Innensenken", während die mediterranen eine Zwischenstellung einnehmen. Ohne stets unmittelbar an das Orogen gebunden zu sein, halten sie sich doch in nächster Nähe desselben.

F. Erläuterungen zu den Figuren 27—44.

Da die Wiedergabe aller Provinzialdiagramme an dieser Stelle nicht möglich war, so wurde auf den folgenden 5 Tafeln eine Anzahl typischer Beispiele zusammengestellt. In den jeweils den einzelnen Provinzialtypen folgenden Aufzählungen von Beispielen wurde schon kurz auf die betreffenden Figuren verwiesen.

1. Pazifische Provinzen (Fig. 27—36).

Fig. 27 (Lassen Peak) zeigt, wie bei sehr gut untersuchten Provinzen, wo sich die einzelnen Punkte zum Teil stark häufen, mittlere Kurven gezogen werden können. Die Ordinatensumme al + fm + c + alk muß natürlich auch hier für beliebige interpolierte Werte gleich 100 sein. Die Streuung der einzelnen Punkte um die Mittelkurve kann einen wechselnden Grad aufweisen; in Fig. 27 ist sie sehr gering.

Fig. 28—32 zeigen gutbesetzte Diagramme von zur ersten Gruppe gehörigen Provinzen. In Fig. 32 wird (al—alk) schon etwas geringer, die im Text erwähnte stärkere k-Anreicheruug findet im k—mg-Diagramm ihren deutlichen Ausdruck.

Fig. 33 (Crater Lake) zeigt das Diagramm einer zur zweiten pazifischen Gruppe gehörigen Provinz mit konstant niedrigem k.

Fig. 34 und 35 zeigen sehr deutlich die dem Typus San Francisco eigene rasche Abnahme von (al—alk) mit zunehmendem si.

Fig. 36 (Little Belt Mts.) stellt ein extremes Beispiel für den Typus Yellowstone dar. Das hohe alk im Verein mit dem kleinern (al—alk) tendiert schon deutlich zum Typus Maros-Highwood hin.

2. Mediterrane Provinzen (Fig. 37–39).

Alle drei Beispiele zeigen die Charakteristika der mediterranen Provinzen und kommen dem konstruierten Typus (Fig. 24) sehr nahe. Auffällig sind insbesondere die Verhältnisse der k—mg-Diagramme verglichen mit denjenigen der pazifischen Provinzen.

3. Atlantische Provinzen.

Fig. 40 zeigt ein atlantisches Diagramm mit extrem niedrigem alk und k (miharaitisch).

In Fig. 41 ist alk im Durchschnitt etwas höher, fm etwas niedriger.

Fig. 42 ist typisch für eine Differentiation, deren anscheinende Kompliziertheit und Inhomogenität sich durch Annahme von zwei Differentiationstendenzen einfach auflösen läßt. Die eine Tendenz (Fig. 42b) entspricht sehr gut dem Typus Tahiti, die andere (Fig. 42c) ist durch hohes fm gekennzeichnet (pantelleritisch). In den der Provinz nördlich benachbarten Gebieten, auf den subantarktischen Inseln Neu Seelands, findet sich die pantelleritische Tendenz allein verwirklicht.

Fig. 43 zeigt eine Provinz mit sehr geringem oder gar negativem (al—alk).

Im kleinen Diagramm der Fig. 44 wird die Differentiation durch das Auftreten eines Gesteins mit al $\sim$ fm $\sim$ c $\sim$ alk charakterisiert (ijolithisch).

G. Bibliographie.

Da das vollständige Verzeichnis der benutzten Litteratur sehr umfangreich, ist (über 550 Nummern), so mußte von seiner ungekürzten Wiedergabe abgesehen werden.

Meine Hauptquellen waren:

H. S. Washington, Chemical Analyses of Igneous Rocks 1884—1913. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 99. 1917.

J. P. Jddings, Igneous Rocks II, New-York 1913.

Für die bis 1913 erschienene Litteratur muß auf diese beiden Werke verwiesen werden.

Sehr gute Dienste leistete mir auch:

A. Holmes, The Nomenclature of Petrology, London 1920.

Neuern Datums ist das Werk von

v. Wolff, Der Vulkanismus II, Stuttgart 1922, das die Litteratur über den Westrand des Pazifiks zusammenstellt. Die Bibliographie ist aber infolge der Kriegsverhältnisse unvollständig ausgefallen.

Für den geologischen Teil waren meine wichtigsten Quellen die französische Ausgabe des „Antlitz der Erde" („La Face de la Terre") mit der durch E. de Margerie nachgeführten Bibliographie und

E. B. Mathews, Catalogue of Published Bibliographies in Geology, Bull. Natl. Research Counc. Washington 1923.

Wertvolle Literaturzusammenstellungen enthalten auch:

F. R. C. Reed, The Geology of the British Empire, London 1921,

K. Sapper, Beiträge zur Geographie der tätigen Vulkane, Zeitschr. f. Vulk. III p. 65, 1916,

M. Stark, Petrographische Provinzen, Fortschr. d. Min. IV, p. 273, 1914, sowie die entsprech. Bände des „Handbuch der regionalen Geologie", herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens.

In der folgenden Zusammenstellung werden nur seit 1913 erschienene Arbeiten aufgeführt. Vollständigkeit wurde für solche Arbeiten angestrebt, die chemische Daten (Gesteinsanalysen) enthalten. Von den andern wurden nur die wichtigsten, mir zugänglichen erwähnt. Von den rein geologischen Abhandlungen wurden nur die allerwichtigsten aufgenommen.

A. Allgemeines.

C. E. Andrews, Structural Unity of Pacific Region: Evidence of Ore Deposits. Ec. Geol., p. 707, 1925.

R. A. Daly, Igneous Rocks and their Origin, New-York 1914.

L. Kober, Der Bau der Erde. Berlin 1921.

W. Lindgren, Mineral Deposits. New-York 1919.

P. Niggli, Petrographische Provinzen der Schweiz. Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. Zürich, 67, p. 169, 1917 (Festschrift A. Heim).

— Lehrbuch der Mineralogie, I. Aufl. Berlin 1920.

— Gesteins- und Mineralprovinzen I. Berlin 1923.

— Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Mineralogie und Petrologie. N. J. B. B. 47.

— Gesteinsassoziationen und ihre Entstehung. Verh. schweiz. naturf. Ges. Neuenburg 1920.

— Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge. Schweiz. Min. Petr. Mitt. II. 1922.

— Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weitern Sinne magmatischen Erzlagerstätten. Abh. f. prakt. Geol. u. Bergwerkslehre. I. Halle 1925.

H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre. 4. Aufl. v. A. Osann. Stuttgart 1922/23.

H. S. Washington, The Composition of the Earth's Crust. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 127. 1924.

A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig 1922.

B. Regionales.

1. Antarktis.

O. Bäckström, Petrographische Beschreibung einiger Basalte aus Patagonien, West-Antarktika und den Süd-Sandwich-Inseln. Bull. geol. Inst. Upsala. 13. 1915.

G. Bodmann, Petrograph. Studien über einige antarktische Gesteine. Anhang: Einige Tiefengesteine der südamerikanischen und antarktischen Anden, chemisch und petrographisch miteinander verglichen. Wiss. Erg. d. schwed. Süd-Polar-Exp. 1901—03. Bd. III.

E. Gourdon, La Constitution minéralogique de l'île de Jenny. C. R. Paris. t. 159 p. 369. 1914.

H. J. Jensen, Report on the Petrology of the Alcaline Rocks of Mt. Erebus, Antarktis, in: „British Antarctic Exped. 1907—09" (Shakleton) Reports on the Scientif. Invest. Geol. II. London 1916.

O. Nordenskjöld, Antarktis. Handb. d. reg. Geol. VIII. Heidelberg 1913.

G. W. Tyrrell, A Contribution to the Petrography of the South Shettland islands, the Palmer Archipelago and the Danco Land Coast, Grahamland, Antarktika. Trans. R. Soc. Edinburgh 53. I. 1921.

2. Süd-Amerika.

A. Aldag, Petrographische Untersuchungen bolivianischer Andesit- und Diabas-Gesteine und ihrer Einschlüsse. Diss. Bonn 1913.

H. G. Backlund, Der magmatische Anteil der Cordillere von Süd-Mendoza. Acta Ac. Aboensis 1923.

J. A. Douglas Geological Sections trough the Andes. Q. J. geol. Soc. 70, p. 1, 1914, 75, p. 1, 1916, 77, p. 246.

H. Keidel, Über das Alter, die Verbreitung und die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen tektonischen Strukturen in den argentinischen Gebirgen. C. R. Cong. geol. int. XII, p. 671. 1913.

B. L. Miller u. J. T. Singewald, The Mineral Deposits of South America, New-York 1919.

G. Steinmann, Über die junge Hebung der Cordillere Süd-Amerikas. Geol. Rundsch. 13, p. 1. 1922.

3. Mittel-Amerika und Mexico.

J. Friedländer u. R. A. Sonder, Über das Vulkangebiet von San Martin, Tuxtla, Mexico. Z. f. Vulk. VII, p. 162. 1923.

W. Staub und C. Lagler, Über eine erloschene vulkanische Tätigkeit in der Golfregion des nordöstlichen Mexico. Z. f. Vulk. VI. p. 103, 1921.

W. Staub, Zur Kenntnis der Anordnung der Gebirgsketten in Mexico. Geol. Rundsch. 16, p. 161. 1925.

H. S. Washington, Obsidian from Copan and Chichen Itza J. Wash. Ac. Sc. 11, p. 481. 1921.

4. Nord-Amerika.

a. Allgemeines.

E. Blackwelder, A Summary of the Orogenic Epochs in the Geologic History of North-America. J. of Geol. 22, p. 633. 1914.

V. L. Pirsson u. Textbook of Geology. II. sec. Ed. New-York. 1924.

Ch. Schuchert,

Problems of American Geology, Dana Commemorative Lectures, Yale University Press 1915.

Daraus hier besonders wichtig:

F. L. Ransome, The Tertiary Orogeny and its Problems.

W. Lindgren, The Igneous Geology of the Cordillera.

Eine Bibliographie der nordamerikanischen Litteratur von 1785–1918 enthält:

J. M. Nickles, Geologic Litterature on North-America. U. S. geol. Surv. Bull. 746/747. 1923/24.

b. Alaska.

C. W. Wright, Geology and Ore Deposits of Copper Mt. and Kasaan Penninsula. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 87. 1915.

c. Britisch Columbia und Yukon Territorium.

J. A. Allan, Geology of Field Map Area, B. C. & Alb. Geol. Surv. Canada Mem. 55. 1915.

E. M. Burwash, Pleistocene Volcanism. of Coast Range. J. of Geol. 22, p. 260. 1914.

D. D. Cairnes, Upper White River distr. Y. T. Geol. Surv. Canada Mem. 50. 1915.

Ch. C. Clapp, Geology of the Nanaimo Map Area [Vancouver]. Geol. Surv. Canada Mem. 51. 1914.

R. A. Daly, A geological Reconnaissance between Golden and Kamloops B. C along the Canadian Pacific Railway. Geol. Surv. Canada Mem. 68. 1915.
Ch. W. Drysdale, Geology and Ore Deposits of Rossland, B. C. Geol. Surv. Canada Mem. 77. 1915.
Ch. W. Drysdale, Geology of Franklin Mining Camp. B. C. Geol. Surv. Canada Mem. 56. 1915.
O. E. Le Roy, Mother Lode and Sunset Mines, Boundary distr. B. C. Geol. Surv. Canada Mem. 19. 1913.
J. D. McKenzie, Geology of Graham Isld. B. C. Geol. Surv. Canada Mem. 88. 1916.

d. Vereinigte Staaten.

Gebiet E der Rocky Mts.

W. Cross, Dike Rocks of the Apishapa quadr. Colo. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 90 C. 1914.
N. H. Darton, Deming, N. Mex. U. S. geol. Surv. Atlas Fol. 207. 1917.
N. H. Darton und S. Paige, Central Black Hills S. Dak. U. S. geol. Surv. Atl. Fol. 219. 1925.
W. T. Lee, Raton-Brilliant-Koehler. U. S. geol. Surv. Atlas Fol. 214. 1922.
S. Paige, Silver City N. Mex. U. S. geol. Surv. Atlas Fol. 199. 1916.
Meigen und Nachreiner, Analysen einiger Gesteine von Alter Pedroso und aus den Apache Mts. C. B. f. Min. Abt. A. p. 331. 1925.

Rocky Mts-System.

B. S. Butler, G. F. Loughan, V. C. Heikes etc., The Ore Deposits of Utah. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 111. 1920.
F. C. Calkins u. W. H. Emmons, Geology and Ore Deposits of the Philippsburg quadr. Mo. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 78. 1913.
— Philippsburg Mo. U. S. geol. Surv. Atl. Fol. 196. 1915.
W. H. Emmons und E. S. Larsen, Geology and Ore Deposits of the Creede distr. Colo. U. S. geol. Surv. Bull. 718. 1923.
W. Lindgren und G. F. Loughan, Geology and Ore Deposits of the Tintic Mining distr. Utah. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 107. 1919.
F. L. Ransome, Ray, Ariz. U. S. geol. Surv. Atlas. Fol. 217. 1923.
F. L. Ransome, The Copper Deposits of Ray and Miami Ariz. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 115. 1919.
H. H. Robinson, The San Franciscan Volcanic Field, Ariz. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 76. 1913.

Intermontane Belt.

H. S. Washington, Deccan Trapps and other Plateau Basalts. Bull. geol. Soc. Am. 33, p. 765. 1922.

Pazifische Cordillere.

J. S. Diller u. G. F. Kay, Riddle, Ore. U. S. geol. Surv. Atlas. Fol. 218. 1924.

5. Ostasien (Kamtschatka-Japan).

C. Bacher, Über die Laven der kleinen Idzu-Inseln. Diss. T. H. München. 1914.
J. Friedländer, Gesteine von Sakurashima. Z. f. Vulk. 4, pag. 202.
J. P. Jddings und E. W. Morley, A Contribution to the Petrography of Japan. Proc. Natl. Ac. Sc. II, p. 452. 1916.

B. Kotô, The great Eruption of Sakurashima in 1914. J. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo. 38. 1916.
S. Kôzu, Petrological Notes on the igneous Rocks of the Oki Islds. Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. Sendai 2nd ser. I, p. 26. 1913.
S. Kôzu, Riebeckit bearing Soretit-Trachyandesit and its allied glassy variety (Monchiquit) from Kozaki, Prov. Bungo, Japan, Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. Sendai 2nd ser. I. 1914.
J. Morozewicz, Komandory, Warschau 1925. (polnisch ohne fremdsprachliche Zusammenf.)
Y. Oinouye, A few interesting phenomena on the eruption of Usu. J. of Geol. XXV, pag. 258.
F. A. Perret, Sakurashima, Rapporto preliminare etc. Z. f. Vulk. I, p. 133.
S. Tsuboi, Notes on Miharaite, J. geol. Soc. Tokyo 25, p. 47. 1918.
S. Tsuboi, Volcano Oshima, Idzu. J. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo 43. 1920.
S. Tsuboi, On a Leucite Rock, Vulsinitic Vicoit, from Utsuryôtô Isld. in the Sea of Japan. J. geol. Soc. Tokyo 27, p. 91. 1920.
M. Watanabe, Geological distribution of the important Ore Deposits of Japan. Ec. Geol. 18, p. 273. 1923.
H. Yabe, Problems concerning the Geotectonics of the Japanese Islands; critical Review of various opinions expressed by various authors on Geotectonics. Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. Sendai IV, p. 75.

6. Philippinen und malayischer Archipel (incl. Golf v. Bengalen und Ob. Burma).

H. A. Brouwer, De Roeng en zijn jongste eruptie. Nat. Tijdskr. v. Need. Ind 72, p. 84. 1913.
H. A. Brouwer, Über leucitreiche bis leucitfreie Gesteine vom Gunung Beser (Ost-Java). C. B. f. Min. p. 1. 1914.
H. A. Brouwer, Sur l'éruption d'une andesite à hornblende dans l'Archipel Malais. C. R. Paris, t. 173, p. 240. 1921.
H. A. Brouwer, Geologische Onderzoekingen op de Sangi-Eilanden en op de Eilanden Ternate en Pisang. Jb. Mijnw 49. 1920. Verh. II. Ged. p. 60.
H. A. Brouwer, Über Gebirgsbildung und Vulkanismus in den Molukken. Geol. Rundsch. 8. 1917.
H. A. Brouwer, Geologische Verkenningen in de oostlijke Molukken. Verh. geol. mijnbk. Gen. Ned. en Kol. 3, p. 31. 1916.
H. A. Brouwer, Over de ouderdom der eruptivgesteenten in de Molukken. Versl. Kon. Ak. Wet. Amst. 25, p. 1004. 1917.
H. A. Brouwer, Neue Funde von Gesteinen der Alkalireihe auf Timor. C. B. f. Min. 1913, p. 570 u. 1914, p. 742.
H. A. Brouwer, Gesteenten van Oost-Nederlandsch Timor. Nederl. Timor Exp. Jb. Mijnw. 45. 1916. Verh. I.
F. Drescher, Eruptivgesteine der Insel Flores. Diss. Basel. 1921.
A. N. Georgiadès-Bey, Untersuchungen über Eruptivgesteine der Insel Halmahera im Archipel der Molukken. Diss. Zürich. 1918.
E. Gogarten, Die Vulkane der nördlichen Molukken. Z. f. Vulk. Erg. Bd. II. 1918.
F. M. Hühnerwadel, Die Eruptivgesteine von Nord-Mittel-Soembawa. Diss. Basel. 1921.
J. P. Jddings u. E. W. Morley, A Contribution to the Petrography of the Philippine Islds. Proc. Natl. Ac. Sc. II, p. 53. 1916.

— A Contribution to the Petrography of Java and Celebes. J. of Geol. 23. 1915.
— A Contribution to the Petrography of Southern Celebes. Proc. Natl. Ac. Sc. III, p. 592. 1917.
— A Contribution to the Petrography of the Isld. of Bawéan. Proc. Natl. Ac. Sc. III, p. 105. 1917.
P. Kelterborn, Einige Notizen über die Gesteine des jungvulkanischen Gebietes am Lower Chindwin, Upper Burma. Ecl. geol. helv. 19, p. 352. 1915.
H. Nocker, Beiträge zur Petrographie von Süd-Sumatra (Lampong distr.). Diss. Münster i. W. Cöln. 1919.
J. J. Pannekoek van Rheden, Geologische Notizen über die Halbinsel Sanggar, Insel Soembawa. Z. f. Vulk. IV, p. 302, 1918 mit Nachtrag.
A. Simon, Beiträge zur Petrographie der kleinen Sunda-Inseln Lombok und Wetar. Diss. Marburg. 1913.
A. Tobler, Djambi Verslag. s'Gravenhaage 1922.
A. Tobler, Über Deckenbau im Gebiet von Djambi, Sumatra. Verh. naturf. Ges. Basel. 28. 1917.
J. Wanner, Die Geologie von Mittel-Celebes nach den Forschungen Abendanons und anderer. Geol. Rundschau 10. 1919.
— Beiträge zur Geologie und Geographie von Nord-Ost-Borneo. N. J. f. Min. B. B. 45, p. 149. 1921.
— Zur Tektonik der Molukken. Geol. Rundsch. 12, p. 155. 1921.
H. S. Washington, The Lavas of Barren Island and Narcondam. Am. J. Sc. 7, p. 451. 1924.
A. Wichmann, Die Vulkane der Sangi-Inseln. Verh. K. Ak. Wet. Amst. II, sect. 22. 1921.

7. *Neu-Guinea und Bismarkarchipel.*

W. K. H. Feulleteau de Bruyn, Contribution à la Géologie de la Nouvelle Guinée, Bull. Lab. géol. Univ. Lausanne, 30. 1921.
R. Glässner, Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine des Bismarkarchipels und der Salomon-Inseln. Beitr. z. geol. Erf. d. d. Schutzgeb. 10. 1915.
J. Offermann, Beiträge zur Petrographie der Insel Neu-Pommern. Beitr. z. geol. Erf. d. d. Schutzgeb. 14. 1916.

8. *Neu-Hebriden und Fiji-Inseln.*

G. W. Card, Lava from the recent volcanic eruption on Ambryn Isld. Rec. geol. Surv. N. South Wales 9, p. 134. 1916.
W. G. Foye, Geological observations in Fiji. Proc. Am. Ac. Arts and Sc. 54, p. 142. 1918.
M. Frater, The volcanic Eruption of 1913 on Ambryn Isld. Geol. Mag. Dec. VI. 4, p. 496. 1917.
J. W. Gregory, The Ambryn Eruption of 1913—1914. Geol. Mag. Dec. VI. 4, p. 529. 1917.
A. Lacroix, La recente éruption d'Ambryn (XII. 1913) et la constitution des laves de ce volcan C. R. Paris, t. 159, p. 489. 1914.
P. Marshall, The Recent Volcanic Eruptions on Ambryn Island. Trans. N. Z. Inst. 47, p. 387. 1915.

9. *Neu-Seeland.*

J. A. Bartrum, Notes on the Geology of Great Barrier Island. N. Z. Trans. N. Z. Inst. 53, p. 115. 1921.

— The igneous Rocks of North Auckland, N. Z. Verh. geol. mijnb. Gen Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel VIII (Festschrift R. D. M. Verbeek) s'Gravenhage 1925.

W. N. Benson, Recent Advances in New-Zealand. Geology. Proc. Australas. Ass. Adv. Sc. 15. Meeting, p. 45. 1921.

— An outline of the Geology of New-Zealand. J. of Geol. 30, p. 1. 1922.

— The structural Features of the Margin of Australasia. Trans. N. Z. Inst. 54 p. 115. 1923.

Diese wichtige Abhandlung (mit Bibliographie) wurde mir erst zugänglich, als meine Arbeit in der Hauptsache schon abgeschlossen war.

P. Marshall, The Sequence of Lavas at the North Head, Otago Harbour, Dunedin, N. Z. Q. J. geol. Soc. 70, p. 382. 1914.

E. S. Moore, The active Volcanos of New-Zealand. J. of. Geol. 25, p. 593. 1917.

R. Speight, The Geology of the Banks Penninsula. Trans. N. Z. Inst. 49, p. 365. 1917.

— Note on the Andesites of White Island. Trans. N. Z. Inst. 46, p. 298. 1914.

O. Wilckens, Die Geologie von Neu-Seeland. Geol. Rundsch. VIII. 1917.

10. Innerpazifische Gebiete.

W. Cross, The Lavas of Hawaii and their relations. U. S. geol. Surv. Prof. Pap. 88. 1915.

R. A. Daly, Problems of the Pacific Islands. Am. J. Sc. 41, p. 153. 1916.

— Petrography of the Pacific Islands. Bull. geol. Soc. Am. 27, p. 325. 1916.

— The Geology of American Samoa. Publ. 340, of the Carnegie Inst. of Washington. 1924.

M. Groll, Tiefenkarte des stillen Ozeans. Z. Ges. f. Erdk. 1913.

J. P. Jddings, The Petrology of some Pacific Islands and their significance. Proc. Natl. Ac. Sc. II, p. 413. 1916.

J. P. Jddings u. E. W. Morley, A Contribution to the Petrography of the South Sea Islands. Proc. Natl. Ac. Sc. V, p. 110. 1918.

A. Lacroix, Le soi-disant granit (gabbro à Olivine) de Bora-Bora. Bull. Soc. géol. de France 1916, p. 178.

— Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'océan Indien et du Pacifique. C. R. 163, p. 177, 1916.

P. Marshall, The Geology of Tahiti. Trans. N. Z. Inst. 47, p. 361. 1914.

— Notes on the Geology of Moorea and Rurutu Islds. Trans. N. Z. Inst. 46, p. 287. 1914.

— Notes on the Geology of the Tubuai and Pitcairn Islands. Trans. N. Z. Inst. 50, p. 278. 1918.

J. A. Thomson, The Geology of western Samoa. New-Zealand Journal of Sc. u. Technol. IV. 1921.

H. S. Washington, The Chemistry of the Pacific Volcanos, the Limitations of our Knowledge. Spec. Publ. Bernice P. Bishop Mus. VII. 1921.

— Petrology of the Hawaiian Islands. I—IV. Am. J. Sc. 1923.

H. S. Washington u. Bailey Willis, San Felix and San Ambrosio: their Geology and Petrology. Bull. Soc. geol. Am. 35, p. 365. 1924.

Eine Zusammenfassung der petrographischen Verhältnisse der Gesellschaftsinseln mit etlichen neuen Analysen (z. T. an Stelle älterer, als unrichtig erkannter) gibt A. Lacroix in seiner „Minéralogie de Madagascar" III, p. 279 usw. Paris 1923.

Vorliegende Arbeit wurde im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule ausgeführt. Die Anregung dazu verdanke ich Herrn Professor P. Niggli. Während der Ausarbeitung unterstützte mich Herr Professor Niggli in reichem Maße, sowohl durch persönliche Ratschläge, wie auch durch liberalste Überlassung von Literatur und eigenen Aufzeichnungen. Ich möchte an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer auf das herzlichste danken. Zu großem Danke bin ich auch den Assistenten des Institutes, den Herren Professor L. Weber, Professor J. Jakob und Dr. R. L. Parker verpflichtet. Herrn H. Ph. Roothaan danke ich für die Überlassung einiger von ihm ausgeführter neuer Gesteinsanalysen aus dem Malayischen Archipel, die mir von großem Nutzen waren.

Zürich, Februar 1926.

Mineralogisch-petrographisches Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

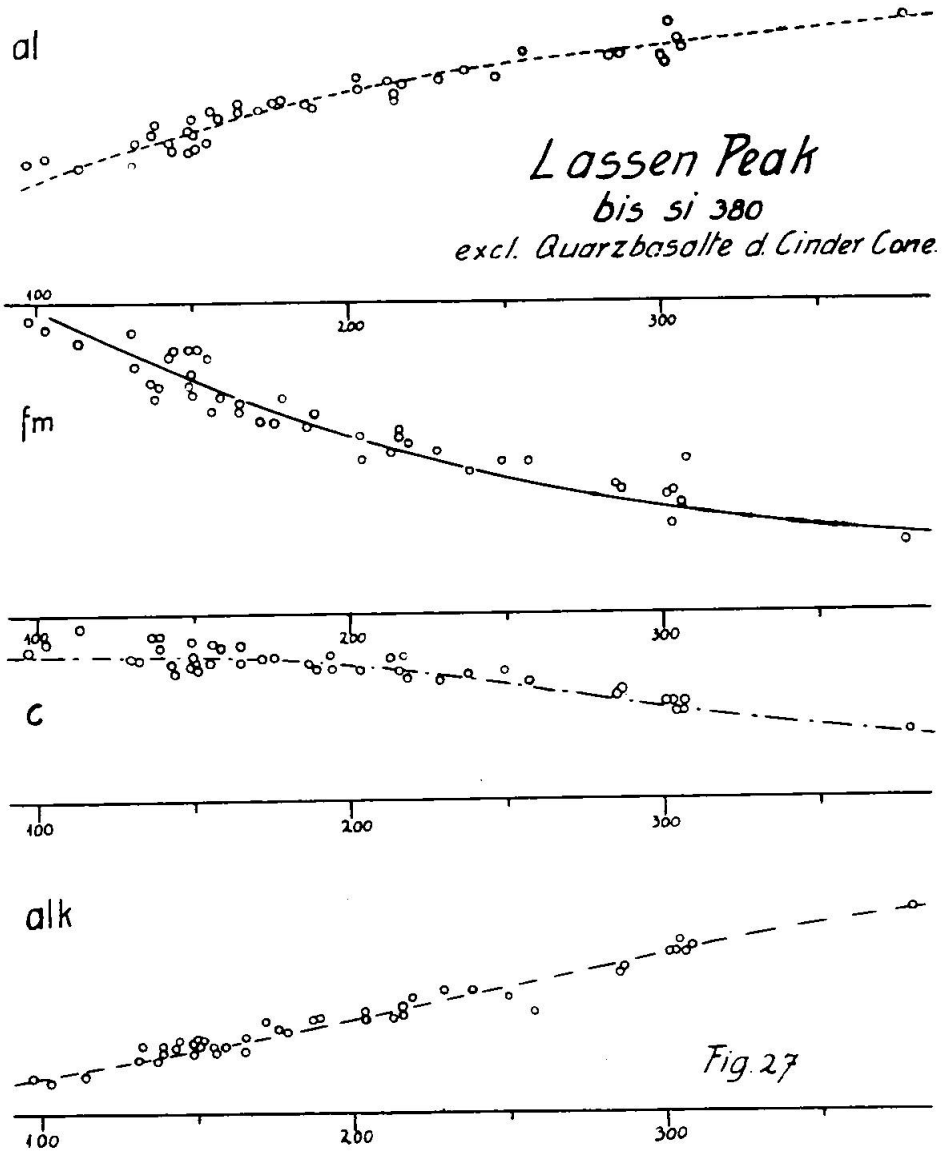


Fig. 27

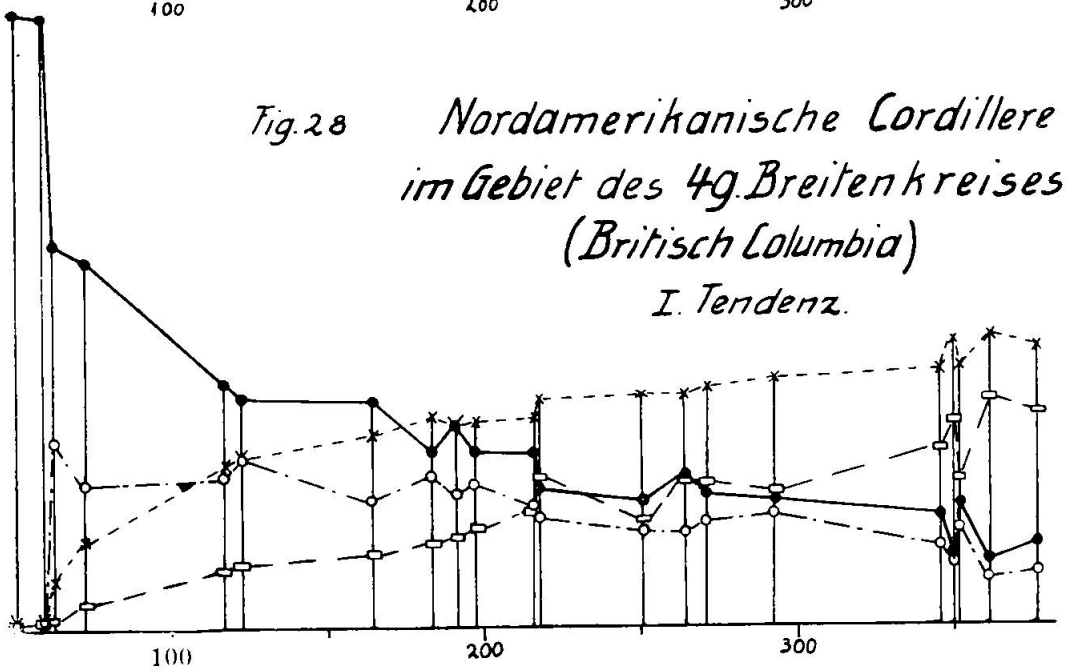


Fig. 28 Nordamerikanische Cordillere im Gebiet des 49. Breitenkreises (Britisch Columbia)

I. Tendenz.

Electric Peak (Yellowstone Park)

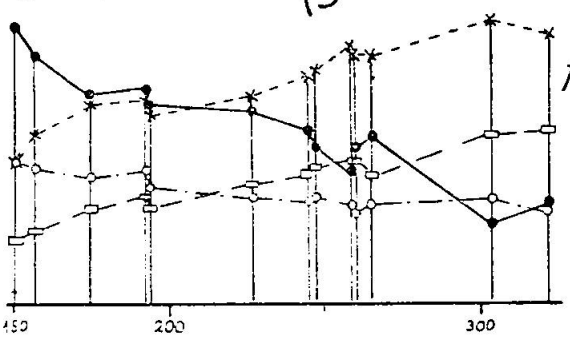
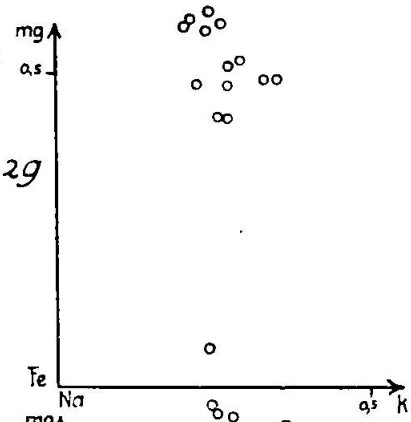


Fig. 29



Sepulchre Mts. (Yellowstone Park)

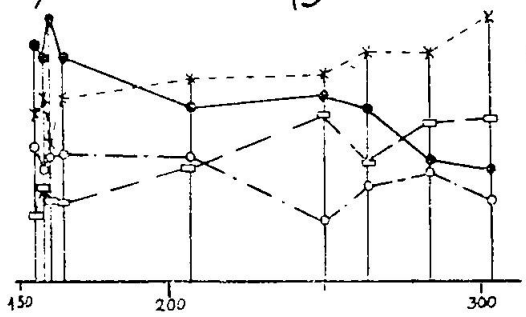
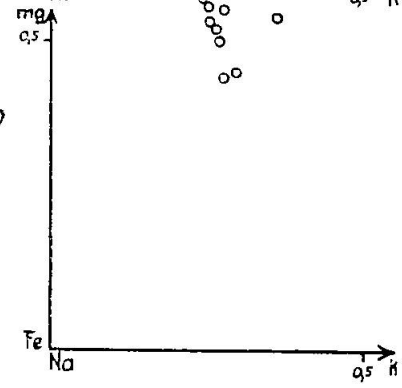
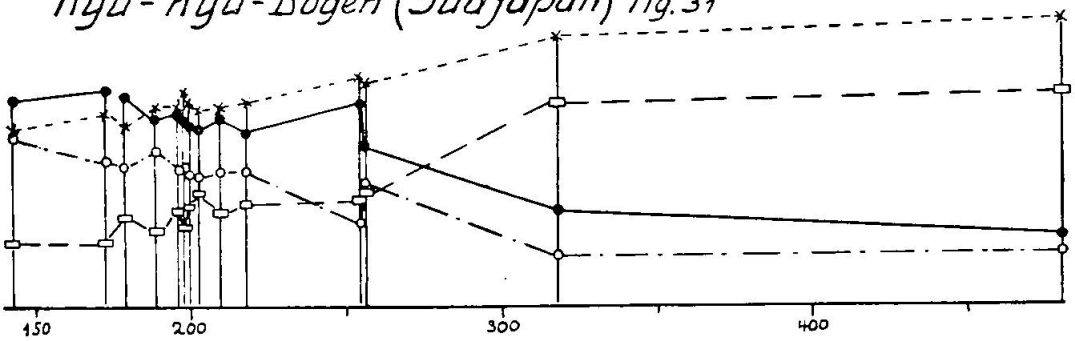


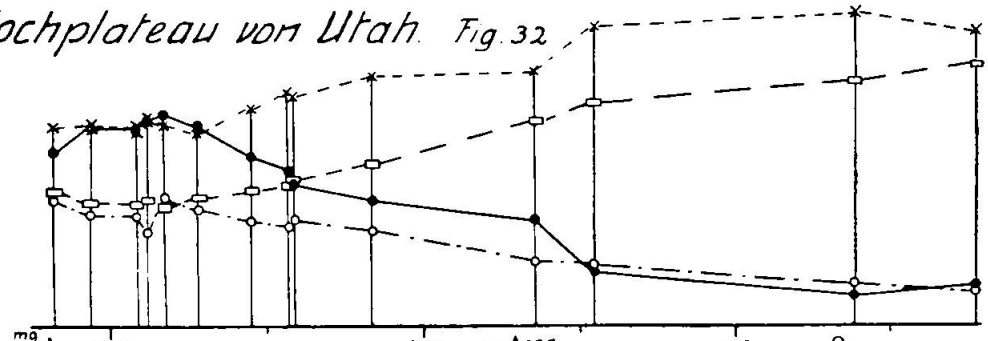
Fig. 30

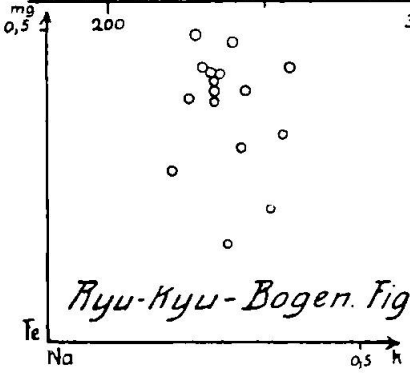


Ryu-Kyu-Bogen (Südjapan) Fig. 31

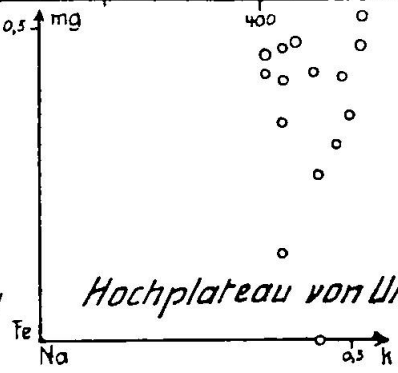


Hochplateau von Utah Fig. 32

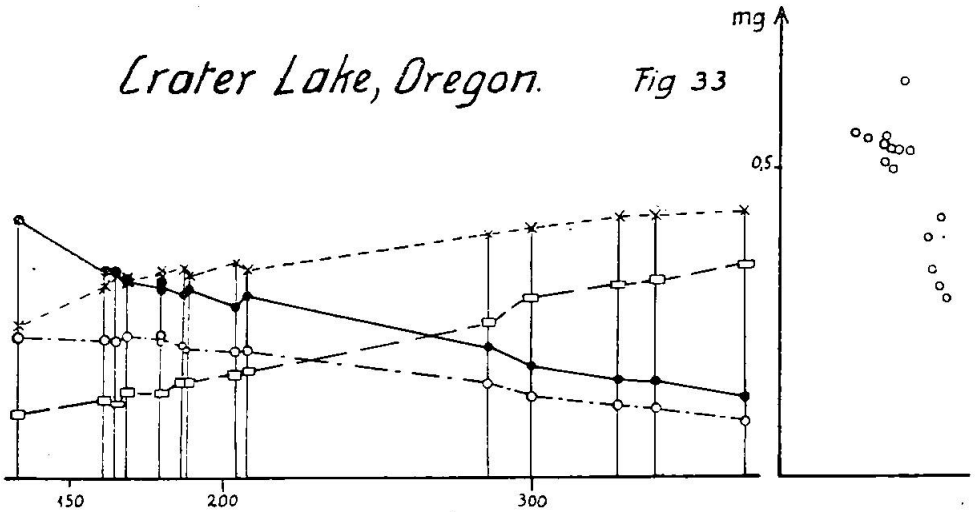


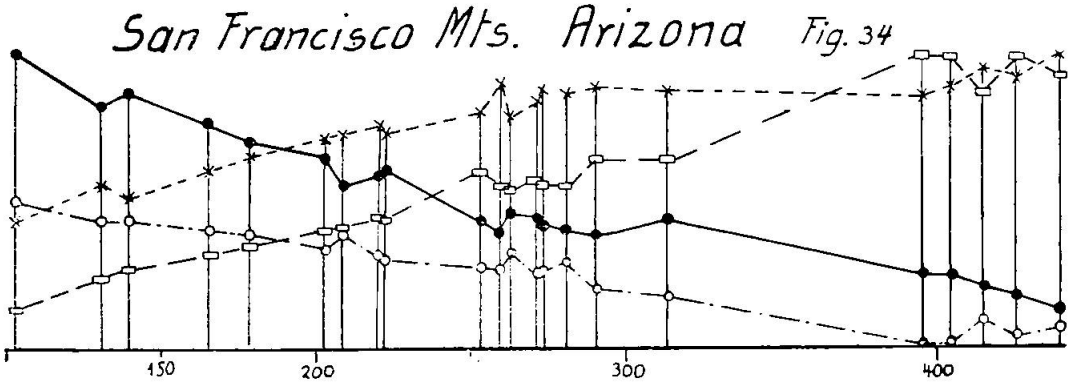


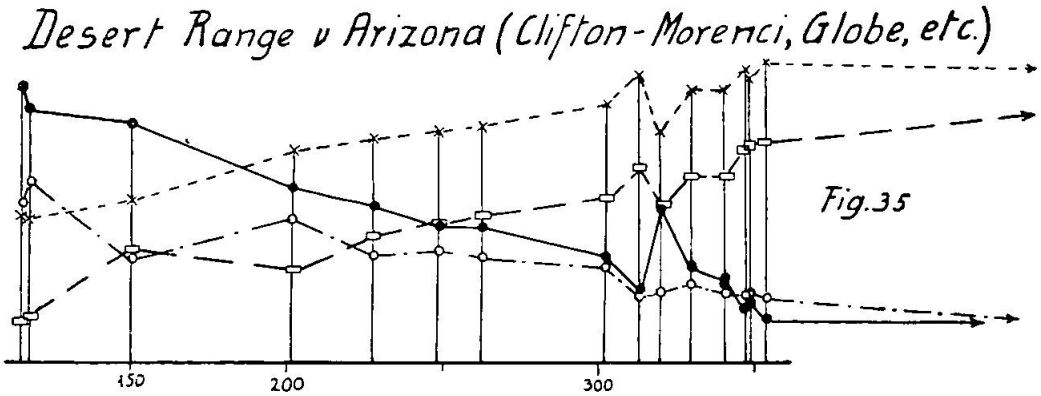
Ryu-Kyu-Bogen. Fig. 31a

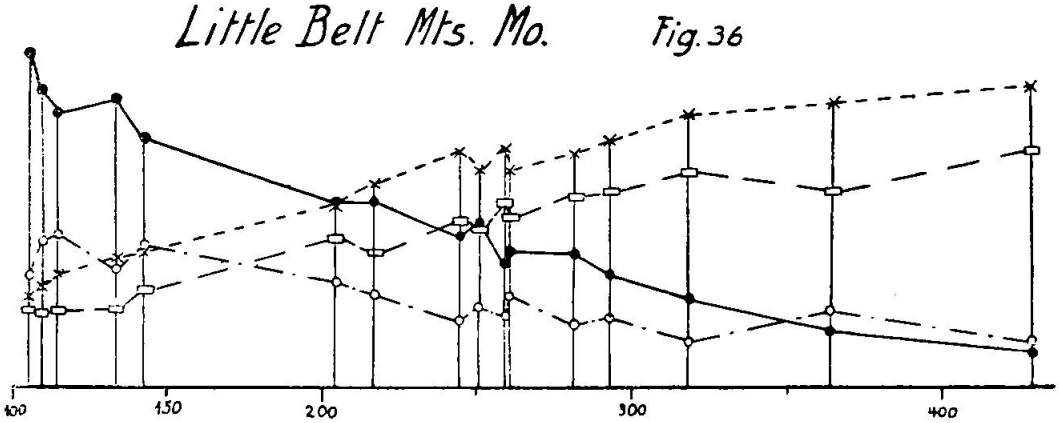


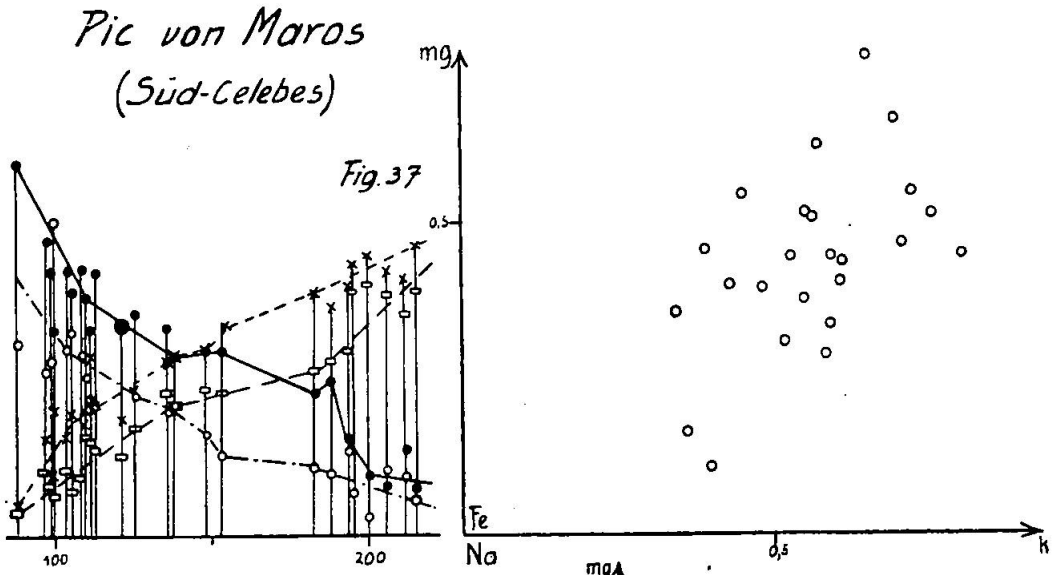
Hochplateau von Utah. Fig. 32a

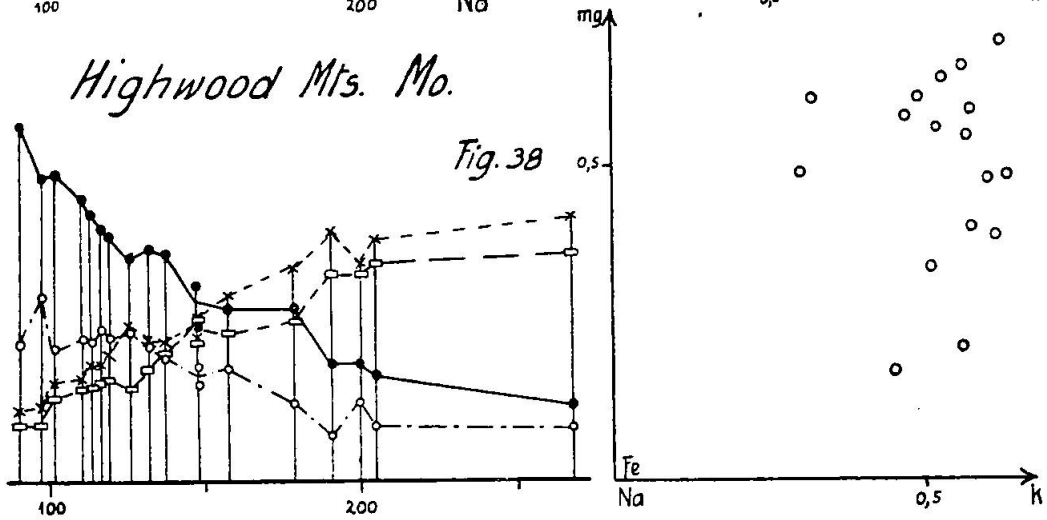

Crater Lake, Oregon.
Fig 33
mg
0,5
150
200
300

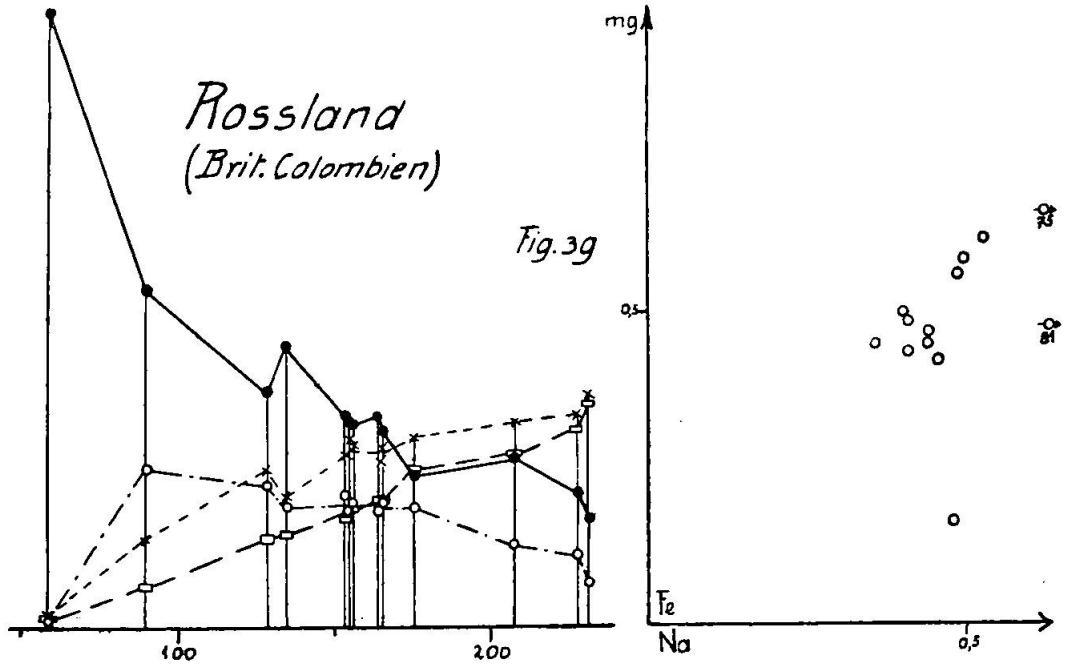

San Francisco Mts. Arizona
Fig. 34
150
200
300
400

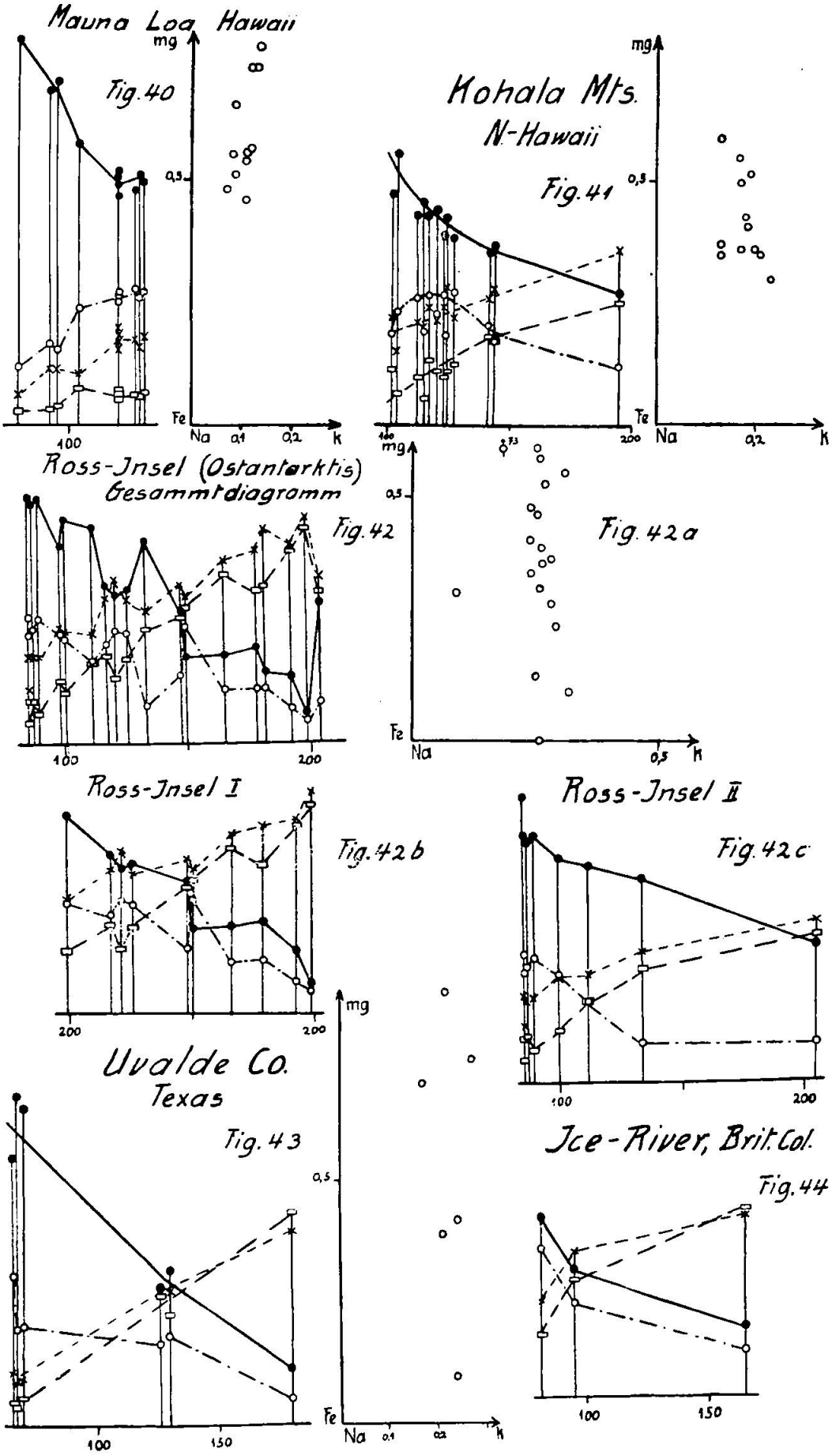

Desert Range v Arizona (Clifton-Morenci, Globe, etc.)
Fig. 35
150
200
300


Little Belt Mts. Mo.
Fig. 36
100
150
200
300
400


Pic von Maros
(Süd-Celebes)
Fig. 37
mg
0,5
100
200
Fe
Na
0,5
k


Highwood Mts. Mo.
Fig. 38
mg
0,5
100
200
Fe
Na
0,5
k


Rossland
(Brit. Colombien)
Fig. 39
mg
0,5
100
200
Fe
Na
0,5


Mauna Loa Hawaii
Fig. 40
mg
0,5
Fe
Na
0,1
0,2
k
100
Kohala Mts.
N-Hawaii
Fig. 41
mg
0,5
Fe
Na
0,2
k
100
200
Ross-Insel (Ostantarktis)
Gesammtdiagramm
Fig. 42
100
200
mg
0,5
Fig. 42a
Fe
Na
0,5
k
Ross-Insel I
Fig. 42b
200
200
Ross-Insel II
Fig. 42c
100
200
Uvalde Co.
Texas
Fig. 43
100
150
mg
0,5
Fe
Na
0,1
0,2
k
Ice-River, Brit. Col.
Fig. 44
100
150