

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie  
**Band:** 7 (1927)  
**Heft:** 2  
  
**Artikel:** Kritische Zusammenfassung unserer Kenntnisse über die Differentiationstypen postmesozoischer Vulkangebiete  
**Autor:** Burri, Conrad  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-9040>

### **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:** 22.02.2026

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

## Kritische Zusammenfassung unserer Kenntnisse über die Differentiationstypen postmesozoischer Vulkangebiete.<sup>1)</sup>

Von *Conrad Burri*, Freiburg i. Br.

### Inhalt.

	Seite
A. Einleitung, Wurzeln des Problems . . . . .	255
B. Historisches . . . . .	258
1. Die klassischen Arbeiten von Harker, Becke und Prior . . . . .	258
2. Weiterentwicklung, Einsetzen der Kritik . . . . .	262
3. Entwicklung seit 1919 (Methode von P. Niggli) . . . . .	267
C. Differentiation und tektonische Stellung . . . . .	270
1. Einleitung, Methodisches . . . . .	270
2. Übersicht über die Differentiation und tektonische Stellung der spät- mesozoisch-tertiären Provinzen mit Ausnahme der britannoarktischen Provinz und gewisser Gebiete des indischen Ozeans . . . . .	272
3. Die nordbritisch-tertiäre Provinz als Ausschnitt aus der britanno- arktischen Provinz . . . . .	276
4. Vergleich der nordbritisch-tertiären Provinz mit Provinzen des indischen Ozeans . . . . .	286

<sup>1)</sup> Vorliegende Arbeit wurde der phil. II Fakultät der Universität Zürich auf den 31. Dez. 1926 unter dem Kennwort „Vulkan“ als Beantwortung der von ihr auf diesen Termin gestellten Preisaufgabe eingereicht. Sie erhielt den Preis. Zu der eingehenden Behandlung der nordbritischen Provinz, wie sie sich in der Arbeit findet, wurde ich besonders durch einen Aufenthalt in England angeregt, während dessen ich Gelegenheit hatte mit einer ganzen Anzahl englischer Fachgenossen in persönliche Beziehungen zu treten. Ihnen möchte ich hiemit meinen besten Dank abstaten. Es sind dies besonders folgende Herren: In London: Sir John Flett, Direktor des Geological Survey, der mir eine ganze Anzahl unpublizierter Analysen von Ardnamurchan überließ, Dr. H. H. Thomas, Petrograph des Geol. Survey, mit dem ich viele interessante Diskussionen hatte, W. Campbell Smith vom British Museum (Natural History), der mir meine Studien in diesem Institute in jeder Beziehung erleichterte und der mir auch unpublizierte Analysen von Rapa und Tristan da Cunha überließ. In Cambridge: Prof. A. Harker, in dessen Institut ich die britischen, jungvulkanischen Gesteine studieren durfte und der mir auch eine typische Sammlung dieser Gesteine zum Geschenke machte, sowie Dr. C. E. Tilley, dem ich wertvolle Hinweise in Bezug auf australische Literatur verdanke.

	Seite
D. Schlußzusammenfassung und Ausblick . . . . .	296
1. Verteilung der spätmesozoisch-tertiären Provinzen . . . . .	296
2. Berechtigung der Ausdrücke „pazifisch“, „atlantisch“ und „mediterran“ . . . . .	298
3. Ausblick . . . . .	300
E. Literatur . . . . .	303

### A. Einleitung, Wurzeln des Problems.

Die meisten Zweige der Naturwissenschaften lassen in ihrer Entwicklung mehr oder weniger scharf zwei Perioden auseinanderhalten. Die erste ist gewissermaßen einer Bestandaufnahme der Forschungsobjekte gewidmet, wobei danach getrachtet wird, möglichst viele verschiedene Einzelindividuen zu entdecken, zu beschreiben und genau zu definieren. Mit dem Fortschreiten dieser Arbeit nähert sich das Inventar immer mehr der Vollständigkeit, und das Interesse wendet sich notgedrungen seltenen und schwer erreichbaren Typen oder Subtypen und Varietäten zu.

Sobald eine gewisse Vollständigkeit erreicht ist, sind die Bedingungen für die zweite Periode gegeben, indem nun daran gegangen werden kann, aufbauend auf das in der ersten Phase gesammelte Material, die Gesetze der Assoziationen, der Vergesellschaftungen von Einzelindividuen in ihrer Zusammensetzung und in ihrer Verbreitung in Raum und Zeit zu ergründen. So bildeten sich bei den biologischen Wissenschaften die Zweige der Biogeographie und Biocönologie aus, in konsequenter Weiterentwicklung einer langen, hauptsächlich der Beschreibung von Einzelindividuen gewidmeten Periode. Analoge Strömungen machten sich in der Mineralogie und Petrographie ungefähr um die Jahrhundertwende bemerkbar.

Die Einführung des Mikroskopes durch *Sorby*, *Zirkel* und *Rosenbusch* hatte der jungen Wissenschaft der Petrographie zu raschem Aufschwung verholfen, so daß die erste Periode relativ bald abgeschlossen war. Gewissermaßen die Abrechnung über das in ihr Geleistete ist in den großen Handbüchern, vor allem in *H. Rosenbuschs* „Mikroskopischer Physiographie der Mineralien und Gesteine“, niedergelegt. Aufbauend auf diesem Material suchte man nun den, die Bildung und das Auftreten der Gesteinsassoziationen (Minerallagerstätten im allgemeinen) beherrschenden Gesetzen nahezukommen. Durch Vergleich der verschiedenen Assoziationen untereinander suchte man nach analogen Erscheinungen. Dadurch, daß man analoge Assoziationen zu Typen zusammenfaßte, und dadurch, daß man diese in ihrer Umgebung, ihrem Milieu,

studierte, hoffte man den Gesetzen ihres Auftretens und den bei ihrer Bildung wirksam gewesenen Vorgängen auf die Spur zu kommen.

Ungefähr seit den Neunzigerjahren des vorigen Jahrhunderts kristallisierte immer mehr die heute wohl allgemein anerkannte Ansicht heraus, daß die einzelnen Glieder einer magmatischen Gesteinsassoziation, die ihrer Entstehung nach einem bestimmten zeitlichen und räumlichen Abschnitt angehört, durch Differentiation aus einem gemeinsamen Stammagma entstanden seien. Finden wir daher heute Vergesellschaftungen, die sich in vielen oder allen Gliedern mineralogisch und chemisch unterscheiden, so müssen die Gründe für diese Unterschiede durch verschiedenartigen Verlauf der Differentiation, durch verschiedene Differentiationstendenzen bedingt sein. Darüber, ob allen Gesteinsassoziationen überhaupt ein gleiches Stammagma zu Grunde lag, oder nicht, ist hie- mit noch nichts ausgesagt, obwohl schwerwiegende Gründe für ersteres sprechen. Wir können jedoch sehr wohl die Differentiationsverläufe innerhalb einzelner Gesteinsvergesellschaftungen, wie sie uns durch Vergleich einer Serie von chemischen Bauschanalysen der einzelnen Differentiate kundgetan werden, vergleichen, ohne auf obige Frage einzutreten. Es ist dabei ganz gut möglich, daß der Vergleich einer großen Zahl von Assoziationen uns in dieser Hinsicht neue, wertvolle Anhaltspunkte liefern wird.

Unter den Problemen, die die Differentiationstendenzen post-mesozoischer Eruptionszyklen betreffen, interessieren vor allem die Fragen, die sich an die beiden Haupttendenzen, die seit langem „Pazifisch“ und „Atlantisch“ genannt wurden, knüpfen. Diesem Problem „Pazifisch-Atlantisch“, das ja schon zu manchem Streit und Mißverständnis Anlaß gegeben hat, seien daher die folgenden Darlegungen besonders gewidmet.

Das ganze Problem „Pazifisch-Atlantisch“ hat eigentlich drei Wurzeln. Diese sind:

1. Die von *H. Rosenbusch* 1890 (Lit. 32) durch Vergleich einer Reihe von Gesteinsanalysen festgestellte Tatsache, daß man unter den Eruptivgesteinen chemisch gewisse Gruppen unterscheiden und diese somit bestimmten „Magmen“ zuordnen könne. Diese Gruppen wurden dann von *Rosenbusch* zu zwei Reihen zusammengefaßt und diese Zusammenfassung zu einem der Hauptprinzipien seiner Klassifikation gemacht. Es sind dies bekanntlich die granitodioritische und gabbroperioditische Reihe (Kalkalkaligesteine) einer-



seits und die foyaitisch-thermalithische Reihe (Alkaligesteine) anderseits. Diese Einteilung finden wir in der „Physiographie“ von der dritten Auflage an, wo sie sich zuerst findet, und in den verschiedenen aufeinanderfolgenden Auflagen der „Elemente“ immer mehr ausgeprägt. Ähnliche chemische Klassifikationsversuche aus derselben Zeit stammen von *O. E. Lang* 1891 (Lit. 21), der vier Gruppen unterschied, die durch Kali- bzw. Na- bzw. Kalk- oder Alkali-Vormacht gekennzeichnet waren. Vier chemische Hauptgruppen unterschied auch *Michel-Lévy* 1897 (Lit. 24), während *A. Loewinson-Lessing* im selben Jahre (Lit. 23) mit seinen Gruppen der alkalisch-erdigen und der alkalischen Gesteine wieder auf die Zweiteilung zurückkam. *J. P. Iddings* unterschied 1892 (Lit. 17) eine alkalische und eine subalkalische Gruppe und stand damit wesentlich auf dem gleichen Standpunkt wie *Rosenbusch*. Dadurch, daß er aber schon die regionale Verbreitung der beiden Gruppen in seine Betrachtungen einbezog, leiten seine Darlegungen eigentlich schon zu Punkt II über.

II. Die Erkenntnis, daß Eruptivgesteinsvergesellschaftungen gewisse Sondereigenschaften zukommen können, wodurch sie sich von andern mehr oder weniger unterscheiden, kurz der Begriff der „Petrographischen Provinz“, wie er hauptsächlich von *Judd* 1886 (Lit. 20) eingeführt wurde, nachdem schon etwas früher *H. Vogelsang* mit seinen „Geognostischen Bezirken“ ähnliche Gesichtspunkte vertreten hatte. *Judd* definierte, „daß es bestimmte petrographische Provinzen gibt, innerhalb welcher die während irgend einer geologischen Periode gebildeten Eruptivgesteine gewisse, wohl ausgeprägte Besonderheiten in mineralogischer Zusammensetzung und mikroskopischer Struktur aufweisen, welche es ermöglichen, diese Gesteine von andern, zu derselben Gruppe gehörigen, die gleichzeitig in andern Provinzen zur Eruption gekommen sind, zu unterscheiden.“

Während die *Judd'sche* Definition begrifflich auch heute noch zu Recht besteht, sind im Laufe der Zeit an Stelle des Ausdrucks „Petrographische Provinz“ andere Bezeichnungen vorgeschlagen worden, wie „Consanguinity“ (Blutsverwandtschaft, *Iddings* 1892), „Gauverwandtschaft“ (*Lang* 1892, Lit. 22), „Comagmatische Region“ (*Washington* 1906, Lit. 35), ohne daß es diesen Begriffen gelungen wäre, den ersten Ausdruck zu verdrängen.

III. Im Gegensatz zu Punkt I und II, welche nahe verwandt sind, entstammt Punkt III einem ganz andern Gesichtskreis. *F. von Richthofen* und später *E. Suess* hatten die Küsten der Erde

in Typen eingeteilt, wobei *Suess* deren zwei unterschied, die, nach seinen Darlegungen, den beim atlantischen, bzw. pazifischen Ozean verwirklichten Küstenformen entsprachen, und daher „Atlantisch“ und „Pazifisch“ genannt wurden. Der pazifische Typus ist bekanntlich dadurch gekennzeichnet, daß ein Faltengebirge der Küste entlang läuft, oder ihr als Inselguirlande vorgelagert ist. Beim atlantischen Typus wird die Küste durch Horste oder durch die Abbrüche alter Tafeln gebildet. Eventuelle Faltengebirge in Küstennähe werden schief geschnitten und sind viel älter als die für die heutige Gestalt des Ozeans verantwortlichen Vorgänge.

Dadurch, daß nun Provinzen, die durch — um z. B. die *Iddings*-schen Ausdrücke zu gebrauchen — alkalische oder subalkalische Gesteine charakterisiert sind, in ihrer regionalen Verbreitung den Gebieten des atlantischen bzw. pazifischen Küstentyps (*A. Harker* 1896), oder, was fast auf dasselbe herauskommt, dem Raume des atlantischen bzw. der Umgrenzung des pazifischen Ozeans (*G. T. Prior* 1903), oder den tektonischen Vorgängen, Faltung und Bruchbildung, welche für die Bildung der beiden Küstentypen verantwortlich sind (*F. Becke* 1903), zugeordnet wurden, entstand das eigentliche Problem. Durch *Harker* und *Becke* wurden dabei direkt die Namen „Atlantisch“ und „Pazifisch“ auf die entsprechenden Gesteinsassoziationen (von *Harker* zuerst „Fazies“, dann „Zweig“ (branch), von *Becke* „Sippe“ genannt) übertragen. *Prior* unterließ diesen letzten Schritt, was aber bei seiner ganzen Darstellung nur von formeller Bedeutung ist, sodaß er gleichwohl mit Recht mit *Harker* und *Becke* zusammen immer in einer Linie genannt wird.

## B. Historisches.

### 1. Die klassischen Arbeiten von Harker, Becke und Prior.

Im folgenden soll etwas mehr auf die Arbeiten der erwähnten drei Autoren eingegangen werden. Als charakteristisch dafür, daß das Problem allgemein gefühlt wurde, daß es gewissermaßen „in der Luft lag“, mag gelten, daß die Arbeiten von *Harker*, *Becke* und *Prior* innerhalb kurzer Zeit und völlig unabhängig voneinander erschienen sind.

Der erste Beitrag war, wie schon erwähnt, der von *Harker* 1896 (Lit. 12). Ausgehend von der erwähnten Einteilung der Gesteinswelt durch *J. P. Iddings* in eine „subalkalische“ und eine „alkalische“ Gruppe und in Weiterführung der von *Iddings* ge-

machten Bemerkungen über die Verteilung dieser Gruppen in U. S. A. (subbalkalische junge Gesteine im Gebiet der Cordillere, alkalische junge Gesteine im Vorland derselben, z. B. in Montana), kam *Harker* zum Schluß, daß die subbalkalischen Gesteine hauptsächlich in Gebieten des pazifischen Küstentyps im Sinne von *E. Suess*, wie er rund um den pazifischen Ozean verwirklicht ist, und die alkalische Gruppe hauptsächlich im Gebiete des atlantischen Küstentyps (verwirklicht um den atlantischen und zum Teil um den indischen Ozean, sowie in gewissen Teilen der Polarregionen) auftreten. Dabei wurde auch schon der Unterschied der tektonischen Prozesse, die für die Ausbildung der beiden Küstentypen in Betracht kommen, erwähnt. Auf diese Tatsachen gestützt, wurde vorgeschlagen, die beiden Arten von Gesteinsassoziationen als „pazifische“ bzw. „atlantische“ Facies zu bezeichnen. Für eine genauere Diskussion beschränkte sich *Harker* dann auf den spätmesozoisch-tertiären magmatischen Zyklus.

Nach den damaligen Kenntnissen wurde versucht, die Verbreitung der jungen Provinzen pazifischer und atlantischer Facies festzustellen. Später (Lit. 13, pag. 97) wurde auch eine Karte gegeben, die den Erdraum in eine „pazifische“ und „atlantische Region“ teilte. Als Sonderbeispiel wurde die Zunahme der Alkalinität mit der Entfernung vom „pazifischen Raume“ an den Verhältnissen, wie sie in den Staaten Montana und Wyoming U. S. A. zu treffen sind, näher erläutert. Die Gesteine der innerpazifischen Inselwelt rechnete *Harker* nach dem damaligen Stande der Kenntnisse (die meisten Inseln waren als „basaltisch“ bekannt) zu der pazifischen Gruppe und betrachtete die wenigen Alkaligesteine, die damals bekannt waren, gewissermaßen als Ausnahmen. Da sich mit fortschreitender Erforschung immer mehr Alkaligesteine in diesen Gebieten fanden und sich die pazifische Facies später als auf die Küstenrandgebirge beschränkt erwies (von welcher Tatsache auch ausgegangen worden war), ergab sich damit eine Korrektur der *Harker'schen* Annahmen.

Wie gezeigt werden wird, war dies der Grund zu wiederholten Angriffen, wobei von extremer Seite die Berechtigung einer derartigen Einteilung der Eruptivgesteinswelt überhaupt in Frage gestellt wurde.

Wohl der wichtigste Beitrag zur Frage, die uns hier beschäftigt, ist *F. Becke's* bekannte Arbeit (Lit. 2), die er, ohne Kenntnis von *Harker's* Ansichten zu haben, verfaßte. Eine erste Mitteilung über den Gegenstand hatte er schon in einem Vortrag

anlässlich der Tagung deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsbad 1903 gemacht (Lit. 1). *Becke* zeigte zum ersten Male den Weg zum genauen, zahlenmäßigen Vergleich von Gesteinsprovinzen auf Grund von Gesteinsanalysen und griff damit das Problem von der quantitativen Seite an. Zum Vergleich wurden bekanntermaßen die jungen Eruptivgesteine des böhmischen Mittelgebirges und der nord- und südamerikanischen Andes (nach Arbeiten von *Diller, Iddings, Küch, Turner* etc.) gewählt, wobei bemerkt wurde, daß diese Provinzen weitgehend mit der foyaitisch-thermalithischen bzw. granito-dioritischen Reihe *Rosenbusch's* zusammenfallen. Die Resultate des chemischen Vergleiches wurden dahin zusammengefaßt, daß sich die Andes-Gesteine von denen des böhmischen Mittelgebirgs unterscheiden:

I. Durch höhern Betrag des Si-Wertes. (Der Si-Wert, der der Sättigung entspricht, wird in *Becke's* Darstellungsweise auf eine Ebene projiziert, die durch A und F des *Osann's*chen Dreiecks und senkrecht zu der Ebene desselben gelegt wird.) Der Unterschied ist beträchtlicher am salischen als am femischen Ende der beiden, nach den *Osann's*chen a—f-Werten geordneten Reihen.

II. Durch den relativ größern Gehalt an Al, welcher sich bei der Berechnung nach *Osann* in einem höhern c-Wert ausdrückt. Die mineralogischen Unterschiede werden wie folgt zusammengefaßt:

Andes-Gesteine:	Mittelgebirgs-Gesteine:
Oft Quarz oder Si-reiches Glas.	Si-arme Feldspatvertreter.
Rhombische Pyroxene.	Alkalipyroxene- und Hornblenden.
Zusammensetzung der Plagioklase folgt genauer der Zusammensetzung des Gesteins.	Der Gehalt an Alkalifelsspäten reicht weiter gegen das femische Ende zu als bei den Andesgesteinen.
Die Anorthit-reichsten Einsprenglinge finden sich bei den dem femischen Ende genäherten Andesiten.	

Als Anhang findet sich dann ein ausgedehnterer Vergleich, worin der Vulkanring, der den pazifischen Ozean umgibt, dem Typus der Andes einerseits, Rhön, Hegau, Kaiserstuhl, Eifel, Auvergne und die jungeruptiven Gesteine der Inseln des Atlantischen Ozeans: Canaren, Azoren, Capverden etc. dem Typus des böhmischen Mittelgebirges anderseits zugewiesen werden. Als neue Benennungen werden für die Zusammenfassung derjenigen Eruptivgebiete, die dem böhmischen Mittelgebirge gleichen, der Name „Atlantische Sippe“, für die Vergesellschaftungen, die den amerikanischen Andes entsprechen, der Name „Pazifische Sippe“ vorgeschlagen. Dabei sollten die Gesteine der pazifischen Sippe an tangential Dis-

lokationen der Erdkruste, an Faltengebirge, solche der atlantischen Sippe an radialdislozierte Bruchgebiete gebunden sein.

Folgerungen aus der Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes der Andes- und Mittelgebirgsgesteine, die wohl etwas zu wenig begründet waren, da in den beiden verglichenen Gebieten die  $\text{SiO}_2$ -Variationsbreite eine ganz verschiedene ist, hat *F. Becke* in einer späteren Arbeit richtiggestellt (Lit. 3).

Im selben Jahre wie *Becke's* Abhandlung (und zwar während des Druckes derselben) erschien, scheinbar auch mit Unkenntnis von *Harker's* Arbeit, eine Arbeit von *G. T. Prior* (Lit. 31). Ausgehend vom Vergleich neu untersuchter ostafrikanischer Gesteine mit solchen von Pantelleria, von den Canaren, von Ascension, St. Helena, Aden und Abessinien, kommt der Verfasser zu ähnlichen Resultaten in Bezug auf die Zweiteilung der Eruptivgesteinswelt wie *Becke* und *Harker*. *Prior* findet, daß von „den vier großen vulkanischen Ketten, die sich von Norden nach Süden erstrecken, zwei, nämlich die große atlantische mit ihren europäischen Abzweigungen (wozu er Eifel, Auvergne, böhmisches Mittelgebirge, Pantelleria und die tripolitanischen Phonolithe rechnet, ferner die innern Hebriden und Island, nicht aber die ungarischen Andesite und Santorin) einerseits, und die sich im Osten Afrikas hinziehende (zu der auch Madagaskar gehört) anderseits im Gegensatz stehen zu den zwei den pazifischen Ozean im Osten und Westen begrenzenden Vulkanketten.“ Die erstern zwei sollen gekennzeichnet sein durch das Auftreten von Basalten, vergesellschaftet mit sauren alkalireichen Laven, die andern durch alkaliärmere, andesitische Gesteine. Über die Stellung der süditalienischen Gebiete läßt sich *Prior* nicht näher aus, betont nur, daß sie einem alkalireichen Typ angehören und gewisse Ähnlichkeiten mit der erwähnten alkalireichern Gruppe aufweisen. *Prior* erkannte auch schon, daß, grob gesprochen, zu beiden Seiten des Atlantischen Ozeans die Alkalinität der Laven in der Richtung gegen den Pazifik hin abnimmt. Zur alkalireichern Gruppe (auch „Basalt-Phonolith-Typ“ genannt) wählte *Prior* bereits die vulkanischen Gesteine der Kerguelen und von Südviktorialand in der Antarktis. Ferner war ihm auch nicht entgangen, daß in Neuseeland beide Sippen nebeneinander zu finden sind (die Alkaligesteine der Otago-Halbinsel einerseits und die andesitischen Vulkane der Nordinsel anderseits). Die Ausdrücke „atlantisch“ und „pazifisch“ finden sich bei *Prior* nicht direkt als Sippenbezeichnung, sie drängen sich einem aber unwillkürlich auf, als direkte Konsequenz aus der Art und Weise, wie er die Vor-

kommnisse der beiden Gruppen regional zusammenfaßt. Über Beziehungen zur Tektonik, d. h. zu verschiedenen Dislokationstypen oder Küstentypen, werden im Gegensatz zu *Becke* und *Harker* keine Angaben gemacht.

Unabhängig voneinander waren also drei Forscher, *A. Harker*, *G. T. Prior* und *F. Becke*, durch Kombination der drei eingangs erwähnten Faktoren: Der Erkenntnis der Gesteinsreihen durch *Rosenbusch*, des Begriffs der petrographischen Provinz, wie er zuerst von *Judd* entwickelt wurde, und der regional-geotektonischen Erkenntnis des atlantischen und pazifischen Küstentyps (*E. Suess*) zum prinzipiell gleichen Resultat, zur Zweiteilung der jung-eruptiven Gesteinswelt gelangt. Der dritte Faktor war dabei von den verschiedenen Autoren, wie oben erwähnt, etwas verschieden in Rechnung gestellt worden. Da man andererseits schon lange erkannt, daß die alteruptiven (prätertiären) Gesteinsprovinzen dieselbe chemische Variationsbreite aufwiesen wie die jungen (vielleicht mit Ausnahme der Anorthosite, Urtite und einiger anderer seltener Typen), so war eigentlich damit die Zweiteilung, wenn man die Bezeichnungen „Pazifisch“ und „Atlantisch“ ihres regionalen Sinnes entkleidet und sie einfach als Typenbezeichnungen für gewisse Differentiationsverläufe verwendet, wie das schon von *Becke* gemacht worden war, auch auf die prätertiären Provinzen ausdehnbar, gerade so, wie *Rosenbusch* bei seinen Reihen keine Rücksicht auf das Alter genommen hat. Der Zufall wollte es nun, daß die meisten alten „atlantischen“ Provinzen heute auch an atlantischen Küstentypen oder an das Gebiet des Atlantischen Ozeans gebunden sind, wie z. B. Kristiania, Julianehaab (unbestimmten Alters, von *Harker* infolge der großen Frischheit der Gesteine als jung angesehen), die Alkali-Provinzen im Westen von Canada und U. S. A., Cabo Frio in Brasilien, der Archipel der Los-Inseln in Afrika etc., obwohl die Herausbildung des heutigen atlantischen Küstentyps in jenen Gegenden jünger als die Entstehung dieser Provinzen ist. Dieser Umstand ist vielleicht mit daran schuld, daß in der weiteren Diskussion der Frage den zeitlichen Verhältnissen nicht immer genügend Rechnung getragen wurde, obwohl schon die Definitionen von *Judd*, *Harker* etc. das zeitliche Moment betont hatten.

## 2. Weiterentwicklung, Einsetzen der Kritik.

In der Folgezeit machte sich bald von verschiedener Seite das Bedürfnis einer Dreiteilung an Stelle der Zweiteilung geltend. Der Grund mochte einerseits darin liegen, daß wohl bei jedem Klassi-



fikationsversuch unwillkürlich zuerst zwei Extreme herausgegriffen werden, denen man möglichst viele Einzelfälle zuzuordnen sucht, bis man merkt, daß auch Mitteltypen existieren, die weder mit dem einen noch dem andern Extrem übereinstimmen. Ein anderer Grund lag in der gleich zu erwähnenden besondern Ausbildungsart gewisser Provinzen. Da der quantitative Weg, den *Becke* gezeigt hatte, nicht weiter beschritten worden war, man also darauf verzichtet hatte, eine quantitative Klassifikation der petrographischen Provinzen zu schaffen, so äußerten sich die Dreiteilungsversuche in verschiedener, zum Teil wenig definierter Weise.

*H. Dewey* und *J. S. Flett* brachten 1911 eine neue Sippe in Vorschlag, welche sie die „spilitische“ nannten (Lit. 9), wobei sie von alten ordovicischen, devonischen und carbonischen Pillow-lavas, Spiliten und submarinen Laven von Cornwall und Devonshire ausgingen. Diese Sippe sollte Pikrite, Diabase, Quarzdiabase, Hornblendediabase, Spilite, Keratophyre, sekundär albitisierte Granite etc. umfassen und sollte an in langsamer säkularer Senkung begriffene Gebiete gebunden sein. Da die Verhältnisse dieser Sippe zu wenig genau umrissen waren, und da sie, was Verbreitung anbelangt, auch nicht den gleichen Rang wie die beiden andern beanspruchen konnte, hat man sie in der Folgezeit kaum als mit den andern gleichberechtigt angesehen.

Die gleiche Schwierigkeit, die *Dewey* und *Flett* fühlten, nämlich die Zuordnung von Provinzen, bei denen vorwiegend die basischen Glieder entwickelt sind, zu gewissen Obertypen der Differentiation, empfand sicher auch *F. v. Wolff*, als er 1914 (Lit. 37) seine „arktische“ Sippe schuf und ihr die großen Plateau-Basaltgebiete, wie die arktischen (Washingtons „thulische Provinz“), das sibirische, das des Columbia und Snake River (das „oregonische“ Washingtons), der Dekkantrapp etc. zuordnete. Solange wir unter „Sippen“ Zusammenfassungen von Gesteinsvergesellschaftungen von einer gewissen, typischen Differentiationstendenz verstehen wollen, so müssen wir zum vorneherein auf die eindeutige Zuordnung von Provinzen verzichten, deren Haupteigentümlichkeit es ist, daß gar nicht, oder nur wenig differenzierte Magmen gefördert wurden. Nun hat aber die neuere Forschung gezeigt, daß mehrfach solche Provinzen bei näherer Untersuchung ihre Monotonie verlieren, indem auch intermediäre oder gar saure Glieder gefunden werden, die zeigen, daß doch Differentiationsvorgänge im Spiele waren. Erwähnt sei hier nur die trefflich untersuchte nordbritische Provinz, die hier noch näher diskutiert werden soll,

dann Island, wo zu den längst bekannten Basalten und Lipariten neuerdings von einer Expedition der Universität Glasgow auch intermediäre Gesteine gefunden wurden, ferner Jan Mayen, von wo *G. W. Tyrrell* (Lit. 45) jüngst ebenfalls intermediäre und saure Gesteine beschrieb, nachdem *Berwerth* schon 1886 einen Na-Trachyt erwähnt hatte, sowie die durch *V. M. Goldschmidt* von Spitzbergen beschriebenen Trachydolerite etc. Die oregonischen Basalte und die Dekkantrappe scheinen allerdings bis heute noch sehr einförmig zu sein, wenn auch saurere Gesteine erwähnt werden. Es ist aber zu bedenken, daß diese Gebiete nur ungenügend erforscht sind, was in noch vermehrtem Maße von den sibirischen und den arktischen Basalten, sowie von denen der südargentinischen Pampas gilt.

Der Differentiationsverlauf derartiger Provinzen wird weiter unten an den bestuntersuchten Beispielen noch eingehend diskutiert werden. Hier kann vorweggenommen werden, daß Provinzen von der in Frage stehenden Art tatsächlich gewisse Besonderheiten aufweisen, daß diese aber allem Anschein nach nicht so ausgesprochen sind, daß sie dazu berechtigen würden, die „selbständigen Basaltmagmen und ihre Spaltungsprodukte“ (*v. Wolff*) zu einer dritten, der pazifischen und atlantischen gleichberechtigten Sippe, zusammenzufassen. Nicht streng bestätigt haben sich auch die Vermutungen *v. Wolff's* über die Beziehungen seiner arktischen Sippe zur Charnockit-Anorthositreihe, die *Rosenbusch* in der IV. Auflage seiner Physiographie andeutet. Immerhin wird im zweiten Teil der Arbeit auf gewisse derartige Beziehungen aufmerksam gemacht werden.

Einen dritten Dreiteilungsvorschlag machte 1914 der Becke-Schüler *M. Stark* (Lit. 33). Er schlug vor, daß „Eruptivgebiete, die in ihrer Gesteinswelt in der Mitte zwischen den beiden Sippen gelegen sind“, „predazzisch“ genannt würden. Näher wird ausgeführt, daß „solche Gebiete, ohne einheitlichen Sippencharakter, entweder nicht extrem-differentierte Gesteine, deren Merkmale zwischen jenen beiden Sippen schwanken, oder solche Gesteine zusammen mit typisch-atlantischen oder typisch-pazifischen enthalten“. Die predazzischen Gesteine leitet *Stark* aus einem „intermediären Urmagma“ ab, während „die pazifischen Gesteine von einem pazifischen, die atlantischen von einem atlantischen Stammagma hergeleitet werden“.

Zweifelloos entspricht die Einführung eines dritten Typs einem Bedürfnis und *Stark's* Formulierung ist — abgesehen von der An-



nahme dreier Magmen, was aber für die Klassifikation petrographischer Provinzen direkt keinen Einfluß hat, — von den drei Versuchen der glücklichste.

Es wird aber jedoch weiter unten gezeigt werden, daß eine andere Methode, diejenige von *P. Niggli*, eine noch geeignetere Lösung bringt, und daß sie im Stande ist, gerade Provinzen von komplexem Charakter, die zum Teil unter die „predazzischen“ im Sinne von *Stark* fallen, in sehr klarer und eleganter Weise aufzulösen.

Auf dem in den vorliegenden Seiten geschilderten Stand angekommen, machte sich, von den erwähnten Dreiteilungsversuchen abgesehen, ein gewisser Stillstand bemerkbar. Als maßgebende, abschließende Darstellung mag die von *Harker* in seiner 1909 erschienenen „Natural history of Igneous Rocks“ (Lit. 13) oder in einem spätern Vortrag (Lit. 14) gelten.

In der Folgezeit wurde zwar wohl versucht, neuuntersuchte Provinzen einer der beiden Sippen zuzuordnen, der genaue quantitative Weg, wie in *Becke* gezeigt hatte, wurde aber eigentlich nie mehr beschritten; die Zuordnung erfolgte meist nur gefühlsmäßig. Auch der Versuch, die gesamten vorhandenen Tatsachen, oder doch wenigstens die provinziellen Eigenschaften der einer gewissen Periode angehörigen Eruptivgesteine eines größeren Gebietes, z. B. des Mittelmeergebietes, quantitativ vergleichend zu untersuchen, unterblieb. Vielfach fehlten allerdings zu solchen Vergleichen damals noch die Unterlagen.

So bildete sich ein Zustand heraus, der dadurch gekennzeichnet war, daß gewisse Schlüsse, die aus lokalen Beobachtungen, z. B. aus *Becke's* Vergleich zweier, in gar keiner Beziehung zueinander stehender Eruptivgebiete gezogen wurden, und die er zum Teil selbst wieder zurückgenommen hatte, ohne weitere Prüfung in die Zahl der Arbeitshypothesen vieler Geologen eingingen und geradezu dogmenhaftes Ansehen erlangten.

In *Niggli's* Formulierung (Lit. 28) betrifft dies besonders folgende Punkte:

1. Es soll innerhalb des Orogens emporgedrungenes Magma nur Gesteine der Kalkalkalimagmen liefern.

2. Die Magmen der Alkalireihe werden einer tiefergelegenen, spezifisch schwereren Magmenschicht zugeordnet als die der Kalkalkalireihe, ja, man identifiziert Alkalimagma (atlantisches Magma) sogar mit Sima und Kalkalkalimagma (pazifisches Magma) mit Sal.

3. Es wird behauptet, daß die magmatische Tätigkeit der Erde eine sukzessive Verdrängung aktiven Kalkalkali-Magmas durch aktives Alkalimagma erkennen lasse.

Diese Momente brachten es neben andern gleich noch zu besprechenden mit sich, daß die Sippentrennung nach dem Schema atlantisch-pazifisch, wie sie von *Harker*, *Becke* und *Prior* angeregt worden war, bei einer Reihe von Forschern in Mißkredit geriet.

Daß sich unter den Gegnern besonders auch führende Petrographen aus den Vereinigten Staaten befanden, erklärt sich zum Teil daraus, daß dort gerade damals das künstliche C. P. J. W.-System aufkam, das in seiner Tendenz, alle natürlichen Zusammenhänge auseinander zu reißen, solchem Studium nicht förderlich sein konnte.

Es wurde auch zeitweise außer Acht gelassen, daß „atlantisch“ und „pazifisch“ nicht Benennungen für gewisse Gesteine oder Gesteinsgruppen, wie z. B. Andesite oder Trachydolerite, darstellen sollten, sondern zur Charakterisierung von durch Differentiation miteinander verbundenen Gesteinsassoziationen, also von Differentiationstendenzen zu dienen haben, wie schon *Becke* bemerkte. Wenn man die ursprüngliche Definition *Becke's* nachliest, so muß man es direkt als sinnlos bezeichnen, wie darüber gestritten werden konnte, ob z. B. Trachydolerite „pazifische“ oder „atlantische“ Gesteine seien, und wie aus der Unbeantwortbarkeit dieser Frage auf die Nichtberechtigung des Sippenbegriffes geschlossen werden konnte.

Ein letztes, rein äußerliches, aber doch sehr oft gebrauchtes Argument hat seine Wurzel im rein geographischen Teil der Sippenbenennung. Auf unerklärliche Weise hatte sich für eine Anzahl von Forschern die Ansicht herausgebildet, daß nach der Meinung von *Harker*, *Becke* und *Prior* im Innern des Pazifischen Ozeans keine „atlantischen“ Vergesellschaftungen vorkommen dürften, und daß diesem Moment in der ganzen Behandlung des Problems große, wenn nicht gar entscheidende Bedeutung zukomme. Als Beispiel für derartige Einwände seien hier nur zwei Arbeiten von *W. Cross* (Lit. 6) und *J. P. Iddings* (Lit. 18) erwähnt. Für so eingestellte Forscher genügte es natürlich, daß bei fortschreitender Erforschung der innerpazifischen Inselwelt nacheinander von Tahiti (durch *A. Lacroix*), von Samoa (durch *M. Weber*), von Hawaii (durch *W. Cross*) etc. typische atlantische Assoziationen oder einzelne Na-Gesteine bekannt wurden, um die ganze Sippeneinteilung abzulehnen. Demgegenüber verdient nachdrücklich festgestellt zu wer-

den, daß *Becke* „den Vulkanring, der den Pazifischen Ozean umgibt“, seiner pazifischen Sippe zugerechnet hatte und daß *Prior* „die zwei großen pazifischen Vulkanketten (die eine von Alaska über Japan und die ostindischen Inseln nach Neuseeland, und die andere längs dem Westrand der amerikanischen Kontinente)“ in Gegensatz zur „atlantischen Kette“ stellte. Bei *Harker's* Darstellung sind die Verhältnisse nicht so klar ausgedrückt. Obwohl er den Charakter der Küsten zum Leitfaden nahm, so ordnete er doch das Innere des Pazifiks seiner „pazifischen Region“ zu, wenn auch nur mehr vermutungsweise, da damals das Material zu einer genauen Untersuchung noch absolut unzureichend war.

Infolge der geschilderten Umstände kam es in den letzten Jahren vor dem Krieg tatsächlich so weit, daß viele Petrographen, insofern sie überhaupt Stellung zum Problem nahmen, die Teilung in „atlantisch“ und „pazifisch“ ablehnten. Dieser Standpunkt kommt z. B. auch in den zwei Sammelreferaten von *Albert Michel-Lévy jr.* (Lit. 25) und *J. W. Gregory* (Lit. 11) zum Ausdruck, wobei aber nicht verschwiegen werden darf, daß gerade das letztgenannte verschiedene Mißverständnisse enthält.

### 3. Entwicklung seit 1919. (Methode von P. Niggli.)

Ein neuer Anstoß wurde durch die Arbeiten von *P. Niggli* (Lit. 26—29) gegeben, die das Problem auf breitester Basis angingen. Durch Einführung einer neuen petrochemischen Berechnungsmethode, die sich in gleicher Weise zur vergleichenden Charakterisierung von Einzelgesteinen, wie auch von Gesteinsassoziationen eignet, wurde ein Werkzeug geschaffen, das sich bis jetzt als äußerst brauchbar erwiesen hat. Bekanntlich faßt *Niggli* (alles molekular genommen) einerseits  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ev. Cr}_2\text{O}_3$ , dann das Gesamteisen als  $\text{FeO}$ , dazu  $\text{MnO} + \text{MgO}$ , ferner  $\text{CaO} + \text{ev. BaO} + \text{SrO}$  und schließlich  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{ev. Li}_2\text{O}$  zusammen, berechnet die vier Stoffgruppen zusammen auf die Summe 100 und nennt die so erhaltenen Werte *al*, *fm*, *c*, *alk*. Gemäß einer Proportion, wie z. B. Molare Menge  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{al} = \text{Molare Menge SiO}_2 : \text{si}$ , gewinnt er die Si-Zahl „*si*“, die angibt, wie viele  $\text{SiO}_2$ -Moleküle in dem betreffenden Gestein auf 100 Moleküle  $\text{al} + \text{fm} + \text{c} + \text{alk}$  kommen. Je nach Bedarf lassen sich auch auf analogem Wege Werte zur Angabe des Gehaltes an  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  u. s. w. gewinnen. Das molekulare Verhältnis

$$k = \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}}$$

gibt uns über das Verhältnis der Alkalien, das Verhältnis

$$mg = \frac{MgO}{FeO + MgO + MnO}$$

über den Mg-Anteil des „fm“ Auskunft. Durch die Werte si, al, fm, c, alk, k, mg, wozu event. ti und p kommen, ist ein Gestein chemisch definiert. Handelt es sich um die Darstellung und Charakterisierung von Gesteinsassoziationen, so werden in erster Linie die al—fm-, c- und alk-Werte als Ordinaten gegen eine si-Abszisse abgetragen. Durch Verbinden aller al- resp. fm-, c- und alk-Punkte entstehen die bekannten Differentiationsdiagramme, die durch ihren Kurvenverlauf eine Menge chemisch-mineralogischer Beziehungen der betreffenden Provinz zum Ausdruck bringen und so Handhaben zu vergleichenden Untersuchungen darbieten. Weitere typische Kennzeichen einer Provinz erhält man durch Gegenüberstellung der k- und mg-Werte in einem rechtwinkligen k.-mg-Diagramm.

Was nun die eigentliche *Niggli'sche* Systematik der Gesteine und Gesteinsassoziationen anbelangt, so bildete auch hier die Schaffung einer Anzahl distinkter, chemisch definierter Magmentypen den Ausgangspunkt. Diese wurden zu drei Gruppen oder „Reihen“ zusammengefaßt, wobei z. H. physikalisch-chemische Erwägungen maßgebend waren (s. z. B. Lit. 30). Die drei Reihen *Niggli's* sind: Die Kalkalkalireihe (Granit-Diorit-Gabbro-Reihe), die Natronreihe (Foyait-Essexit-Theralith-Reihe) und die Kalireihe (Quarzsyenit-Monzonit-Shonkinit-Reihe). Gegenüber dem früheren Gebrauch sind also die Gesteine mit Kalivormacht (z. B. Quarzsyenite, Kalisyenite, Monzonite, Shonkinite, Missouriite) aus den anderen Reihen herausgehoben und zur dritten Reihe vereinigt worden. Die drei Reihen repräsentieren gewissermaßen drei Prototypen von Differentiationsverläufen, von denen es sich zeigte, daß sie tatsächlich auch in der Natur verwirklicht waren. Am häufigsten sind Provinzen, die dem ersten Typ entsprechen oder doch nahekommen. Diese werden „pazifisch“ genannt. Auch Provinzen des zweiten Typs sind verbreitet, sie werden „atlantisch“ genannt. Der dritte Typ ist etwas weniger ausgeprägt und zeigt oft Übergangscharakter zu den beiden anderen, oder kommt als Nebentendenz neben diesen vor. Immerhin sind einige Provinzen bekannt geworden, die den Typus sehr rein zeigen, z. B. die Highwood- und Bearpaw-Mts. in Montana, U. S. A., die Pik von Maros-Provinz auf Süd-Celebes und umliegenden Inseln und besonders die süd-romanische Provinz mit dem Vesuv. Nach letzterem Vorkommen wurden Vergesellschaftungen der Kalireihe „mediterran“ genannt.

Betreff der genaueren Charakterisierung der drei Reihen muß auf die Originalveröffentlichungen von *P. Niggli* (Lit. 27—30) verwiesen werden. Wie man sieht, kommt auch *Niggli* auf das Prinzip der Dreiteilung zurück, wenn auch in ganz anderer Weise, als dies bei den oben erwähnten Versuchen von *Dewey* und *Flett, v. Wolff* und *Stark* der Fall war.

Für die folgenden Erörterungen ist also festzuhalten, daß „pazifisch“ und „atlantisch“ von jetzt an einen andern Sinn aufweisen, als ihnen von *Harker* und *Becke* seinerzeit gegeben wurde. Gemeinsam mit der alten Formulierung, wie sie von diesen beiden Autoren gegeben worden war, bleibt jedoch bestehen, daß „pazifisch“ und „atlantisch“, wie auch „mediterran“ unter Ausschaltung jeden regionalen, geographischen Momentes, einfache, prägnante Ausdrücke zur Charakterisierung gewisser, durch vergleichend-statistische Untersuchungen (worauf gleich noch zurückzukommen sein wird) als häufig nachgewiesener Prototypen der Differentiation darstellen. Dabei erinnern die Ausdrücke „pazifisch“ und „atlantisch“ und „mediterran“ daran, daß sich typische Beispiele dieser drei Tendenzen in den mit den zirkumpazifischen Kettengebirgen verknüpften Vulkanzonen, resp. auf den atlantischen Inseln (Canaren, Capverden, Madeira etc.), resp. im Mittelmeergebiet (Mittel- und Unteritalien) befinden.

Es wird dabei weder behauptet, daß sich alle Provinzen in das Dreierschema einzwängen lassen, noch daß eine gewisse Provinz nur „pazifisch“ oder „atlantisch“ oder „mediterran“ sein müsse. Im Gegenteil, es gibt „Übergangs“- und „Misch“-Provinzen und gerade diese bieten die interessantesten Probleme und zeigen die Brauchbarkeit der neuen Methode aufs beste. Unter Übergangsprövinzen sollen hier solche verstanden sein, die eine Mittelstellung zwischen zwei voneinander deutlich verschiedenen Tendenzen einnehmen. Solche Beispiele sind z. B. die Provinz der Little Belt Mts. in Montana, U. S. A., oder die toskanisch-elbanische Provinz in Italien, die beide Übergänge zwischen pazifisch und mediterran darstellen. Ein Beispiel für den Übergang atlantisch-mediterran bietet die Provinz des Cripple Creek in Colo, U. S. A., u. s. w. Mischprovinzen sind solche, wo sich verschiedene Tendenzen nebeneinander bemerkbar machen, wie z. B. im Laachersee-Gebiet, Rheinland. Andere Beispiele sind z. B. die jungen Eruptivgesteine der nordamerikanischen Cordillere in Britisch-Columbien, diejenigen

der Insel Sardinien oder der Crazy Mts., Montana, U. S. A., u. s. w.

Es wird auch nicht behauptet, daß Gesteine, die z. B. sonst vorzugsweise in pazifischen Vergesellschaftungen vorkommen, sich nicht auch vereinzelt in atlantischen oder mediterranen Provinzen finden können. Dies ist besonders am sauren oder basischen Ende, wo die drei Reihen gegeneinander konvergieren, gelegentlich der Fall. Das Auffinden eines Nephelinbasaltes z. B. in irgend einem Gebiet berechtigt noch nicht zur Zuordnung des Gebietes zu den atlantischen Provinzen, wie es etwa gelegentlich geschah. Erst die Kenntnis des ganzen Differentiationsverlaufes oder wenigstens eines charakteristischen Teils desselben läßt entscheidende Schlüsse zu. Ist diese Kenntnis nicht vorhanden, so ist die Zuordnung nur vermutungsweise möglich, oder muß bis zur Erlangung vermehrter Daten unterbleiben.

### C. Differentiation und tektonische Stellung.

#### 1. Einleitung, Methodisches.

Wie dargetan wurde, war der Hauptgrund, weshalb der Begriff der petrographischen Provinz und ganz besonders der der Sippentrennung, bei vielen Petrographen in Mißkredit geraten war, der Mangel an exakten Definitionen und die sich daraus ergebene Unsicherheit in der eindeutigen Zuordnung gewisser Provinzen, wie derjenigen, die *Stark* unter dem Namen „predazzisch“ zusammengefaßt hatte, oder die durch *v. Wolff* seiner „arktischen Sippe“ zugeordnet worden waren. Dem war nun durch die neue Methode abgeholfen. Ein anderer wesentlicher Grund hatte darin gelegen, daß bei Diskussionen über tektonische Stellung und Differentiationsverlauf immer wieder auf *Becke's* Vergleich der böhmischen Mittelgebirgs- und der Andes-Gesteine Bezug genommen werden mußte, da der in dieser Arbeit gezeigte Weg nicht weiter beschritten worden war. Der zwar an und für sich ausgezeichnete Vergleich bezog sich aber auf zwei Provinzen, die eigentlich nichts miteinander zu tun hatten und geologisch nicht miteinander verknüpft sind. Er stand auch außerdem viel zu vereinzelt da, um als Grundlage so vieler Diskussionen zu dienen. Die Weiterentwicklung, sollte sie wirklich neue Beiträge zur Lösung des Problems bringen, mußte sich daher mit dem Problem „Differentiationstendenz in Abhängigkeit von der tektonischen Stellung“ im Großen unter Heranziehung eines möglichst großen Tatsachenmaterials befassen. Dadurch erweiterte sich zugleich das ganze



Problem, sodaß die ursprüngliche Fragestellung über die Berechtigung der Einteilung „atlantisch-pazifisch“ nur noch einen kleinen Teil des ganzen Fragenkomplexes ausmacht.

Wenn hier von der Abhängigkeit petrographischer Provinzen (in regionaler Verteilung und Chemismus) von ihrer tektonischen Stellung gesprochen wird, so ist damit natürlich die Stellung zu gleichaltrigen tektonischen Einheiten gemeint. Einerseits ist es eine erwiesene Tatsache, daß die Zeiten magmatischer Ruhe, resp. Aktivität mit Zeiten tektonischer Ruhe, resp. Aktivität parallel gingen und andererseits ist nicht anzunehmen, daß durch ältere tektonische Vorgänge geschaffene Umstände auf den Differenzierungsverlauf jüngerer magmatischer Provinzen von primärem Einfluß waren.

Um die Gesetze dieser Beziehungen herauszuschälen, bieten sich offenbar zwei Wege dar. Einmal kann man versuchen, für ein bestimmtes Erdrindenstück sämtliche im Laufe der Erdgeschichte stattgehabten tektonischen Vorgänge einerseits und die Geschichte der gesamten zu den verschiedenen Zeiten sich abspielenden magmatischen Äußerungen andererseits zu erfassen. Durch Koordination der beiden Gruppen von Tatsachen muß sich dann ein Überblick über die in Frage stehenden Gesetze ergeben. Die Voraussetzungen für eine solche Betrachtungsweise sind, daß das betreffende gut untersuchte Erdrindenstück eine ereignisreiche Geschichte aufweist, wobei die einzelnen Phasen gut unterscheidbar sein müssen. Diese Umstände treffen leider selten zusammen. Am ehesten ist dies für Großbritannien der Fall und es soll daher hier besonders auf die ausgezeichneten, von derartigen Gesichtspunkten ausgehenden Darstellungen hingewiesen werden, die *A. Harker* zu verschiedenen Malen, zuletzt 1918 (Lit. 15), für dieses Gebiet gegeben hat. Diese Art der Betrachtung gibt besonders über die interessante Tatsache des wiederholten Sippenwechsels im Laufe der geologischen Zeiten Auskunft. Platzmangels halber kann hier nicht näher auf diese Art der Untersuchung eingegangen werden, obwohl sich dadurch viele wichtige Probleme, vor allem das der oft behaupteten „Eroberung pazifischen Gebietes durch die atlantische Sippe“, erläutern ließen.

Der andere Weg ist offenbar der, die mit einem bestimmten orogenetischen Zyklus von weltweiter Bedeutung im ursächlichen Zusammenhang stehenden petrographischen Provinzen in Bezug auf ihre chemischen Verhältnisse und ihre Stellung zum Orogen und zueinander zu untersuchen. Zu einer solchen Untersuchung eignet

sich am besten der spätmesozoisch-tertiäre Zyklus, der sog. mesoide. Er hat weltweite Verbreitung, ist relativ gut bekannt und die von ihm geschaffenen tektonischen Strukturen sind durch keine jüngeren gebirgsbildenden Vorgänge verwischt. Die Gesteine der mit ihnen in Verbindung stehenden Provinzen haben zum größten Teil keine Metamorphose erlitten (mit Ausnahme autopneumatolytischer Veränderungen, Propylitisationen etc.) und sind relativ gut bekannt. Alle diese Umstände machen den mesoiden Zyklus sehr geeignet, um Untersuchungen der erwähnten Art daran vorzunehmen, und machen es verständlich, daß an die älteren Zyklen erst herangegangen werden kann, wenn die in Frage stehenden Gesetze zur Hauptsache bekannt sind.

## 2. Übersicht über die Differentiation und tektonische Stellung der spätmesozoisch-tertiären Provinzen (mit Ausnahme der britanno-arktischen Provinz und gewisser Gebiete des indischen Ozeans).

Ein erster Abschnitt aus dem mesoiden Orogen, die jungmediterranen Kettengebirge, wurden von *P. Niggli* (Lit. 28), ein weiterer, die zirkumpazifischen Kettengebirge und das Gebiet des pazifischen Ozeans, durch den Verf. (Lit. 5) nach den eben erwähnten Gesichtspunkten untersucht. In diesen Untersuchungen waren die jungvulkanischen Ergüsse des alpinen Vorlandes (Böhmisches Mittelgebirge, Rhön, die Gebiete von Hessen- und Hessen-Nassau mit Vogelsberg, Westerwald etc., ferner Siebengebirge, Laacher-See, Hegau, Kaiserstuhl, Katzenbuckel und die mehr im Westen liegende jungvulkanische Provinz des französischen Zentralmassivs mit Puy de Dôme, Cantal, Mt. Dore, Velay), sowie die atlantische Provinz von Fourche Mts. und Magnet Cove Ark., U. S. A., im Vorland der Rocky Mts., und die zum Vorland der zirkumpazifischen Randketten zurechnenden jungen Ergüsse von Queensland, Viktoria New South Wales und Tasmanien nicht eingegriffen. Neues Material liegt außerdem von Christmas Island, im Vorlande des Sundabogens gelegen, wie auch aus dem Mittelmeergebiete vor. Nimmt man dazu noch das spärliche aus dem Kaukasus bekannte Material, so dürfte wohl alles, was über die in dem Gebiete des mesoiden Orogens stattgehabte magmatische Tätigkeit bekannt ist (Vorland, Rückland und „Innensenken“ im Sinne *Kobers* inbegriffen), zusammengefaßt sein. Durch Vergleich der verschiedenen Provinzen an Hand von Differentiationsdiagrammen ergab sich das Resultat, daß sich bei dem ganzen



weitschichtigen Material (zur Charakterisierung der Provinzen konnten gegen 3000 sorgfältig ausgewählte Gesteinsanalysen benutzt werden), obwohl sich im einzelnen oft stark individuelle Züge zeigten, ohne weiteres drei systematisch verwertbare Haupttypen heraushoben. Diese stimmten mit den pazifischen, atlantischen und mediterranen Differentiationstypen *Niggli's* überein. Die Abtrennung der Kalireihe (mediterrane Tendenz) zeigte sich also hier als durchaus gerechtfertigt.

In Bezug auf die tektonische Stellung ergab sich, daß die pazifischen Provinzen vorwiegend ans eigentliche Orogen gebunden sind und die atlantischen dem näheren oder weiteren Vorland (als weiteres Vorland der zirkumpazifischen Ketten wird z. B. das Innere des pazifischen Ozeans bezeichnet), sowie der „Innensenke“ *Kobers* angehören. Die mediterranen Provinzen hingegen nehmen eine Art Zwischenstellung ein. Sie finden sich vorzugsweise nahe dem Orogen im Vor- oder Rückland desselben oder im Orogen selbst oder dann vorzugsweise am Rande. Dabei kann die mediterrane Tendenz für sich allein oder als Nebentendenz in sonst wesentlich anders gearteten Provinzen auftreten. Auch Übergangsprovinzen zwischen pazifisch und mediterran finden sich gerne am Rande des Orogens lokalisiert. Eine gewisse Ausnahme in dieser Hinsicht bildet die Laacher-See-Provinz, die als atlantisch-mediterrane Mischprovinz relativ weit ins alpine Vorland vorgeschoben ist. Auch das benachbarte Siebengebirge zeigt mediterrane Einflüsse.

Aus dem obigen Verteilungsschema sieht man auch wieder die Berechtigung der Abtrennung der Kalireihe. Das Schema ist eigentlich nur eine bereinigte Fassung der alten Regel von *Harker* und *Becke*, bereinigt in der Art, daß gewisse alkalireiche Gesellschaften (die mediterranen) nun auch als mit Faltungsvorgängen vereinbar gefunden wurden. Für die atlantischen Vergesellschaftungen ist außerdem nicht mehr das Gebundensein an radiale Dislokationen (obwohl gerade das sehr oft zutreffen wird), sondern das Entferntsein von der Faltungszone Bedingung. Als einzige Ausnahmen dieser Regel fanden sich das Eläolithsyenitgebiet von Ditró in Siebenbürgen und der Jjolith-Komplex des Ice River in Britisch-Columbien, wo in beiden Fällen atlantische Provinzen mitten in der orogenen Zone zu liegen scheinen. Für Ditró ist aber das Alter des Eläolithsyenits keineswegs sicher, außerdem ist auch die Tektonik unklar. Event. handelt es sich um ein abgeschnürtes Gebiet der an sich atlantischen pannonischen Innensenke. Der Fall des

Ice River-Komplexes ist eines der sichersten Beispiele für Bildung von Natrongesteinen durch Assimilation von Kalkstein im Sinne *Dalys*. Übereinstimmend damit sind die Ice River-Gesteine auch z. T. sehr kalkreich.

Nun waren aber die Erschütterungen, die der Erdball durch die Vorgänge der mesoiden Gebirgsbildung erfuhr, so gewaltige, daß auch von den orogenetischen Zonen weit entfernte alte Tafelländer in Brüche gingen und dem Magma das Empordringen gestatteten. Dies ist besonders verständlich, wenn man sich auf den Boden der Kontinentalverschiebungstheorie stellt. Hierher sind z. B. die Vulkangebiete der ostafrikanischen Grabensysteme, von Madagaskar u. s. w. zu zählen.

Die Untersuchung dieser Provinzen ergab, daß sie zur weitaus größten Zahl der atlantischen Reihe angehören. Pazifische Differentiationen fanden sich außerhalb der jungen Faltengebirge nirgends sicher vor. Eine im Küstengebiet von Moçambique neben einer atlantischen auftretende Nebentendenz von pazifischem Charakter bedarf als ganz vereinzelte Ausnahme noch einer näheren Klärung. Für mediterrane Provinzen fand sich nur ein Beispiel, der Gaußberg-Vulkan in der Antarktis. Bekanntlich stellen die Gesteine des Gaußberges eine recht eigentümliche Gesellschaft dar, die vielen Lamprophyren chemisch viel näher verwandt ist als den allgemein verbreiteten Ergußgesteinen.

Die atlantischen Provinzen sollen hier der Übersicht halber rein geographisch in mehrere Gruppen eingeteilt werden.

I. Die Provinz des mittleren Atlantischen Ozeans mit den Inseln der Canaren, Cap Verden, Azoren, São Thomé und Fernando Po, Ascension und St. Helena, wobei allerdings der Stand der Erforschung für die einzelnen Inseln noch ein etwas ungleichmäßiger ist. Auf dem sehr gut untersuchten Madeira ist die im übrigen typisch atlantische Differentiation dadurch gekennzeichnet, daß auch für  $si > 200$  noch eine Differenz (al—alk) von 8—9 Einheiten besteht. Eine ähnliche Tendenz findet sich als Nebentendenz im Gebiete des Mt. Dore und Cantal. Auch die vulkanischen Inseln der Tristan da Cunha-Gruppe gehören hierher, wenn auch die Provinz etwas schwächer atlantisch sein dürfte (nach freundlicher Mitteilung von Herrn W. Campbell Smith in London). Als nördlichste Ausläufer dieser Provinz sind Wolf Rock bei Cap Landsend (Cornwall) und die kleine Insel Rockall aufzufassen. Die Gesteine der letzteren sind jüngst von *A. Lacroix* untersucht worden und gehören einem eigenartigen, äußerst Na- und Fe-reichen Typus an.

Nach Süden hängt die Provinz über van Gough's Island mit den subantarktischen Vulkaninseln Kerguelen, Crozet und Marion, Amsterdam und St. Paul, Heard etc. zusammen, die ihrerseits den Zusammenhang mit der Antarktis und mit Madagaskar darstellen.

II. Madagaskar seinerseits kann mit der großen ostafrikanischen Gruppe zusammengefaßt werden. Diese umfaßt außerdem Mt. Jombo bei Zanzibar, die Vulkane im Gebiete der großen Gräben, wie Kilimandjaro, Kenya (beide pantelleritisch), die Provinz am Nordende des Nyassa-Sees und diejenige am Kivu-See. Letztere scheint von ähnlich komplexem Charakter zu sein wie die Laacher-See-Provinz, worauf u. a. das z. T. recht hohe K-Verhältnis hinweist. Da uns bis jetzt nur wenige intermediäre und saure Glieder bekannt sind, so läßt sich über den Verlauf der einzelnen Tendenzen noch nichts aussagen. Mehr im Nordosten liegen die jungvulkanischen Gebiete von Eritrea und Dancala, von Abessinien, französisch Somaliland und Aden, in denen pantelleritische Differentiation sehr verbreitet ist. Aus Ägypten östlich des Nil kennt man die Natrongesteine des Djebel Abu Krugh. Im Innern Afrikas scheinen jungvulkanische Provinzen von atlantischem Charakter größere Verbreitung zu besitzen. Im Gebiete von Tibesti finden wir z. B. eine pantelleritische neben einer schwach atlantischen Serie. Von vielen anderen atlantischen Gebieten aus dem Innern Afrikas sind leider nur einzelne Gesteine analysiert, wie z. B. aus Kordofan, von anderen wiederum ist das genaue Alter nicht bekannt, was gerade in Afrika von Bedeutung ist, da in diesem Kontinent auch alte atlantische Provinzen bekannt sind.

Anhangsweise mag hier Südwestafrika erwähnt werden, wo jüngst atlantische Vergesellschaftungen aus der südlichen Namib-Wüste durch *E. Kaiser* bekannt geworden sind. Obwohl Assimilationen eine große Rolle spielen, sind die Verhältnisse doch relativ einfach, indem eine ijolithische Tendenz und eine zweite mit hohem fm unterschieden werden können. Nicht unähnlich der erwähnten ijolithischen Tendenz sind die Verhältnisse des Vulkanes Etinde in Kamerun, soweit sie bekannt sind. Eigentümlicherweise scheint der Etinde-Vulkan keine Verwandtschaft zu den nahegelegenen Inseln São Thomé und Fernando Po im Golf von Kamerun zu zeigen.

Diese kurze Zusammenstellung konnte nur summarisch auf die wichtigsten Zusammenhänge hinweisen. Ein eingehender Vergleich der einzelnen Provinzen, unterstützt durch Analysentabellen, Differentiationsdiagramme und Kartenskizzen, kann erst in einer

in Aussicht genommenen größeren Publikation erfolgen, wo auch die Literatur vollständig zusammengestellt werden soll.

In obiger Übersicht ist besonders ein großes und z. T. wohl bekanntes jungvulkanisches Gebiet unerwähnt geblieben, die britanno-arktische Provinz. Da diese Provinz, auf die übrigens der Ausdruck „petrographische Provinz“ zum ersten Male Anwendung fand, ganz besondere Züge aufweist, und da sich an ihr eine Reihe von für die Diskussion petrographischer Provinzen prinzipiell wichtiger Umstände näher erläutern lassen, so soll im Folgenden etwas näher auf diese und ähnlich geartete Provinzen eingegangen werden.

### 3. Die nordbritisch-tertiäre Provinz als Ausschnitt aus der britanno-arktischen Provinz.

Gleich dem übrigen Europa zeigte auch England während des Mesozoikums keine ausgeprägten tektonischen oder magmatischen Störungen, dafür war das Tertiär eine Periode starker eruptiver Tätigkeit. Die tertiäre Alpenfaltung erstreckte sich zwar in ihren nördlichsten Ausläufern wohl bis Südengland, doch scheint kein Empordringen von Magmen damit in Verbindung gestanden zu haben. Nach *Marcel Bertrand* sind es Einbrüche großer Landmassen im nordatlantischen Gebiete, welche das ozeanische Becken vergrößerten und vertieften, die für die intensive magmatische Tätigkeit, die vom Tertiär z. T. bis heute (Island) andauert, verantwortlich zu machen sind. Vom Standpunkte der Kontinentalverschiebungstheorie aus betrachtet, handelt es sich um Magma-massen, die aus im Rückland der wandernden Kontinentalblöcke gebildeten Zerrungsspalten aufgedrungen sein sollen.

Die vulkanische Periode begann im Eocän damit, daß gewaltige Mengen basaltischer Lava aus unzähligen Spalten ausflossen. Ein zusammenhängendes großes Lavafeld mag sich von Irland bis weit in die arktischen Gegenden erstreckt haben. Die nordbritische Provinz ist also nur ein Ausschnitt aus der viel ausgedehnteren britanno-arktischen Provinz *Judds* (Lit. 20). Da sie mit Ausnahme von Irland ausgezeichnet untersucht ist, und zudem mehr Variation zu zeigen scheint, als die arktischen Gebiete, so sollen sich die folgenden Darlegungen vorerst auf sie allein beschränken. Ihre Erforschung ist in der Hauptsache mit den Namen *Judd*, *A. Geikie* und *A. Harker* verbunden, wozu in neuester Zeit noch die ausgezeichnete, von der geologischen Landesanstalt herausgegebene Monographie über Mull kommt (Lit. 38) (Petro-

graphie von *E. B. Bailey* und *H. H. Thomas*). Den Werken dieser Autoren, insbesondere der drei letzteren, sind die folgenden Darstellungen im wesentlichen entnommen.

Die Provinz umfaßt West- und Südschottland, sowie Nordirland und erstreckt sich südwärts bis nach Anglesey und Yorkshire. Der Hauptschauplatz der magmatischen Tätigkeit war jedoch das eingebrochene Gebiet zwischen dem schottischen Festland und dem archaischen Massiv der äußeren Inseln. Hier liegen, nahe beisammen, in Nord-Südanordnung, die Eruptivzentren von Skye, Rum, Ardnamurchan, Mull. Auf dieses Gebiet beziehen sich die folgenden Darlegungen ganz besonders. Weiter südlich in Irland liegt das Basaltplateau von Antrim und die plutonischen Zentren der Mourne Mts. und von Carlingford, während Arran und Ailsa nur wenig im Osten liegen. Ein einzelner Zeuge dafür, daß sich die Provinz auch weit nach Westen erstreckt, ist die Insel St. Kilda, 50 Meilen westlich der äußeren Hebriden. Ähnliche Anhaltspunkte lieferten Dredgezüge im Gebiet der Procupine Bank, 150 Meilen westlich Irland. Die phonolithische Klippe von Wolf Rock bei Cap Landsend und der Felsen von Rockall sind wohl eher als nördlichste Ausläufer der mittelatlantischen Provinz (Canaren, Madeira, Cap Verden etc.) aufzufassen, wie schon erwähnt wurde.

Die nordbritische Provinz ist hauptsächlich charakterisiert durch basische Gesteinstypen, die zuerst als mächtige Lavamassen aus zahlreichen Spalten flossen. Später folgte die Bildung unzähliger, gerade für diese Gebiete so typischer Lagergänge (sills) und schließlich entstand eine Masse von Gängen (dykes). Das System dieser jüngeren Gänge (jung im Gegensatz zu den Gängen, welche die Zufuhrkanäle der eben erwähnten Lavamassen und sills bildeten) zeigt über große Gebiete von England und Schottland ein einförmiges Nordwest-Südost-Streichen, bei weitgehendster Unabhängigkeit von der Struktur des Untergrundes.

Die Gesteine sind zum größten Teil basisch, zum Teil mit leicht alkalischen Anklängen. Daneben finden sich aber auch saure Typen und eine alkalische Serie, die Trachyte u. s. w. umfaßt.

Zu den erwähnten, über die ganze Provinz verbreiteten Bruchbildungen mit vertikalen Krustenbewegungen treten nun noch, an einigen Punkten lokalisiert, solche ganz anderer Art. Sie sind ohne Zweifel mit Streßeinwirkungen in Verbindung zu bringen und wirkten sich in der Bildung eigenartiger ringförmiger Verwerfungen und Faltenzüge aus. Das Auftreten von derartigen Er-

scheinungen in einem typischen Einbruchgebiet, weit ab von jedem gleichaltrigen Faltengebirge, ist etwas schwierig zu erklären. *R. A. Daly* möchte sie deshalb neuerdings (*Proc. Am. Philosoph. Soc.* 64, 1925, pag. 296, Anm.) in Analogie mit auf St. Helena beobachteten Erscheinungen, durch zentrifugales Abrutschen bereits verfestigter Lavapartien, verursacht durch erneute Injektion des Lavadomes, erklären. Diese abrutschenden Partien sollten die umliegenden Schichten in ringförmige Falten gelegt haben.

Mit diesen Störungen in Verbindung stehen lakkolithische Intrusionen, die von basisch zu sauer variieren und auch ihre eigenen Gangsysteme entwickelt haben. Die Hauptzentren dieser Vorgänge sind die Cuillin Hills auf Skye, sowie Rum, Ardnarmurchan und ganz besonders Mull, wo die Vorgänge jüngst in der erwähnten Monographie eine ausgezeichnete Darstellung gefunden haben. Für das Nähere über die interessanten Intrusionsformen (Ring dykes, Cone sheets) muß auf dieses Werk und auf die entsprechenden Blätter der geologischen Karte von Schottland verwiesen werden.

*Harker* legt nun großes Gewicht darauf, daß die Intrusionen in der Nähe der erwähnten Störungszentren ausgesprochenen Kalkalkalicharakter zeigen. Es sind Peridotite, Allivalite, Eucrite, Gabbros, Norite, Augithornblendegranite und Biotitgranite (ein Syenit in Süd-Mull bildet eine Ausnahme). Wie man sich von den Zentren des lokalen Stresses entfernt, nehmen die Intrusionen alkalischen Charakter an, wie im Norden durch den Riebeckitgranit von Raasay, im Süden durch den Mikroperthitgranit von Arran und den bekannten Paisanit von Ailsa Craig gezeigt wird. Ein ähnliches Gesetz scheint auch für die vulkanischen Gesteine zu gelten, indem sie z. B. in Zentral-Skye weniger alkalisch zu sein scheinen als im Nord-Skye. Ähnliche Resultate liefert ein Vergleich der doleritischen Gänge des dem lokalen Streß unterworfenen Gebietes mit den Crinaniten (Analcimdoleriten) von Süd-Arran und den Ägirin- und Riebeckit-führenden Typen von Holy Isle oder mit solchen nördlich gelegener Lokalitäten.

Die vorliegenden, mit Absicht etwas ausführlich gehaltenen Darlegungen lassen erkennen, daß wir es hier mit einer ziemlich komplexen Provinz zu tun haben, deren Diskussion als Ganzes früher erhebliche Schwierigkeiten verursachte, was sich u. a. auch darin ausdrückte, daß sie das eine Mal zu den „atlantischen“, das andere Mal zu den „pazifischen“ Vergesellschaftungen (im alten Sinne) gestellt wurde.



Im Folgenden soll nun gezeigt werden, wie sich auf Grund der Methode *Niggli's* die wesentlichen Verhältnisse einfach und übersichtlich ergeben und daß auch der Grund der Schwierigkeiten in der Zuordnung zu einer bestimmten Differentiationstendenz sich klar heraushebt. Dabei ist zu bemerken, daß die extrem-alkalischen Typen, z. B. die erwähnten Riebeckit- und Ägirin-führenden Ge-

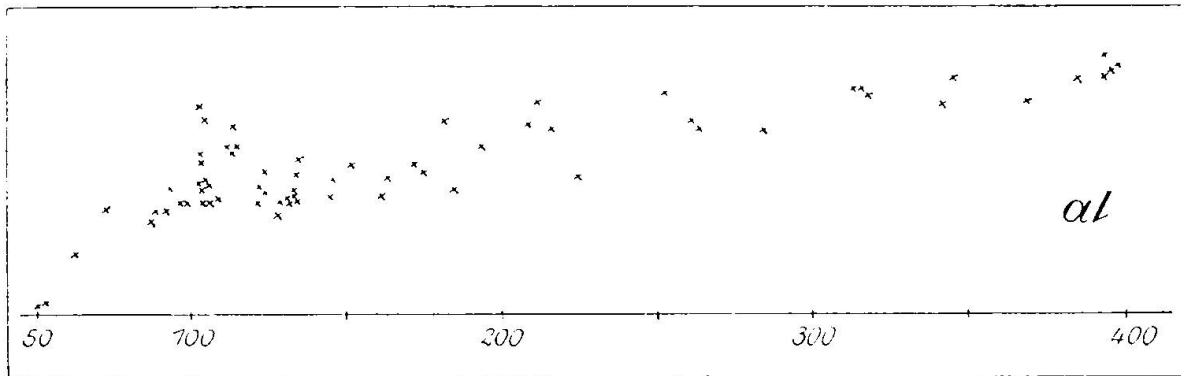


Fig. 1 a.

steine leider nicht analysiert sind. Die anderen Gesteinstypen sind chemisch eingehend untersucht. Die verfügbaren über 60 ausgezeichneten Analysen entstammen bis auf vereinzelte Ausnahmen alle dem Laboratorium der geologischen Landesanstalt von England und Schottland und sind in Tab. 1 A—D zusammengestellt.

Fig. 1 a—d zeigt die Werte *alk*, *fm*, *c* und *alk* in bekannter Weise gegen *si* abgetragen. Wie man sieht, heben sich deutlich,

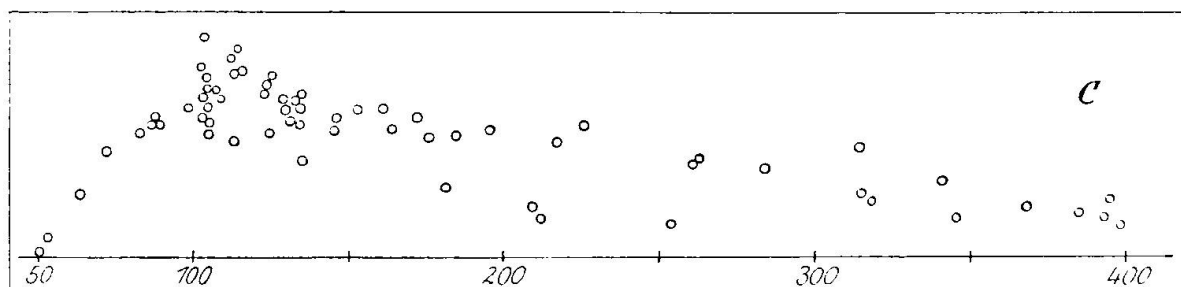


Fig. 1 b.

besonders im Bild der *alk*-Punkte, zwei Haupt-Tendenzen heraus, eine mit hohem, eine mit niederem *alk*. In den Gebieten um  $si = 160$  und  $si = 400$  verlaufen sie ineinander. Eine dritte, weniger entwickelte Tendenz vermittelt den Übergang. Trennt man die durch ihr sehr niedriges *alk* gekennzeichneten Analysen mit  $si \leq 115$  für sich ab, so erhält man im ganzen drei Differentiationsserien, die fast genau dem entsprechen, was *E. B. Bailey* und *H. H. Thomas* im Mull-Memoir (Lit. 38) „normale Mull-Magma-Serie“, „Alkali-

„Magmaserie“ und „Allivalit-Eucrit-Magmaserie“ genannt haben. Nach diesen Gesichtspunkten ist auch die Analysentabelle eingeteilt, wobei zur Allivalit-Eucritserie auch noch die in ihrer basischen Fortsetzung gelegenen Harrisite und Peridotite von Rum gerechnet wurden.

Die Diagramme der drei Serien sind in Fig. 2—4 zur Darstellung gebracht. Die römischen Zahlen I—IV in Fig. 2 ent-

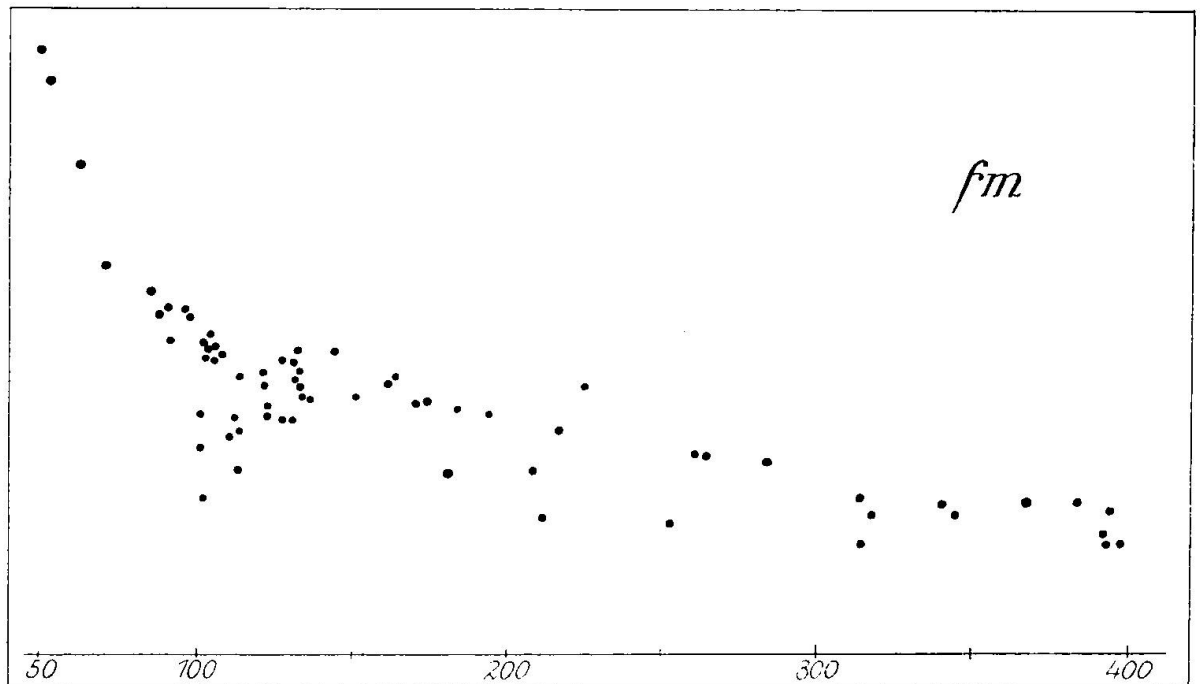


Fig. 1 c.

sprechen der Untereinteilung der normalen Mull-Magmaserie durch *Bailey* und *Thomas* in folgende Typen:

#### I. Plateau-Magma-Typ.

Diesem Typ gehören die Hauptmassen der Plateau-Laven, dazu viele Intrusionen an. Die Gesteine variieren von basaltisch zu doleritisch und führen Olivin, purpurfarbenen Augit, zonaren basischen Plagioklas, Erz und oft Natrolith oder Analcim. Die letzteren zwei Mineralien finden sich auch in Gesteinen mit völlig unzersetztem Olivin und werden neuerdings als primär angesehen. Analcimführende Typen wurden von *J. S. Flett* Crinanit genannt.

#### II. Nichtporphyritischer Zentralmagma-Typ.

Diesem Typ angehörige Gesteine bilden u. a. die berühmten Säulenbasalte von Staffa. Mineralbestand: Augit, Plagioklas, Magnetit, dazu als Restausscheidung Quarz und Alkalifeldspat.



### III. Intermediärer bis subacider Magma-Typ.

Diesem Magma gehören glasige Andesite, Pechsteine und Augitdiorite an. Andesitvarietäten sind: Caignurit, Inninmorit und Ledleit. Der Mineralbestand umfaßt Augit, Plagioklas und Magnetit mit Glas oder Alkalifeldspaten und Quarz.

### IV. Saurer Magma-Typ.

Hierher gehörige Gesteine variieren von vollständig glasiger bis zu grob granophyrischer Struktur und sind als Rhyolithe, Felsite und Granophyre ausgebildet. Die Hauptminerale sind Quarz und Alkalifeldspat, dazu sehr untergeordnet Biotit, Hornblende, Ägirinaugit, brauner Augit, oft zusammen mit Enstatit-augit etc. Die Tendenz zu granophyrischer Struktur ist immer sehr stark entwickelt.

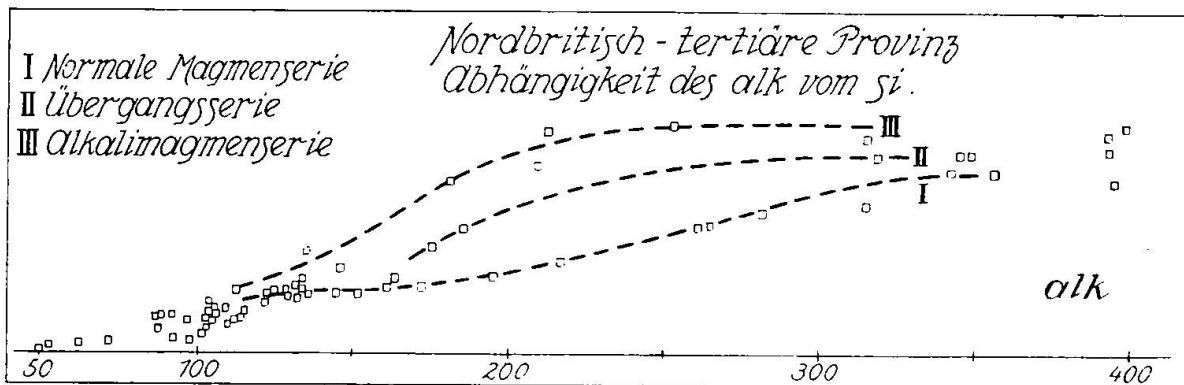


Fig. 1 d.

Die Allivalit-Eucrit-Magmaserie umfaßt intrusive Peridotite, Harrisite (Anorthitperidotit), Allivalite (desgleichen mit mehr Plagioklas), Eucrite und Olivengabbros, sowie Basalte des „porphyritischen Zentraltyps“. Der Mineralbestand setzt sich zusammen aus basischem Plagioklas, Augit und Erz, gelegentlich auch Olivin. Charakteristisch ist für die Gesteine des „porphyritischen Zentraltyps“ die frühe Ausscheidung des Plagioklases. Diese Gesteine könnten event. als Zeugen der von F. v. Wolff vermuteten Beziehungen zwischen der „arktischen Sippe“ und der Anorthosit-Charnokitserie angesehen werden.

Zu den Gesteinen der Alkalimagmaserie gehören die Muegarite, die bei trachytischer Struktur aus Oligoklas, Olivin, Augit, Magnetit und okkultem Orthoklas bestehen, ferner Natrontrachyte, Natronsyenite und Bostonite. Die Hauptkomponenten sind Alkalifeldspäte, die in den leider nicht analysierten Bostoniten das ganze Gestein aufbauen. An femischen Gemengteilen finden sich Ägirin-

augit, Ägirin, sowie arfvedsonitische, riebeckitische und barkevikitische Amphibole, einmal auch Biotit mit Ägirinaugit zusammen.

Das Differentiationsdiagramm des normalen Mullmagmas weist sehr interessante Züge auf. Sein Hauptcharakter ist auf den ersten Blick entschieden pazifisch, jedoch stimmt es mit keinem der pazifischen Differentiationstypen, die vom Verf. (Lit. 5) für das Gebiet der Umrandung des pazifischen Ozeans unterschieden wurden, überein. Ebensowenig findet sich ein Analogon im Innern des Pazifiks oder im Gebiete des jungmediterranen Orogens. Es

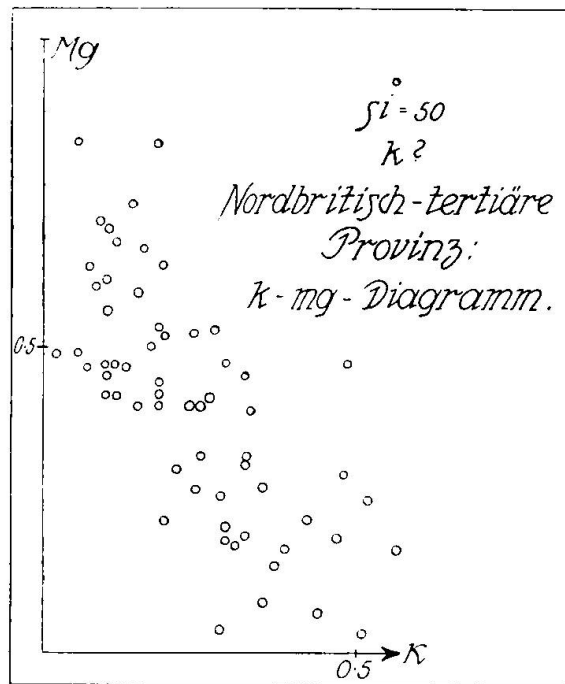


Fig. 1 e.

scheint also ein wohl charakterisierter Unterschied zwischen der mit der Bildung von Kettengebirgen verbundenen magmatischen Tätigkeit (Vor- und Rückland inbegriffen) und der durch Einbrüche großer Rindenstücke im nordatlantischen Gebiete verursachten magmatischen Manifestationen der nordbritischen Provinz zu bestehen. Das Diagramm lädt infolge des niedrigen alk am ehesten zu einem Vergleich mit dem Typus Pelée-Lassen Peak des Verf. (Lit. 5), dem Typus, dem extrepazifische Vergesellschaftungen, dem z. B. die jungvulkanischen Provinzen der kleinen Antillen (Montagne Pelée), des Lassen Peak Cal., des nord-japanischen Vulkanbogens, des malayischen Bogens u. s. w. angehören (Fig. 5). Man sieht, daß die alk-Kurven zusammenfallen, während die c-Kurve des Typus Pelée-Lassen Peak um

zwei bis drei Einheiten höher, aber immer ziemlich parallel zur entsprechenden Kurve im Diagramm des normalen Mullmagmas verläuft. Die fm-Kurve verläuft im Durchschnitt 10 Einheiten höher, die al-Kurve um faßt so viel tiefer als beim Typus Pelée-Lassen Peak. Man kann demnach sagen, daß der Differentiations-

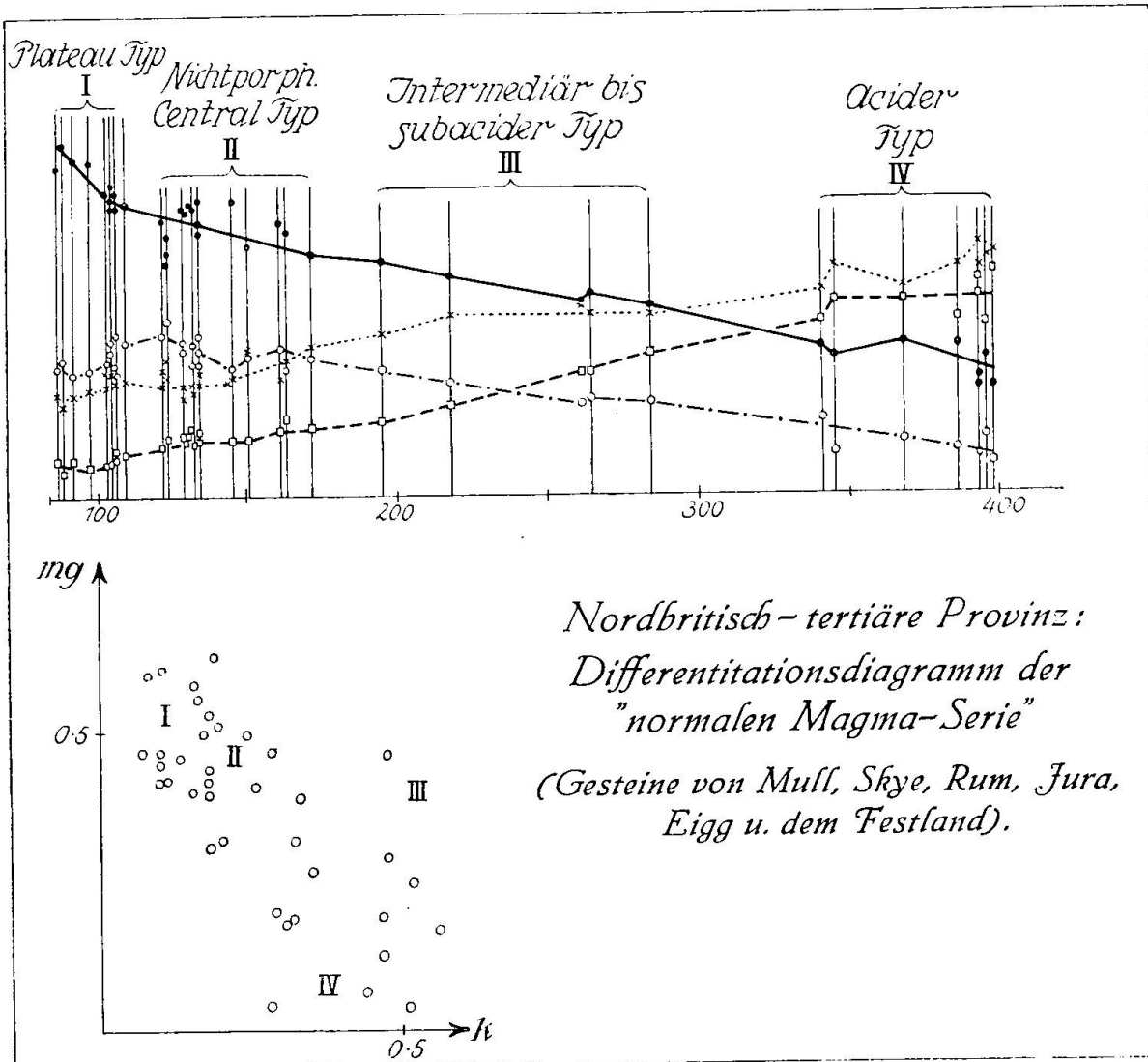


Fig. 2.

verlauf des Normalmagmas der nordbritischen Provinz mit extrem-pazifischen Provinzen wohl das niedere alk sowie das hohe c gemeinsam hat, daß er aber durch das hohe fm und das niedere al (wie das sich daraus ergebende geringe (al—alk)) ganz fremde Züge aufweist, wovon besonders das geringe al—alk ihn eher zu den Übergängen zu den Alkaliprovinsen stellen würde. Die Isofalie ist infolge des hohen fm außerordentlich hoch, nämlich bei  $si \sim 250$ . Im Mineralbestand drücken sich diese Verhältnisse durch

geringe Konzentration der Alkalifeldspatmoleküle und große Mengen femische Bestandteile aus.

Auch das Differentiationsdiagramm der Alkalimagmenserie weist eigenartige Züge auf. Auch hier zeigt sich das hohe fm, während, verglichen mit einer typisch atlantischen Provinz, wie etwa der der Gesellschaftsinseln (Tahiti etc.) (Fig. 6), al und alk

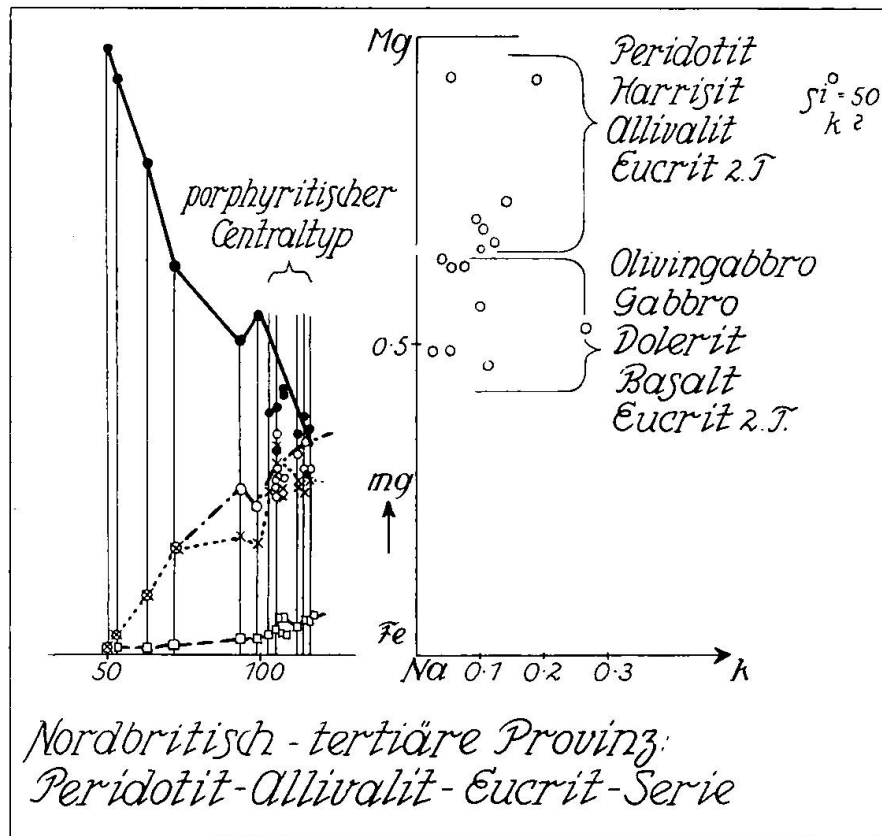


Fig. 3.

niedriger sind, hingegen die c-Kurven übereinstimmen. Folgende Tabelle mag dies veranschaulichen:

si	al		fm		c		alk	
	T.	NB.	T.	NB.	T.	NB.	T.	NB.
135	31	23	28	43	18	19	23	15
150	34	26	23	38	14	16	28	19
200	42	32	12	27	7	9	39	31
250	43	36	8	21	4	6	43	35

T. = Tahiti, NB. = Nordbritische Provinz, Alkalimagmenserie.

Die Peridotit-Eucrit-Allivalit-Serie (Fig. 3) bietet uns das sehr basische Ende ( $50 \leq si \leq 115$ ) einer Differentiation mit sehr niedrigem alk und hohem fm und c. Da sich Differentiationsserien

nur äußerst selten nach so geringen si-Werten hin erstrecken, sind Analoga nicht häufig. Da zudem alle Tendenzen überhaupt gegen das basische sowohl wie gegen das saure Ende hin konvergieren, so läßt sich das kleine Diagramm nicht ohne weiteres klassifizieren. Dem allgemeinen Usus gemäß wäre es als pazifisch zu bezeichnen.

Die geschilderten Verhältnisse, das hohe fm, das niedere alk und das trotzdem geringe (al—alk), sowie die hohe Isotalie kommen auch an Diagrammen von Teilgebieten der nordbritischen Provinz, z. B. bei den von A. Harker (Lit. 41) untersuchten kleinen Inseln von Inverness-shire (Rum, Canna, Eigg), wo auch die Peridotit-Allivalit-Eucritserie gut entwickelt ist (Fig. 7), gut zum Ausdruck.

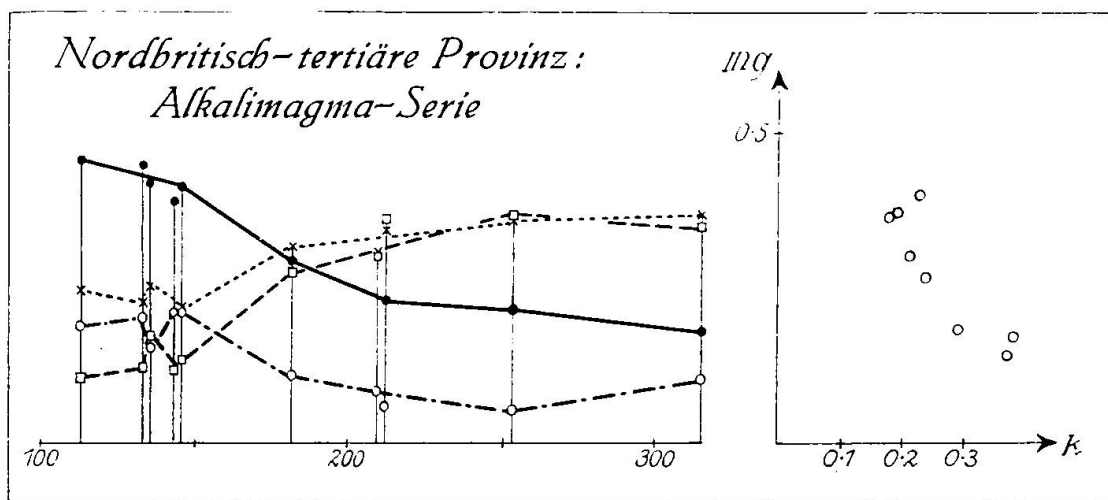


Fig. 4.

Nebenbei mag erwähnt werden, daß auch die Gesteine Islands ähnliche Verhältnisse aufweisen (Fig. 8). Die sich über das Intervall  $100 \leq \text{si} \leq 150$  verteilenden Basalte bilden eine Serie, deren Diagramm mit dem entsprechenden si-Intervall des Diagramms des normalen Magmas der nordbritischen Provinz identisch ist. Die im Vergleich zu den Basalten nur untergeordnet auftretenden sauren Gesteine (Liparite, auch Granophyre kommen vor) bilden eine Serie mit dem Variationsbereich  $290 \leq \text{si} \leq 430$  (ein Gestein erreicht  $\text{si} = 675$ ) und  $\text{al} \sim \text{alk} \sim 40$  bei  $c \sim 5$  und  $\text{fm} \sim 15$ . Soweit die etwas unvollständigen Analysen erkennen lassen, deckt sich diese Serie sehr wohl mit einer Extrapolation der Alkalimagmen-serie der nordbritischen Provinz nach höheren si zu. Eine genauere Diskussion der isländischen Subprovinz der britanno-arktischen Provinz, soll erst nach dem vollständigen Bekanntwerden der kürzlich gemeldeten, neu gefundenen intermediären Gesteine erfolgen. Von Spitzbergen, Grönland und Franz Joseph-Land sind keine

sauren jungvulkanischen Gesteine analysiert worden, wohl aber theralithgabbroide Trachydolerite neben normalen Basalten. Die Gesteine von Jan Mayen sind jüngst durch *Tyrrell* (Lit. 44) näher bekannt geworden. Das kleine Diagramm (Fig. 9) zeigt starke Verwandtschaft mit der Alkalimagmenserie der nordbritischen Provinz, wenn auch die Differenz (al—alk) durchwegs etwas größer ist.

#### 4. Vergleich der nordbritischen Provinz mit jungen Eruptivgebieten von Madagaskar und umliegenden Inseln.

Da sich, wie bereits erwähnt, in jungen Faltengebirgen (und zwar sowohl in der orogenen Zone, wie im Vor- und Rückland) keine genau analogen Differentiationen finden, so müssen solche

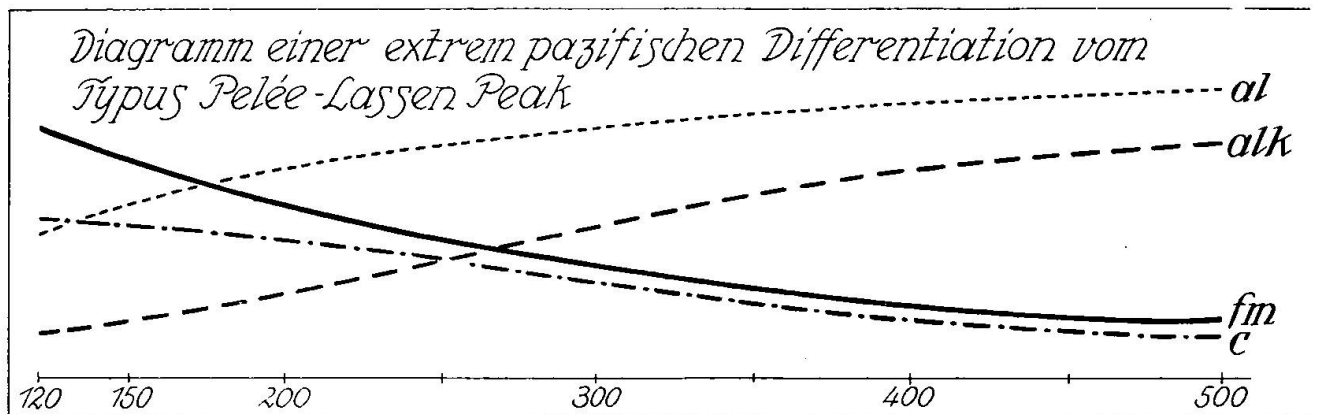


Fig. 5.

in ähnlichen tektonischen Gebieten der Erde, d. h. in großen Einbruchgebieten, gesucht werden. Ein solches liegt im Indischen Ozean vor. Auch vom Standpunkt der Kontinentalverschiebungstheorie ist der nördliche und östliche Indische Ozean dem Nordatlantik analog. Hier wie dort handelt es sich um die Trennung eines ursprünglich einheitlichen Kontinentalblockes unter Ausbildung atlantischer Küstentypen, wobei starke vulkanische Tätigkeit auftrat. Die chemischen Verhältnisse der jungen Eruptivgesteine sind auf Madagaskar und den umliegenden, wie auch den subantarktischen Inseln in sehr guter Weise durch *A. Lacroix* bekannt geworden. Die Grundlagen für die folgenden Erörterungen und Vergleiche entstammen demnach auch dem bekannten Werke dieses Forschers (Lit. 42).

Die magmatischen Manifestationen auf Madagaskar, die uns hier interessieren, sind alle sicher postliasisch. In manchen Fällen sind sie bewiesenermaßen jünger, in anderen ist ein strenger Alters-

beweis nicht zu erbringen. Auf den Comoren und auf Réunion ist der Vulkanismus heute noch nicht erloschen. Unter den bekannten Gesteinsassoziationen fehlen ganz die normalen pazifischen und die mediterranen. Unter den atlantischen finden sich sehr charakteristische Provinzen, wie, um nur ein Beispiel zu nennen, die sehr gut bekannte Provinz von Ampasindava in Nord-Madagaskar. Das Eingehen auf diese und andere, ähnlich geartete Provinzen, muß, so reizvoll es wäre, auf eine andere Gelegenheit geschoben werden, hier interessieren uns vor allem diejenigen Vorkommnisse, die direkte Vergleiche mit der nordbritischen tertiären Provinz zu ziehen gestatten.

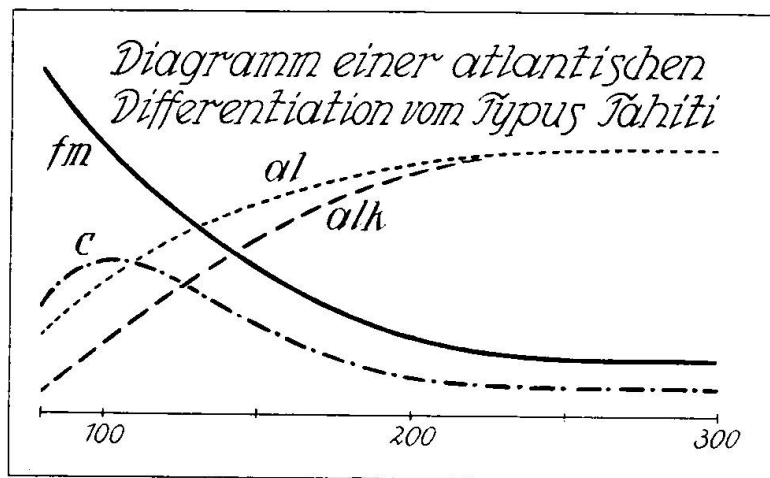
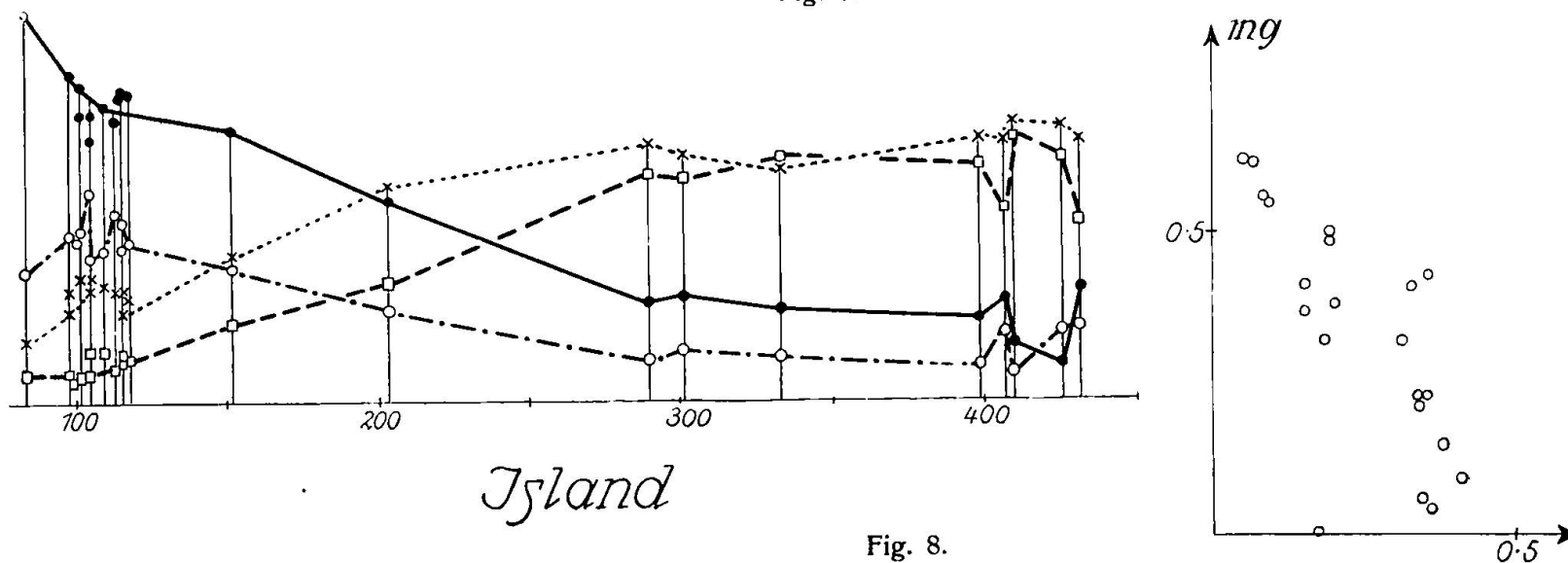
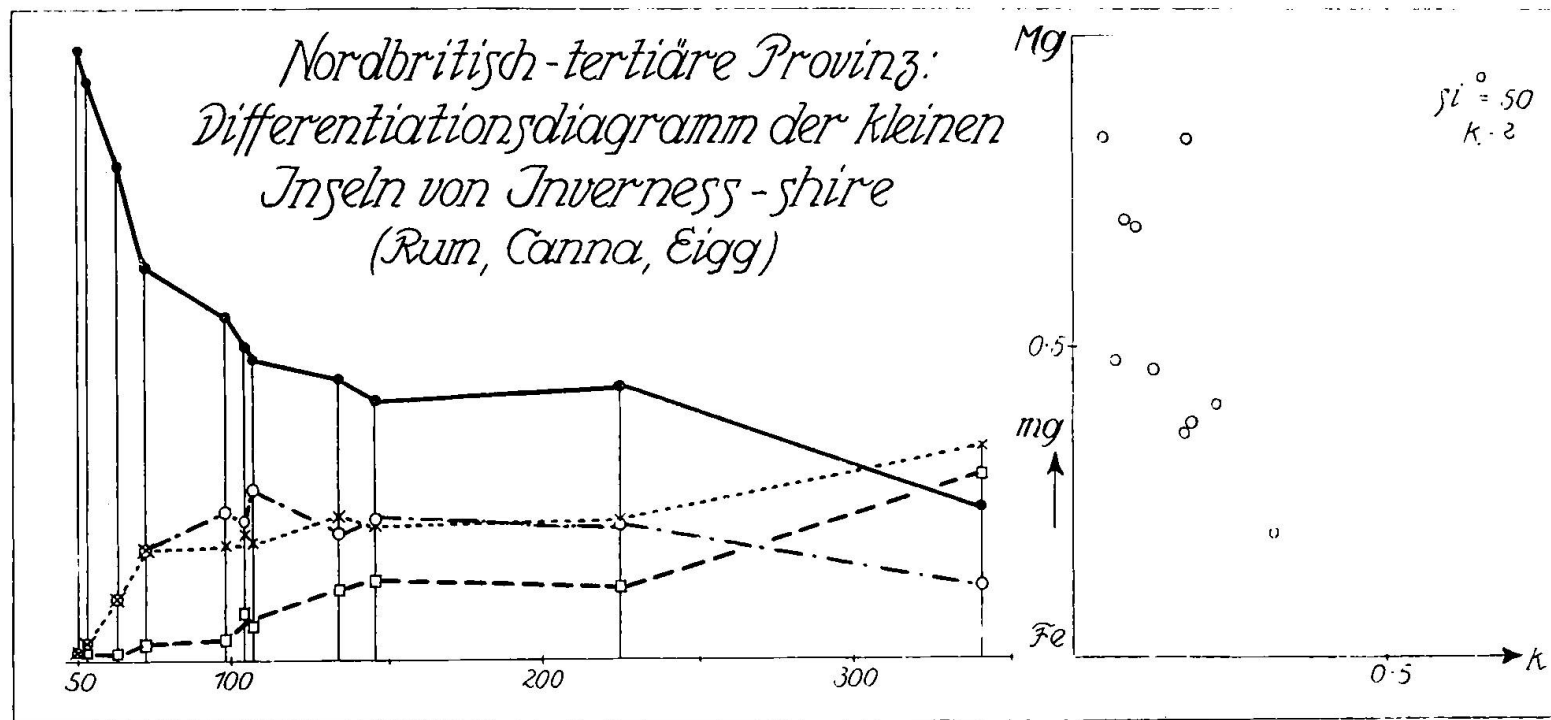


Fig. 6.

Als solche kommen in Betracht: das vulkanische Massiv von Androy in Süd-Madagaskar, die vulkanischen Ergüsse zwischen den Flüssen Tsiribihina und Onilahy im Westen und Südwesten der Insel, und diejenigen der Nordostküste. Die Analysen der drei Gebiete sind in Tabelle 2 zusammengestellt, die Diagramme zeigen die Figuren 10–12. Durch Vergleich dieser Tabellen und Diagramme mit denen des normalen Magmas der nordbritischen Provinz ersieht man, daß große Übereinstimmung besteht, wenn auch die Analogie nicht vollständig ist, da in Madagaskar das atlantische Moment etwas stärker betont ist. Es fallen aber auch hier sofort die Hauptmerkmale, das hohe *fm* und *c*, sowie das geringe (*al*–*alk*) auf. Auch hier ergab sich der Umstand, daß sich die verschiedenen Gesteine nicht ganz glatt in die Niggli'schen Magmentypen einfügten, ähnlich wie dies bei der nordbritischen Provinz der Fall war. Weitere Analoga bieten der relativ hohe *ti*-Gehalt, der auch hier für  $si > 400$  noch zwei Einheiten betragen kann. Auch die Isotalie ist sehr hoch, nämlich zwischen 260 und





290. Für höhere  $si$  zeigt auch hier  $k$  Werte bis 0,5 und darüber. Wie sich einzelne Gesteine aus den verschiedenen Provinzen fast vollständig entsprechen, so verlaufen auch die entsprechenden Kurven der Diagramme identisch.

Für die eine Tendenz der nordbritischen Provinz, für die „normale Mull-Magmaserie“, zeigten sich also in gewissen Gebieten von Madagaskar vollkommene Analogien, während solche im Bereiche der bekannten jungen Faltengebirge kaum bekannt sind. Auch die zweite Tendenz der nordbritischen Provinz, die sog. Alkali-Magmenserie, findet ihre Analogien in Madagaskar. Sie war,

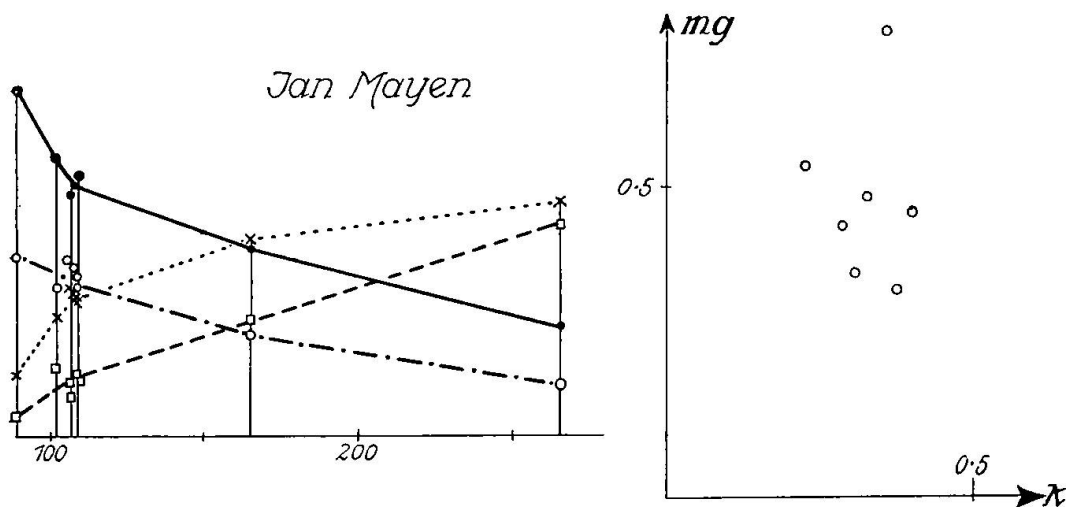


Fig. 9.

wie weiter oben gezeigt wurde, durch relativ hohes  $fm$ , ohne daß direkt von pantelleritischer Tendenz gesprochen werden konnte, ausgezeichnet. Dadurch, wie durch das dafür niedrigere  $al$  und  $alk$  und das langsame Ansteigen der Kurven überhaupt wurde die Isografie gegen für atlantische Provinzen ungewöhnlich hohe  $si$ -Werte verschoben ( $si \sim 175$  gegen 120 für Tahiti z. B.), ganz übereinstimmende Verhältnisse finden sich in Madagaskar, wenn auch die Analogien nicht so vollständig sind wie bei der ersten Tendenz.

Als erstes Beispiel seien hier die jungvulkanischen Gebiete am Nord- und Nordostrand des kristallinen Massivs erwähnt, die neben rein atlantischer Tendenz vom Typus Tahiti (Fig. 13 II und Tab. 3 B) auch die in Frage stehende Tendenz mit hohem  $fm$  zeigen (Fig. 13 I und Tab. 3 A, Isografie um 170). Ein zweites Beispiel liefert die Gegend zwischen den Flüssen Betsiboka und Rainobe in West-Madagaskar (Fig. 14 II und Tab. 4 B). Eine

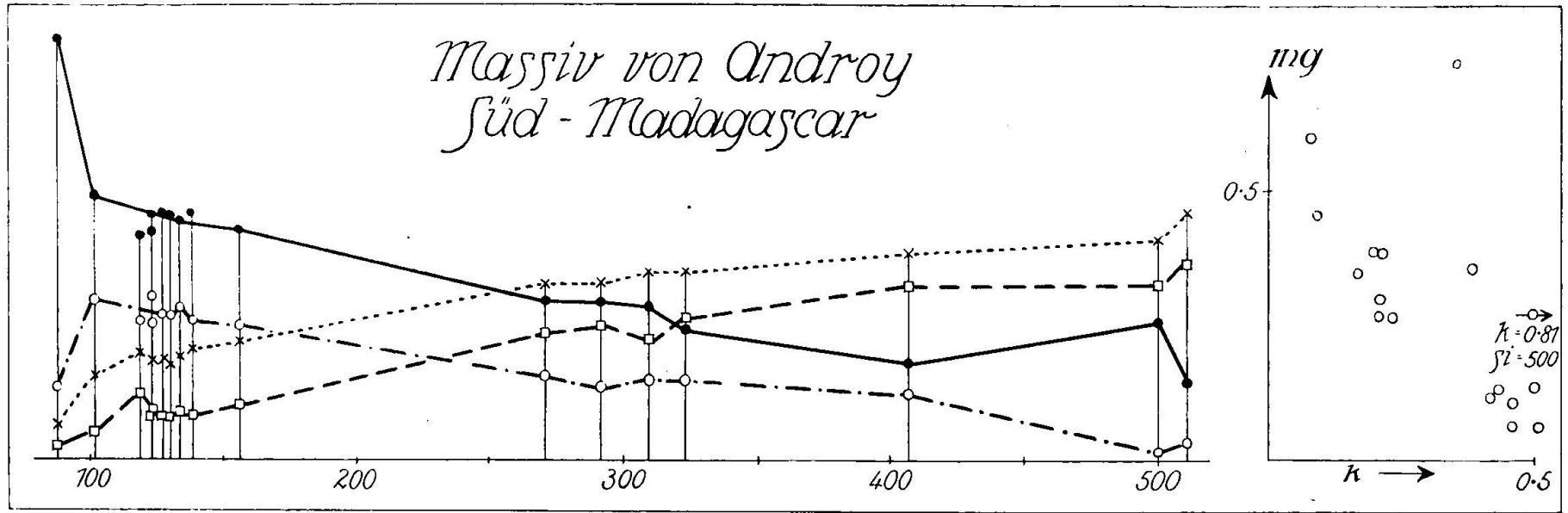


Fig. 10.

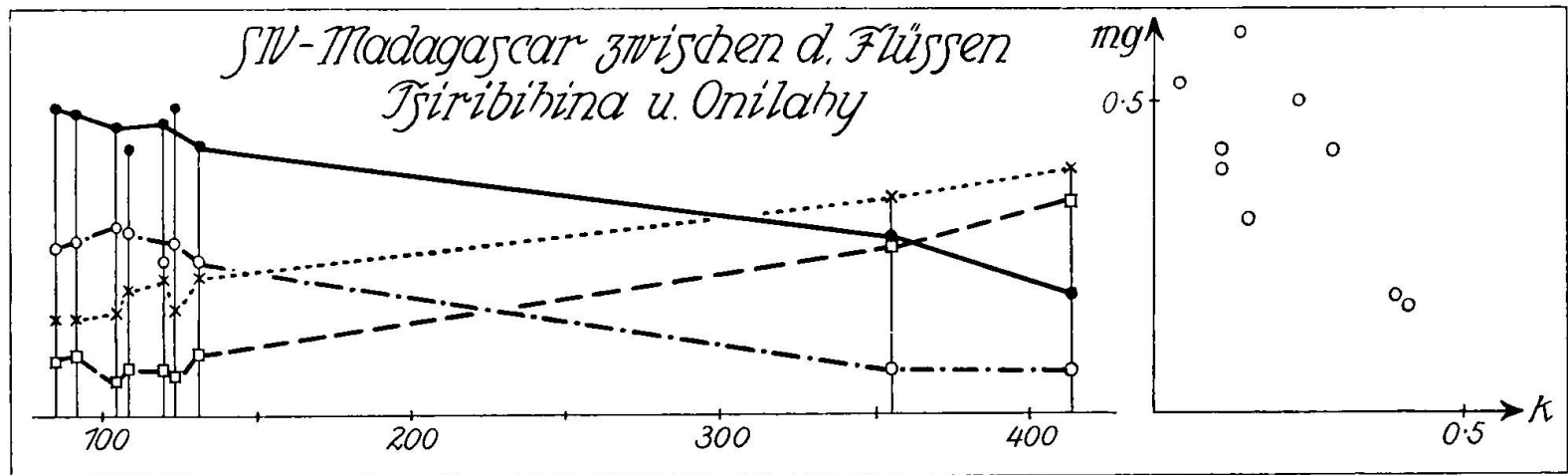


Fig. 11.

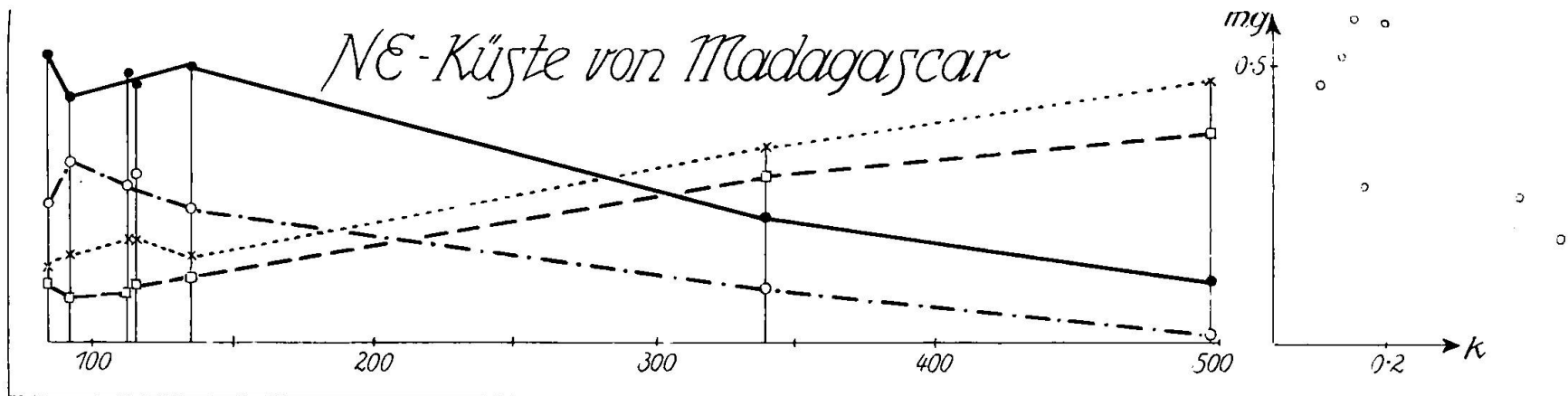


Fig. 12.

Differentiationstypen postmesozoischer Vulkangebiete

291

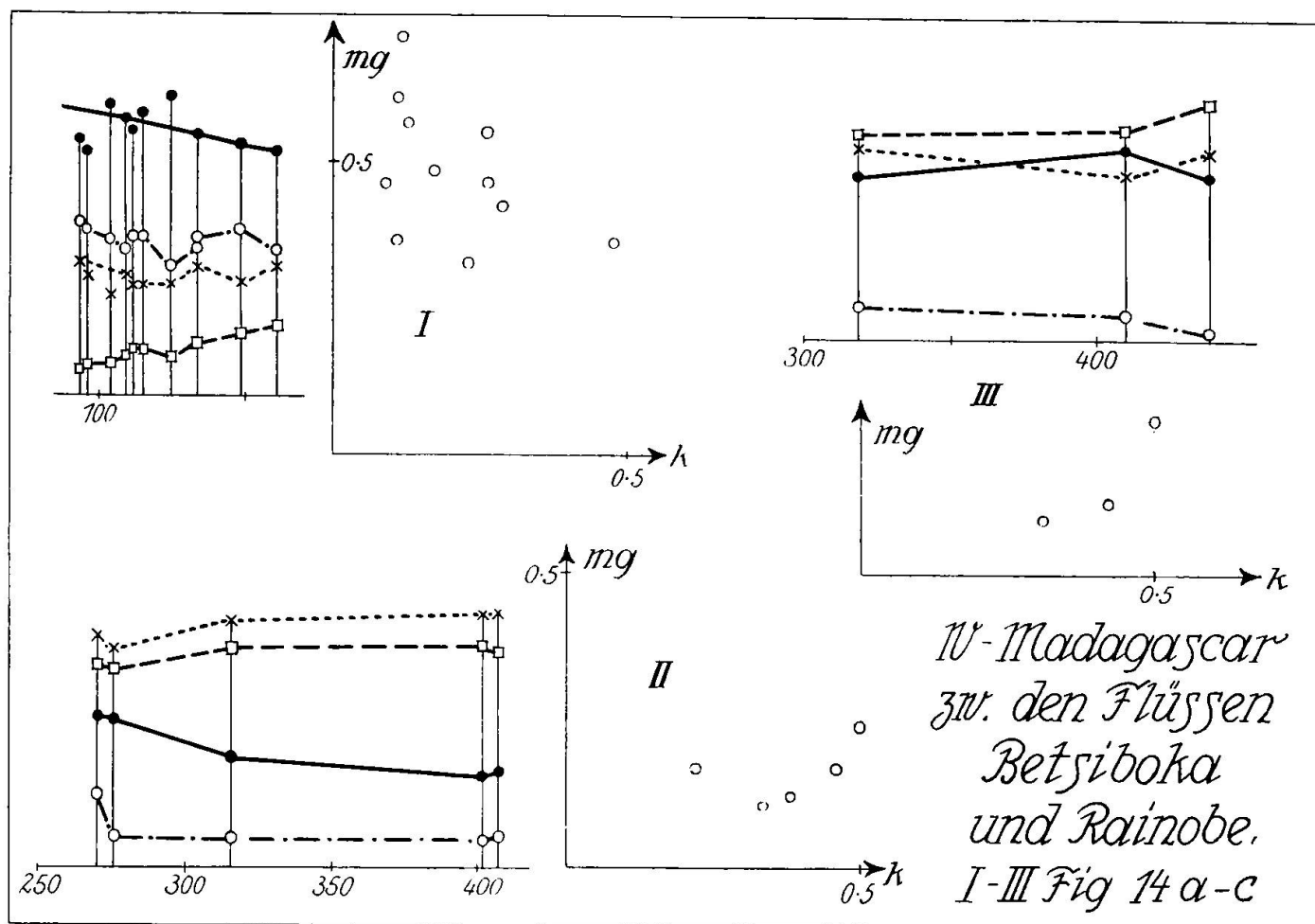


Fig. 14.

basische Serie aus derselben Gegend stimmt genau mit der normalen Mull-Magmaserie der nordbritischen Provinz überein, wie ein Vergleich von Fig. 14 I mit Fig. 2 und von Tab. 4 A mit Tab. 1 A zeigt. Auch ein Allivalit und Gabbro finden sich, wenn sie auch etwas von denen der Hebriden differieren. Eine Nebentendenz ist

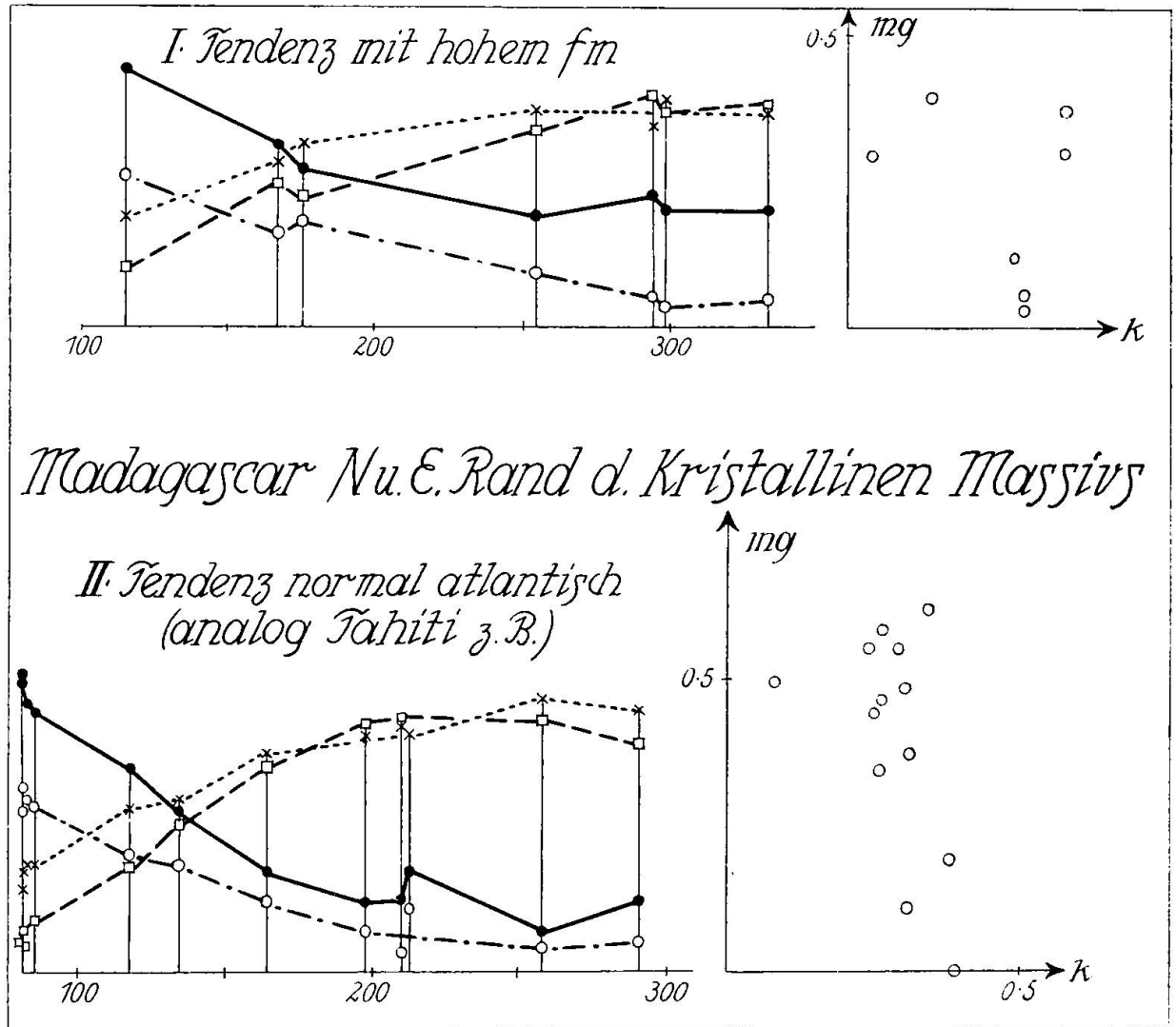


Fig. 13.

kali-pantelleritisch (Fig. 14 III und Tab. 4 C). Weitere Vergleiche ließen sich ziehen mit Gebieten der Ost- und Südküste von Madagaskar, sowie mit dem im Nordwesten der Insel gelegenen Archipel der Comoren.

Ein letzter Vergleich sei zwischen der nordbritischen Provinz und den im Osten von Madagaskar gelegenen Maskarenen gezogen (Réunion, Mauritius und Rodriguez). Das gesamte Material verdankt man auch hier *A. Lacroix*. Es stammt aus Lit. (42), wo auch

das nähere über den geologischen Verband der betreffenden Gesteine nachgesehen werden mag.

Die 32 verfügbaren Analysen sind in Tab. 5 zusammengestellt, das Diagramm zeigt Fig. 15. An die nordbritische Provinz und zwar an die Peridotit-Allivalit-Eucrit-Serie erinnert sofort das basische Ende der Differentiation, das hier sehr gut ausgebildet ist. Es umfaßt z. T. äußerst olivinreiche, basische Laven, nach ihrem häufigen Auftreten auf ozeanischen Inseln Ozeanit genannt,

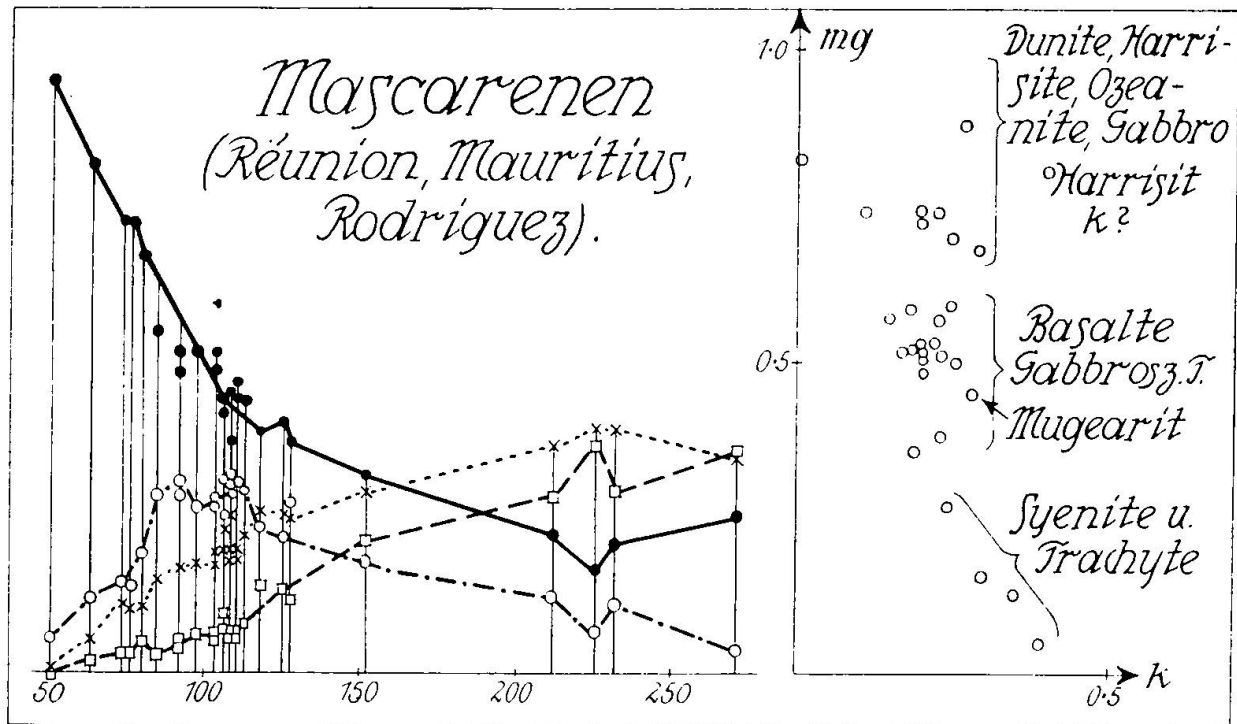


Fig. 15.

ferner als endogene Einschlüsse und als Intrusiva Dunite, Wehlrite, Harrisite, Gabbros etc. Ein Harrisit entspricht ganz dem Originalgestein von der Insel Rum und eine weitere Analogie wird durch das Auftreten von typischen Mugeariten dargestellt. Ein Pyroxendiorit und ein Monzonit wurden für das Diagramm nicht berücksichtigt, da sie nach A. Lacroix Produkte einer in situ-Differentiation eines gemischten Ganges darstellen. Das saure Ende der Differentiation zeigt uns das Bild einer atlantischen Vergesellschaftung mit hohem fm. Es bieten sich offenbar hier z. T. dieselben komplexen Verhältnisse wie in der nordbritischen Provinz und man begreift durchaus, daß A. Lacroix seinerzeit Réunion als Beweis für die Unanwendbarkeit des Sippenbegriffes anführte. Die Unanwendbarkeit des Begriffes in der starren Formulierung,

dahingehend, daß „in einer Provinz nur Gesteine einer Reihe“ auftreten sollten, war damit allerdings erwiesen.

Der Unterschied gegen die Alkali-Magmenserie der nordbritischen Provinz besteht hier, wie in den Beispielen von Madagaskar, nur darin, daß für einige Gesteine (al—alk) einen etwas größeren Wert hat. Diese Eigenschaft der Gesteine kann aber sehr gut z. T. durch beginnende Zersetzung bedingt sein, was sich in den tropischen Gebieten, aus denen sie stammen, sehr wohl erklären ließe.

Aus allem dem zeigt sich also, daß die nordbritische Provinz, die vereinzelt dazustehen schien, wenn man sie nur mit den mit jungen Faltengebirgen in ursächlichem Zusammenhang stehenden Provinzen verglich, deutliche Analoga im Indischen Ozean, auf Madagaskar und den Maskarenen besitzt. Die Analogien sind nicht vollständig, aber doch sehr weitgehend. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß in Madagaskar der atlantische Einschlag etwas stärker ist, indem unter den basischen Gesteinen öfters das Hineigen zum theralithgabbroiden bis theralithischen Chemismus vorhanden ist. Ein weiteres Zeichen für das stärker entwickelte atlantische Moment in Madagaskar ist ferner das Auftreten von rein atlantischen Differentiationen vom Typus Tahiti. Ein solcher Fall wurde von den vulkanischen Gebieten am Nord- und Ostrand des kristallinen Massivs (neben der schwach atlantischen Tendenz mit hohem fm) erwähnt. Dazu kommen noch andere Beispiele, vor allem die erwähnte Provinz von Ampasindava. In der nordbritischen Provinz fehlen diese Differentiationen nach unseren heutigen Kenntnissen gänzlich, wenn auch daran erinnert werden muß, daß event. hierhergehörige Gesteine wie Bostonite oder der Paisanit von Ailsa Craig, der Riebeckitgranit von Raasay u. s. w. leider nicht analysiert sind. In Madagaskar ist auch die Tendenz zur gleichzeitigen fm-Anreicherung stellenweise weiter getrieben worden, indem Gesteine von pantelleritischem bis kali-pantelleritischem Chemismus bekannt geworden sind.

Der Unterschied, daß in Madagaskar die Differentiation in vielen Beziehungen weiter fortgeschritten ist, ist vielleicht in der lokalen Verschiedenheit der tektonischen Verhältnisse begründet, die in der nordbritischen Provinz relativ früh ungeheure, wenig bis gar nicht differenzierte Magmenmassen zum Ausbruch brachten (Plateaubasalte), und dadurch die Differentiation nicht zur vollen Auswirkung kommen ließen. In Madagaskar fehlen diese großen, undifferenzierten Magmenschübe zu Beginn der magmatischen Tätig-

keit (keine Plateaubasalte), die Differentiation nahm relativ ungestört ihren Verlauf, daher die größere Mannigfaltigkeit in den Gesteinen.

Interessant ist, daß wir auf der Ostseite des Indischen Ozeans auch Plateaubasalte finden, die bekannten Trappe des Dekkan. Erst in jüngerer Zeit sind uns durch *H. S. Washington* chemische Analysen dieser Gesteine bekannt geworden. Die analysierten Gesteine sind sehr monoton in ihrer Zusammensetzung. Es ist aber bemerkenswert, daß das kleine Diagramm (Fig. 16) für  $si \leq 126$  sich mit dem entsprechenden Ausschnitt aus dem Diagramm des normalen Mullmagmas der nordbritischen Provinz vollständig deckt. Für  $si > 140$  ist (al—alk) bei den Dekkangesteinen etwas größer. Eine zweite, event. alkalische Tendenz ist durch Rhyolithe und

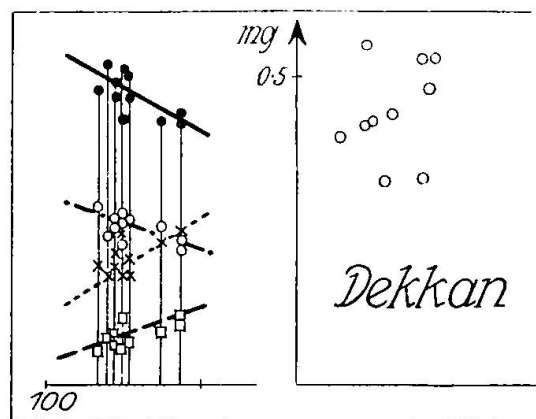


Fig. 16.

Trachyte angedeutet, chemisch ist aber nichts bekannt. Im Osten des Indischen Ozeans scheinen also die tektonischen Verhältnisse im Gegensatz zum Westen (Madagaskar) eher den in der nordbritischen Provinz herrschenden analog gewesen zu sein, und gleich zu Anfang den Austritt gewaltiger Magmamassen, die sich infolgedessen nicht weiter differenzierten, verursacht zu haben.

Eine weitere, große Plateaubasaltprovinz, deren tektonische Bedingtheit aber nicht so klar hervortritt wie bei der britanno-arktischen und der des Dekkan, sind die Columbia-Snake River-Basalte (die „oregonischen Basalte“ *H. S. Washingtons*) in Süd-Idaho, Nord-Oregon und Süd-Washington, U. S. A. Es sind nur 6 Analysen basischer Glieder bekannt, die alle ebenfalls von hohem fm sind. Über die ebenfalls vorhandenen Rhyolithe und Trachyte ist nichts bekannt, sodaß wie bei den Dekkantrappen eine nähere Diskussion unterbleiben muß.



Im Anschluß mag daran erinnert werden, daß *H. S. Washington* (Lit. 46) die Basalte im allgemeinen in zwei Gruppen einzuteilen versuchte, nämlich in eisenreiche, wenig viskose Plateaubasalte und eisenärmere viskosere, welche Vulkankegel aufbauen. Die hier betrachteten und eingehend verglichenen zwei Provinzen (nordbritische Provinz und gewisse Teile von Madagaskar) sind beides Gebiete, in denen relativ eisenreiche Gesteine vom Plateautyp *Washingtons* auftreten, wobei es allerdings nur im ersten Fall zur Ausbildung richtiger Basaltplateaus kam. Ein Vergleich der ganzen Differentiationsverläufe ergab aber, daß der hohe Eisengehalt nicht nur für die Basalte, sondern für alle Gesteine der ganzen Serie kennzeichnend ist. Ja er macht sich sogar vielfach noch in den alkalischen Nebentendenzen bemerkbar, wodurch schwach pantelleritische Differentiationen zustande kommen.

#### **D. Schlußzusammenfassung und Ausblick.**

##### **1. Charakter und Verteilung der spätmesozoisch-tertiären magmatischen Provinzen.**

Die Untersuchung und der Vergleich aller bekannter spätmesozoisch-tertiärer Provinzen nach der Methode *P. Niggli's*, wobei über 3600 sorgfältig ausgewählte Analysen verwendet wurden, hat die alte Tatsache aufs Neue gezeigt, daß die Differentiationen in den verschiedenen Provinzen durchaus nicht willkürlich verlaufen, sondern daß sie durch allgemeingültige Gesetze kontrolliert werden, sodaß weit voneinander entfernte und vollständig voneinander unabhängige Provinzen auffallende Ähnlichkeit aufweisen können. Diese Ähnlichkeiten gestatten es, gewisse Provinzen zu Typen zusammenzufassen. Dies ist bereits geschehen für die jungeruptiven Provinzen der jungen Kettengebirge des Mittelmeergebietes und für das Gebiet des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung (Lit. 28 u. 5). Es läßt sich auch für die übrigen Vorkommnisse des Erdballs, über deren Untersuchung hier kurz berichtet wurde, tun. Da sich diese Art der Betrachtung aber infolge des äußerst weit-schichtigen Materials nur an Hand zahlreicher Tabellen und Diagramme durchführen läßt, muß sie einer eingehenderen Darstellung vorbehalten bleiben. Eine solche ist in Aussicht genommen. Alle diese unterscheidbaren Typen (oder Tendenzen) lassen sich sehr leicht um drei Haupttypen oder Haupttendenzen gruppieren, die dem entsprechen, was *P. Niggli* pazifische, atlantische und mediterrane Vergesellschaftungen genannt hat.

Daß diese Einteilung höhere, wenn auch noch nicht geklärte Ursachen hat, und nicht rein künstlich ist, zeigt sich auch darin, daß unter Anwendung derselben eine sehr einfache Darstellung des Verhältnisses der mannigfachen Differentiationstendenzen zu den gleichaltrigen tektonischen Phänomenen der Erde möglich ist. Es ergab sich nämlich in Bezug auf das hier allein betrachtete mesoide Orogen folgendes:

I. Im Orogen fanden sich sozusagen nur pazifische oder mediterrane Tendenzen, resp. Übergänge zwischen beiden. Dabei überwiegen die pazifischen stark. Wo sich mediterrane Tendenzen bemerkbar machen, zeigen sie sich gerne am Rande des Orogens (Ausnahme Ice River (Britisch-Columbien) und Ditrô, siehe pag. 273).

II. Im Vorland, für das Mittelmeergebiet auch in *Kobers* „Innensenke“, finden sich fast nur atlantische und mediterrane Provinzen. Dabei überwiegen die atlantischen stark. Der mediterrane Einschlag, der sich entweder in atlantisch-mediterrane Mischprovinzen als Nebentendenz, oder im Auftreten von atlantisch-mediterranen Übergangsprovinzen und nur vereinzelt in rein mediterranen Provinzen bemerkbar macht, tritt nur an relativ wenig Orten lokalisiert auf. Manchmal ist, besonders wenn basische Gesteine vorwiegen, Hinneigung zu pazifischen Vergesellschaftungen schwach erkennbar.

III. In vielen Gebieten, die weitab vom eigentlichen Schauplatz der Gebirgsbildung lagen, die die allgemeinen Erschütterungen aber doch so stark zu spüren bekamen, daß es zur magmatischen Tätigkeit kam, herrschen atlantische Vergesellschaftungen. Dabei ist sehr selten mediterraner Einschlag zu konstatieren (z. B. Kivu-See, Ostafrika). Das Auftreten magmatischer Tätigkeit in vielen dieser Gebiete, z. B. Atlantischer Ozean, Gebiet der ostafrikanischen Gräben) wird plausibel gemacht, wenn man sich auf den Standpunkt der *Wegener'schen* Kontinentalverschiebungstheorie stellt. Die mittelatlantische Vulkankette z. B. und die ostafrikanischen Grabenbrüche entsprechen nach dieser Auffassung der Trennungslinie großer Kontinentalblöcke, resp. nicht oder noch nicht voll zur Auswirkung gekommenen ähnlichen Erscheinungen. Die mittelatlantischen Inseln dürfen wohl als einem größern submarinen, basaltischen Vulkanplateau aufgesetzte Vulkankegel aufgefaßt werden. Der Provinzialcharakter der Vulkane dieser Inseln widerspricht auch der seinerzeit von *E. Haug* ausgesprochenen,

heute wohl allgemein wieder verlassenen Ansicht, die den Atlantischen Ozean als Geosynklinale und den mittelatlantischen Rücken als die erste Phase einer jungen Gebirgsbildung auffaßte. Nach dem, was wir z. B. aus den Alpen und auch aus andern Gebirgen wissen, haben die zu Beginn der Faltung in der Geosynkinalregion aufdringenden Magmen wohl schwach atlantischen Charakter, es kam aber nie zur Bildung ausgeprägter Na-Gesteine wie Na-Trachyte, Phonolithe etc. Außerdem sind uns aus solchen mit entstehenden Faltengebirgen in Zusammenhang stehenden Eruptionen immer nur basische bis ultrabasische Glieder bekannt geworden.

IV. In den Einbruchsgebieten größten Maßstabs, wie Nordatlantischer und Indischer Ozean, kam es zur Ausbildung von Provinzen, deren Differentiation zwar allgemein pazifisch ist (niedriges alk und hohes c), deren fm aber auf Kosten des al ungewohnt hoch ist. Dadurch wird die Differenz (al—alk) bedeutend geringer als dies sonst bei pazifischen Provinzen der Fall ist. Als Nebentendenz tritt gewöhnlich Differentiation vom atlantischen Typ auf, die zum Teil auch das Merkmal des hohen fm zeigt. Nach *Daly* (Lit. 7 u. 8) handelt es sich in diesen Gebieten um nicht oder nur wenig differenziertes basaltisches Magma, das aus den im Rücken der sich verschiebenden Kontinentalblöcke sich bildenden Zerrungsspalten aufgedrungen ist.

## 2. Berechtigung der Ausdrücke „atlantisch“, „pazifisch“ und „mediterran“.

Wenn man sieht, wie die Ausdrücke „atlantisch“ und „pazifisch“, wie sie von *Harker* und *Becke* eingeführt worden waren, zu mannigfachen Mißverständnissen — Mißverständnisse, die allerdings zum größten Teil hätten vermieden werden können, wenn die Ausführungen der beiden Autoren genauer beachtet worden wären — Anlaß gegeben haben, so kann man sich mit Recht fragen, ob es angebracht sei, diese Ausdrücke, dazu noch um einen dritten, dem dasselbe Odium der geographischen Herkunft anhaftet, vermehrt, weiter zu verwenden. Für Abschaffung dieser Ausdrücke tritt z. B. in neuester Zeit auch *G. W. Tyrrell* in Kap. VII seines Buches (Lit. 34), das mir soeben bei Abschluß vorliegender Arbeit zu Gesicht gekommen ist, ein. Neue, bessere Ausdrücke für die Obereinteilung und Zusammenfassung gewisser, miteinander näher verwandter Differentiationstendenzen gibt aber auch *Tyrrell* nicht. Schon früher waren als Ersatz für „atlantisch“ und „pazifisch“ im

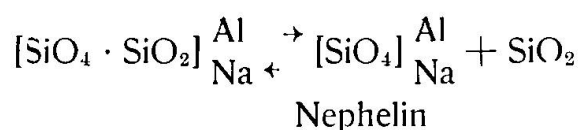
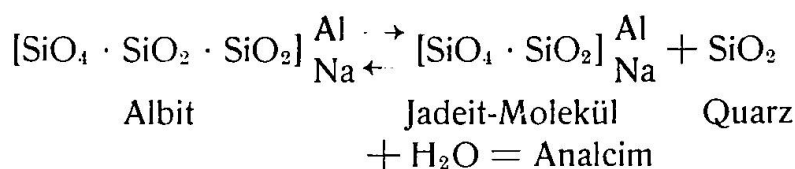
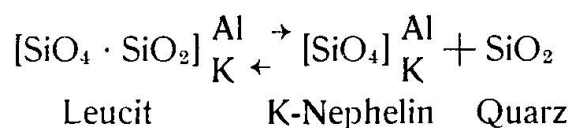
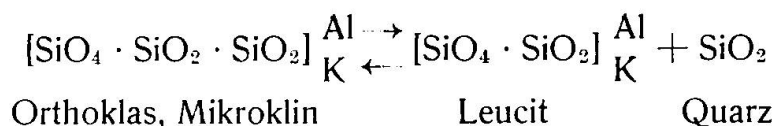
Sinne von *Harker* und *Becke* verschiedentlich neue Ausdrücke vorgeschlagen worden, so z. B. 1908 durch *H. J. Jensen* (Lit. 19) „katepeirisch“ und „anepeirisch“, die aber nie in allgemeinen Gebrauch gekommen sind. Andere Forscher haben vorgeschlagen, statt „pazifisch“ lieber „zirkumpazifisch“ zu sagen, was aber auch nicht durchgedrungen ist. In Verzicht auf jedes geographische Moment wurden oft die Bezeichnungen „Provinzen der Kalkalkali-Sippe“ resp. „Alkali-Sippe“ oder, da man mit Recht bemerkte, daß es auch sehr kalkreiche, zur „Alkali-Sippe“ gehörige Gesteinsvergesellschaftungen gebe (z. B. die Ijolith-Melteigit-Jacupirangit-Serie), die Ausdrücke „Alkali-Sippe“ und „Subalkali-Sippe“ angewandt. Abgesehen davon, daß es unter den sauren Gliedern der Subalkali-Sippe auch sehr alkalireiche Gesteine gibt, scheint diese Benennungsweise insofern nicht das Richtige zu treffen, als sie im allgemeinen petrographischen Sprachgebrauch zu sehr mit dem Begriff des einzelnen Gesteins verknüpft ist, indem man allgemein von „Alkaligestein“ und „Kalkalkaligestein“ spricht. Was wir hier aber brauchen, sind Ausdrücke zur Kennzeichnung von bestimmten Differentiationsverläufen, gewissen Tendenzen.

So kommt es denn, daß wir mangels eines Bessern doch wieder auf die alten, oft abgelehnten Ausdrücke zurückgreifen müssen. Mißverständnisse, wie sie mit den alten *Harker-Becke*-schen Begriffen vorkamen, sollten eigentlich jetzt unterbleiben, wo wir über eine wesentlich verbesserte Berechnungsmethode und über ein großes Vergleichsmaterial verfügen. Wir verstehen also von jetzt an, wie schon auf Seite 269 dargetan wurde, unter „pazifisch“, „atlantisch“ und „mediterran“ Begriffe, die zur ersten Kennzeichnung von Differentiationsverläufen bzw. magmatischen Gesteinsassoziationen dienen. Im engeren Sinne bezeichnet man damit Obertypen, die sich aus der vergleichenden Untersuchung einer großen Anzahl von Provinzen ergeben haben. Dabei umfassen „pazifische“ Vergesellschaftungen im allgemeinen vorwiegend Gesteine der „Kalkalkalireihe“, „atlantische“ Vergesellschaftungen vorwiegend solche der „Natronreihe“ und „mediterrane“ solche der „Kalireihe“. (Die Ausdrücke „Kalkalkalireihe“, „Natronreihe“, „Kalireihe“ sind dabei im Sinne von *P. Niggli* zu verstehen.) Die drei Ausdrücke „pazifisch“ etc. erinnern uns dabei daran, daß Provinzen von entsprechendem Differentiationsverlauf im Gebiete der Randgebirge des pazifischen Ozeans, resp. auf den Vulkaninseln des Atlantischen Ozeans, resp. im Mittelmeergebiet, typisch (wenn auch nicht allein oder nur dort) entwickelt sind.

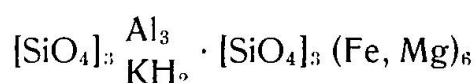
### 3. Ausblick.

Im vorliegenden Überblick konnte gezeigt werden, daß sich auf Grund unserer gegenwärtigen Kenntnisse schon recht bedeutende Einblicke in den Zusammenhang zwischen Differentiation und tektonischer Stellung einer Provinz ergeben. Diese Kenntnisse werden sich naturgemäß in dem Maße vermehren und vertiefen, wie uns neue Provinzen genauer bekannt werden. Grundbedingung dafür, daß aus solchen Neuuntersuchungen Nutzen für die vergleichend-provinzielle Forschung erwachse, ist allerdings, daß neben der rein mikroskopischen Untersuchungsmethodik auch die chemische zu Recht kommt. In dieser Beziehung ist leider auch in neuerer Zeit vielfach gesündigt worden, indem oft die chemische Seite des Problems vernachlässigt wurde, oder indem Analysen von ungenügender Qualität beigegeben wurden. An vielen Orten, wo die vorhandenen Ergußgesteine von großer Einförmigkeit zu sein scheinen, ließe sich sicher oft unter Berücksichtigung der endogenen Einschlüsse ein besserer Überblick über den Differentiationsverlauf erlangen, wie u. a. das wohluntersuchte Beispiel des Vesuv zeigt.

Alle derartigen Untersuchungen sind aber eigentlich nur vorbereitender Art. Indem sie uns gestatten, die bereits erkannten Gesetzmäßigkeiten enger zu fassen, ebnen sie uns die Wege zur Inangriffnahme des Hauptproblems. Dieses besteht darin, den eigentlichen Mechanismus der Differentiation zu ergründen, insbesondere die Unterschiede, die die Entstehung von pazifischen, atlantischen oder mediterranen Vergesellschaftungen bedingen. Hier befinden wir uns noch ganz in den Anfängen, wenn wir auch aus den vorliegenden Untersuchungen verschiedene Fingerzeige erhalten. So, um nur ein Beispiel zu erwähnen, läßt sich wohl aus dem Auftreten der Peridotit-Allivalit-Eucrit-Serie in der nord-britischen Provinz und auf Réunion schließen, daß das gravitative Absinken von Olivin einen wesentlichen Anteil am Differentiationsmechanismus in diesen Provinzen hatte. Ansätze zur allgemeinen Behandlung des Problems enthalten die bekannten Arbeiten von *N. L. Bowen* (Lit. 4), *W. Hommel* (Lit. 16), *M. Goldschmidt* (Lit. 10) und *P. Niggli* (Lit. 30). Besonders die letztere Arbeit ist sehr wichtig, indem darin zum ersten Male auf die große Bedeutung der homogenen Gleichgewichtsreaktionen im Magma hingewiesen wurde. Maßgebender Einfluß für die Entstehung von pazifischen oder atlantisch-mediterranen Vergesellschaftungen wird dem Umstand zugeschrieben, ob Gleichgewichte folgender Art, z. B.



mehr nach der höher oder niedriger silifizierten Seite verschoben werden. Dabei wird vermutet, daß die Anwesenheit größerer Mengen bestimmter leichtflüchtiger Bestandteile Gleichgewichtsverschiebung dieser Art zur Folge habe. Diese Annahme würde einen mithin zur Vorstellung bringen, daß bei Gebirgsbildung gewisse Bestandteile der die eigentliche orogene Zone unterlagernden Magmen zur Abwanderung nach tektonisch ruhigeren Gebieten (z. B. vorlandwärts) gezwungen würden. So würde sich das Auftreten pazifischer Vergesellschaftungen in der orogenen Zone und atlantischer, z. T. auch mediterraner, außerhalb derselben erklären lassen. Die Bildung der mediterranen Provinzen neben atlantischen ist mit dem Unterschied in Beziehung zu bringen, der zwischen den Silifizierungsreaktionen der Natron- und der Kalialumosilikate besteht. Während z. B. Verbindungen vom Typus  $[\text{SiO}_4]_{\text{Na}}^{\text{Al}}$  nicht stabil sind in einem Magma, in dem Tendenz zur Gleichgewichtsverschiebung nach der höher silifizierten Seite hin herrscht, können Verbindungen vom Typus  $[\text{SiO}_4]_{\text{K}}^{\text{Al}}$  dadurch gewissermaßen stabilisiert werden, daß sie mit ähnlichen, wie  $[\text{SiO}_4]_{\text{H}}^{\text{Al}}$  (Gegenwart von Wasser!) reagieren und mit dem Olivinmolekül zusammen die schwer lösliche Doppelverbindung Biotit



bilden. Durch Absinken des relativ früh ausgeschiedenen, spezi-



fisch schweren Biotits, eventuell zusammen mit andern femischen Gemengteilen, kann sich eine K- und Mg-reiche Unterschicht bilden. Diese gibt, wenn in relativ kleinem Ausmaß vorhanden, beim Abschluß der magmatischen Tätigkeit zur Bildung von K- und Mg-reichen Lamprophyren, oder wenn die Sonderung in großem Maßstabe erfolgte und die Masse sich selbst weiter differenzierte, zur Bildung von ganzen Gesteinsvergesellschaftungen mediterranen Charakters Anlaß. Dabei ist daran zu erinnern, daß statistische Untersuchungen gezeigt haben, daß viele Lamprophyre ihrer chemischen Zusammensetzung nach Magmen der Kalireihe *P. Niggli's* entsprechen. Die oben dargelegten Annahmen würden es auch verständlich erscheinen lassen, daß pazifische Provinzen oft mediterranen Einschlag zeigen, und daß selbständige mediterrane Provinzen in der Mehrzahl der Fälle in der Nähe pazifischer Provinzen lokalisiert sind, indem pazifische Magmenherde mit ihrem relativen Kalireichtum in erster Linie zur Biotitbildung befähigt sind.

Die Bildung mediterraner Vergesellschaftungen erscheint uns in dieser Betrachtung somit wie eine Lamprophyrbildung größten Maßstabes. Auch in Bezug auf ihr unregelmäßiges Auftreten lassen sich die mediterranen Provinzen mit den Lamprophyren vergleichen, indem wir bekanntlich Massive kennen, die äußerst reich an Lamprophyren sind, neben solchen, denen sie fast vollständig fehlen, ohne daß für diesen Unterschied irgend eine Regel bekannt wäre.

Die kurzen Ausführungen dieses Abschnittes zeigen, daß wir in diesen Gebieten vorläufig an den Grenzen unserer Erkenntnis angelangt sind, wenn wir auch Fingerzeige für ein Weiterkommen haben. Besonders wünschenswert wäre allerdings, daß uns durch Experimente Näheres über die homogenen Gleichgewichte im Magma bekannt würde. Vorläufig scheinen die experimentellen Schwierigkeiten noch sehr groß zu sein, was seinen Grund vielleicht zum Teil auch darin haben mag, daß sich die Forschung in letzter Zeit, angeregt durch die bekannten, zahlreichen Erfolge, fast ausschließlich mit den heterogenen Gleichgewichten in Silikatsystemen beschäftigt hat. Da aber das Auftreten einer neuen Phase durch die molekulare Konstitution und die innern Gleichgewichte der betreffenden Lösung in weitgehendem Maße vorausbestimmt ist, so wird diesen inneren Gleichgewichten wohl früher oder später größere Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen.

*Freiburg i. B.*, Mineralogisches Institut der Universität, Dezember 1926.

Manuskript eingegangen: 4. Juni 1927.



**Nachtrag bei der Korrektur.**

Seit Abschluß vorliegender Arbeit sind eine Reihe von Mitteilungen erschienen oder mir zugänglich geworden, die hier noch kurz erwähnt werden sollen.

*H. Jung*, Die chemischen und provinziellen Verhältnisse der jungen Eruptivgesteine Deutschlands und Nordböhmens (Chemie der Erde III 1927, p. 137). Der Verfasser unternimmt es, das ganze vorhandene Material zusammenzustellen und nach der *Niggli'schen* Methode zu diskutieren. Das Ergebnis ist, daß die Provinz als Ganzes als atlantisch anzusehen ist, wenn sich auch untergeordnet einige pazifische und mediterrane Nebentendenzen finden. Das Ergebnis steht mit der geologischen Stellung der Provinz im Vorland des alpinen Orogens sehr gut im Einklang.

*F. de Quervain* (Schweiz. Min.-petr. Mitt. VII. 1927, p. 1) behandelt in gleicher Weise die jungen Eruptivgesteine der pannonischen Senke und ihrer Umrandung. Er kommt zum Resultat, daß die vor der Faltung, zur Zeit der unteren Kreide ausgebrochenen Magmen atlantisch und mediterran basisch bis intermediär waren, die während der beiden Faltungsphasen geförderten pazifisch mit untergeordnetem mediterranem Einschlag, und diejenigen, jünger als die faltende Bewegung, atlantisch, z. T. mit pazifischem Einschlag, die zweite Gruppe umfaßt saure bis basische Glieder, die letzte nur basische. Es verhalten sich also die Magmen der verschiedenen tektonischen Elemente des Gesamtrogens zur gleichen Zeit chemisch ähnlich. Dabei war während der Faltungsphase die Karpathenregion und die Grenzregion der Senke, nach der Faltung die Senke selbst der Hauptschauplatz magmatischer Tätigkeit. Dies erinnert in gewissem Sinne an die Verhältnisse in der nordamerikanischen Cordillere, wo die magmatische Tätigkeit in den Rocky Mts., im Great Basin und in der Pazifischen Cordillere ebenfalls weitgehend übereinstimmt.

*R. A. Daly* publizierte (Proc. Am. Ac. of Arts and Sc. 62, 1927) eine größere Arbeit über St. Helena. Die Assoziation ergibt sich als atlantisch mit schwachen pazifischen Anklängen für den basischen Teil und fügt sich somit gut in das bestehende Bild der mittelatlantischen Vulkanprovinz ein.

Vom Paisanit von Ailsa Craig, von dem p 294 gesagt wurde, er sei leider nicht analysiert, existiert doch eine Analyse in einer Notiz von A. Lacroix (C. R. 176, p. 440, 1923). Ihre Projektionswerte sind:

si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm
335	41	12,5	2	44,5	,30	,12	1,2	Sp.	0,16

Magma: alkaligranitisch.

Das Gestein würde sich also gut in das Diagramm Fig. 4 einfügen.

Zürich, Ende November 1927.

Mineralogisch-Petrographisches Institut  
der eidg. technischen Hochschule.

# Nordbritisch - tertiäre Provinz I.

Tab. 1 A. „Normales Mull-Magma“ (E. B. Bailey u. H. H. Thomas).

Gestein	Fundort	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm	Analytiker	Magma
Analcim Dolerit	Hillhouse quarry Linlithgowshire	83	17	55	21.5	6	0.19	0.63	3.8	0.5	0.39	E. G. Radley	hornblenditisch
Olivin Basalt	Ciche na Beinne Deirge, Skye	87	15	59	22.5	4	0.16	0.66	2.5	0.1	0.38	W. Pollard	
Cinanit	Slog na Sgarth, Juverhodge, Jura	92	17	56.5	20	6	0.08	0.60	3.9	0.1	0.35	E. G. Radley	normalgabbroid
Basalt-Lava	E Seite Rudha Dearg, Morven	97	18	56	21.5	5	0.10	0.61	4.4	0.1	0.38	F. R. Ennos	„ „
Olivin Dolerit	Ben Lee, Skye	103	21	50.5	23	5.5	0.18	0.53	4	0.1	0.46	W. Pollard	„ „
Dolerit	Loch a' Bhàsteir b. Sgùrr nan Gillean, Skye	104	18	48	27.5	6	0.17	0.50	2.1	—	0.57	„	„ „
Olivin-Basalt	b. Brücke üb. Allt Fiormhuachd, Dryusch, Skye	104	20	49.5	24	6	0.15	0.58	3.1	0.1	0.58	„	„ „
Olivin-Basalt	Orval, Rum	105	20.5	50	22	7.5	0.13	0.46	3.5	0.3	0.44	„	„ „
Basalt-Lava	W. Lochaline Pier, Morven	105	21.5	52	20	7	0.10	0.47	6.1	0.3	0.39	F. R. Ennos	„ „
Basalt-Lava	N.N.E. Pennycross House, Mull	105	20.5	52	20	7.5	0.10	0.45	5.0	0.3	0.38	E. G. Radley	„ „
Dolerit	Küste, S.W. Kildonan, Eigg	106	18	48	27.5	6.5	0.07	0.47	3.3	0.1	0.57	W. Pollard	„ „
Tholeit	Zw. Kintallen und Salem, Mull	109	19	48.5	26	7	0.10	0.42	2.9	0.1	0.54	F. R. Ennos	„ „
Quarz Gabbro	W.N.W. Creag na h-Jolaire, Glen More, Mull	122	18	46	27	8.5	0.18	0.44	4.8	0.1	0.59	E. G. Radley	„ „
Basalt-Lava	Rudha na h'Uamha, Mull	122	21	43.5	27	8.5	0.32	0.45	1.6	0.1	0.62	„	„
Quarz Gabbro	Schlucht d. Amhainn Chro Beinn, Ardnarn.	123	23	38.5	28.5	9.5	0.11	0.42	3.4	0.1	0.74	B. C. Dixon	
Quarz Gabbro	S.S.E. Cairn of Cruache Choirdaire, Mull	124	20	40.5	29.5	10	0.19	0.52	1.9	0.3	0.74	E. G. Radley	
Tholeit	1/4 Meile S. Arla, Mull	128	16	48	26	10	0.15	0.40	3.0	0.3	0.53	„	
Quarz-Dolerit	Steinbruch Kilchoan, Ardnarnurchan	129	18.5	48	24	9.5	0.18	0.31	5.7	0.3	0.50	B. C. Dixon	
Quarz-Dolerit	Küste b. Rudha Aird an Jasgaich, Ardnarn.	131	18.5	48.5	22	11	0.20	0.32	4.8	0.2	0.45	„	
Tholeit	Küste, 1/4 Meile N. Kintallen, Mull	132	18	48	25.5	9	0.18	0.40	3.8	0.3	0.53	E. G. Radley	gabbrodioritisch mit hohem c!
Quarz Gabbro	W.S.W. Corra Bheinn, Mull	133	19	44.5	26.5	9.5	0.18	0.42	4.9	0.3	0.60	„	
Basalt-Lava	Monadh Beag, Mull	133	20	45	24.5	10	0.24	0.40	5.5	0.3	0.54	„	
Quarz-Dolerit	Oberhalb Camas na Cloiche Moire, Ardnarn.	134	18.5	49.5	22	10	0.25	0.32	5.6	0.6	0.44	B. C. Dixon	
Quarz-Dolerit	Cruachan Dearg, Mull	145	19.5	49.5	21	9.5	0.32	0.32	6.7	0.2	0.42	F. R. Ennos	
Tholeit	Rudh'a' Chromain, Mull	152	24	42	24	9.5	0.28	0.47	2.5	0.3	0.57	E. G. Radley	
Craignurit (bas.)	Allet an Dubh-choire Mull	161	19.5	45.5	24.5	11	0.33	0.39	3.5	0.3	0.54	„	normaldioritisch b.
Basalt	Loch Ba Gruhine, Mull	163	22.5	44	21	12.5	0.35	0.27	5.3	0.7	0.48	„	Na-lamprosyenitisch
Cumbrat	Eskdale, Dumfriesshire	172	25	40.5	23	11	0.24	0.50	—	—	0.56	„	
Leidleit	Mullach Glach, Pennygael, Mull	195	27.5	39	21	12.5	0.48	0.47	2.6	0.2	0.54	„	normaldioritisch b.
Inninmorit	Pennygael, Mull	217	30	36.5	19	15	0.26	0.41	2.7	0.4	0.52	„	quarzdioritisch

# Nordbritisch - tertiäre Provinz II.

Inninmorit	Beinn an Lochain, Pennygael, Mull	261	31.5	32.5	15.5	20.5	0.29	0.20	3.7	0.5	0.48	E. G. Radley	quarzdioritisch
Inninmorit	Pennygael, Mull	264	30	33.5	16	20.5	0.31	0.18	3.3	0.5	0.48	„	„
Craignurit (sauer)	Allt an Dubh-choire Mull	284	30	31.5	15	23	0.48	0.29	2.8	0.3	0.48	„	„
Quarzfelsit	Ashval, Rum	341	34	24.5	12.5	29	0.32	0.19	2.3	0.3	0.52	W. Pollard	
Granophyr	Druim Eadmar da Choine, Skye	345	38	23	6.5	32.5	0.47	0.13	1.3	0.3	0.28	„	Na-lamprosyenitisch?
Augit-Granophyr	Craigmore Bay, Mull	368	34	25	8.5	32.5	0.47	0.19	2.2	0.6	0.34	E. G. Radley	engadinitisch mit hohem fm!
Felsit-Juninmorit	S. Coire Buidhe, 1/2 Meile N. Carsaig, Mull	385	38	25	7.5	29.5	0.56	0.17	5.2	0.6	0.30	F. R. Ennos	
Granophyr	Beinn a' Chairn, Skye	393	42	18	7	33	0.52	0.25	1.6	0.3	0.39	W. Pollard	engadinitisch
Rhyolith	Beinn a' Ghraig, Mull	393	38	19	7	35.5	0.51	0.03	1.3	Sp	0.37	E. G. Radley	
Granophyr	Beinn Bheag Gruline, Mull	395	39	23.5	10	28	0.28	0.04	2.0	0.3	0.43	„	alkaligr. b. Na-lamprosyen.
Granophyr	Berunore Lodge, Loch Ba, Mull	398	40	18	5	37	0.44	0.07	1.6	0.3	0.28	„	alkaligr. b. engadinitisch

Tab. 1 B. Peridotit-Allivalit-Eucrit-Serie (Fortsetzung Provinz II).

Peridotit	Abhuin Rhangail, Rum	50	1	98	1	Sp	0.66?	0.93	—	—	0.01	W. Pollard	} peridotitisch
Peridotit	Barkeval, Rum	53	2.5	93	3	1	0.10	0.69	0.4	—	0.03	" "	
Harrisit	Dornabac-Brücke b. Harris, Rum	63	10	79.5	10	1	0.18	0.83	0.2	—	0.01	" "	
Allivalit	Allival, Rum	72	17.5	63	17.5	2	0.05	0.83	0.1	—	0.28	" "	} hornblenditisch
Eucrit	S.E. Gipfel, Ben Buie, Mull	93	20	51	27	2.5	0.14	0.73	0.7	—	0.53	" "	
Eucrit	Allival, Rum	98	18	55	24	2.5	0.09	0.70	0.7	0.1	0.44	F. R. Eunós	
Olivin-Gabbro	Coir' a' Mhadaidh, Skye	102	26.5	39	31	3.5	0.11	0.67	0.5	—	0.80	W. Pollard	} ossipitisch
Olivin-Gabbro	Cuillin Lakkolith, Sligachan, Skye	103	34	25.5	36	4	0.07	0.63	0.4	Sp	1.41	" "	
Olivin-Dolerit	Coire Buidhe, Mull	104	31.5	33.5	29	6	0.11	0.47	1.8	0.1	0.87	E. G. Radley	
Biotit-Lucrit	S.E. Achuaha, Ardnamurchan	105	30	40	26	4	0.10	0.64	0.7	0.1	0.65	" "	} ossipitisch
Hypersth. Gabbro	S.W. Beinn na Sleig, Ardnamurchan	106	25.5	42	27	5.5	0.05	0.63	0.7	0.5	0.64	" "	
Eucrit	1¼ Meile S.E. Achuaha, Ardnamurchan	106	26.5	42	28	3.5	0.04	0.64	0.4	Sp	0.66	" "	
Gabbro	Leac an Leathaird, Mull	111	27	35.5	32.5	5	0.27	0.53	1.6	Sp	0.91	" "	} ossipitisch
Basalt	S.S.W. Derrynaculen, Mull	113	26	38.5	30	5.5	0.02	0.49	2.7	0.3	0.78	" "	
Basalt	S. Cairnon Cruach Choirdail, Mull	114	30.5	30	34	5.5	0.10	0.56	1.6	0.5	1.14	" "	
Basalt	N. Cairnon Cruach, Doire nan Guilean, Mull	115	27	36.5	30.5	6	0.05	0.49	1.6	0.1	0.84	" "	

### Nordbritisch - tertiäre Provinz III.

Tab. 1 C. Alkalimagmenserie.

Olivindolerit	Broc Bheinn, Sligachan, Skye	113	24.5	46	19	10.5	0.18	0.36	6.7	Sp	0.41	W. Pollard	essexitgabbroid
Mugearit	Süd-Fuß Fionn Chro, Rum	134	23	45	20.5	12	0.19	0.37	3.8	0.5	0.45	" "	gabbrodioritisch
Mugearit	Druim na Criche, Portree, Skye	135	25.5	42	15.5	17.5	0.21	0.30	3.8	0.2	0.37	" "	? theralitisch
Mugearit	Lilean a' Bhaird, Canna	146	22	41.5	22.5	13.5	0.23	0.40	4.5	0.5	0.54	" "	gabbrodioritisch
Mugearit	E. Kinloch Hotel, Mull	181	31.5	29	11	28	0.29	0.18	4.5	0.6	0.38	E. G. Radley	nosykombitisch
Alkalisyenit	Gamhnach Mhòr, Carsaig Bay, Mull	209	31	30	8.5	30.5	0.37	0.14	2.1	0.2	0.28	" "	Na-syenitisch
Phonolith. Trach.	Tobermory, Mull	212	34.5	23	6	36.5	0.24	0.27	1.9	0.8	0.26	" "	} nordmarkitisch-pulaskitisch
Trachyt,	Braigh a' Choir' Mhoir, Mull	253	36	21.5	5.5	36.5	0.38	0.17	1.4	0.5	0.26	" "	
Granophyr	S.E. Gringadale, Kilchoan, Ardnamurchan	315	36.5	18	10.5	35	0.35	0.08	2.7	0.8	0.58	B. C. Dixon	

### Anhang:

Tonalit	S.W. Glendrian, Ardnamurchan	144	27.5	39	22	11.5	0.29	0.41	4.3	0.8	0.56	E. G. Radley	tonalitisch
Monzonit	E. Achuaha, Ardnamurchan	196	32	32	16	20	0.31	0.41	3.0	0.4	0.50	" "	monzonitisch

Tab. 1 D. Übergangstypen.

Übg. Cragdurit	E.S.E. Cairn on Cruach Choiredail, Mull	175	23	41	19.5	17	0.32	0.31	6.3	0.7	0.17	E. G. Radley	Na-lamprosyenitisch
Übg. Cragdurit	W.S.W. Corra-Bheinn, Mull	185	20.5	40	20	20	0.28	0.26	7.8	0.8	0.50	" "	Na-lamprosyenit-essexit.
Pechstein	Beinn Hiant Cairn, Ardnamurchan	314	36.5	25.5	18.5	24	0.19	0.21	4.0	0.3	0.53	B. C. Dixon	
Übg. s. Cragdurit	E.S.E. Cairn on Cruach Choiredail, Mull	318	36	23	9	32	0.42	0.22	4.5	0.4	0.39	E. G. Radley	alkaligranitisch. c!

# Madagascar I.

Tab. 2 A. Massiv von Androy, Süd-Madagascar

Gestein	Fundort	No. in Lit 42	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm	Analytiker	Magma
Ankaramit-Oceanit	Andramasy	488	87	6	79	13	2	0.35	0.74	2.7	0.1	0.26		hornbl.-pyrox.-perid.
Olivin-Basalt	S. W. Tsivory	486	101	15	49.5	30.5	5	0.08	0.60	2.4	0.1	0.62		issitisch
And. Basalt	Fuß d. Mt. St. Louis	485	119	20	42	26	12	0.20	0.39	7.4	0.1	0.62		essexitgabbroid
And. Basalt	Andrantina	484	123	18	43	30.5	8	0.09	0.46	4.4	0.6	0.71		?
Sakalavit	Ranomainty	483	124	18	47	25.5	9	0.17	0.35	7.2	0.6	0.54		theralithgabbroid
Dolerit-Sakalavit	Pass zw. Manala u. Elakelaka	487	127	18.5	46	27	8	0.23	0.27	6.9	0.5	0.58		
Sakalavit	2 St. v. Antanimoro	482	130	18	46	27.5	8	0.21	0.30	5.9	0.5	0.60		
Sakalavit	Tranomaro	360	133	19	44.5	28	8.5	0.21	0.39	6.3	0.8	0.63		gabbrodioritisch mit hohem c!
Sakalavit	N. W. Analamainty	366	138	20.5	46	25.5	8	0.38	0.36	6.7	0.6	0.55		
Sakalavit	Sakamasoa	481	156	21.5	43.5	25	10	0.21	0.27	5.8	0.2	0.58		
Fayalit-Dellenitoid	S. Ranomainty	308	271	32	29.5	15.5	23.5	0.50	0.14	4.1	0.8	0.53		opdalitisch
Monzonit-Aplit	N. Ikonda	208	292	33.5	29	13	24.5	0.46	0.11	2.6	0.3	0.45		
Granodiorit-Aplit	Tamotamo	210	309	35	28	14.5	22.5	0.42	0.12	2.4	0.3	0.52		normalgranitisch
Mikrogranit mit Fayalit	Andramasy	209	324	35	24	14.5	26	0.43	0.13	3.9	0.3	0.60		
Pechstein	Col d' Itanovondro	306	407	38.5	17	12	32	0.46	0.06	2.1	0.3	0.71		yosemititisch
Rhyolithoid	Ivohitsombe	293	511	46	14	3	37	0.51	0.06	3.2	0.4	0.21		engadinit.-aplitgranit.
Mikrogranit	Tsivory													

# Madagascar II.

Tab. 2 B. Gebiet zwischen den Flüssen Tsiribihina und Onilahy (S. W. Madagascar).

Limburgit	Sakamena	400	86	15.5	49.5	27	8.5	0.14	0.61	2.2	0.8	0.55		theralithgabbroid
Limburgit	Betioka	399	93	15.5	48	27.5	9	0.24	0.50	6.9	0.8	0.57		normalgabbr.-ther.-gabbr.
Basalt	Antrakotrako	476	106	17	47	30	5.5	0.04	0.53	3.1	0.1	0.64		issitisch
Plag. Basalt	Tsiandava	372	110	20.5	42.5	29	7.5	0.11	0.39	3.9	0.4	0.68		pyrox.-hornbl.-gabbr.
Basalt	Tanilehy	367	121	22	46.5	24.5	6.5	0.29	0.42	2.8	0.6	0.53		normalgabbroid
Sakalavit	N. Analavelona	368	124	17	49.5	27.5	6	0.12	0.42	8.2	0.1	0.56		
Basalt-Sakalavit	Ifanata	477	132	22.5	43.5	24.5	9.5	0.15	0.31	5.6	0.2	0.56		gabbrodioritisch Na-syenitisch
Rhyolith	Antsedoha	475	355	35.5	29	7.5	28	0.39	0.18	3.0	0.6	0.26		
Pechstein	Antrakotrako b. Bataboara	474	413	40	19	7	34.5	0.41	0.17	1.7	—	0.37		nordmark.-pulask.

Tab. 2 C. Nordostküste von Madagascar.

Etindit-Ankaratrit	Zw. Ampondro u. Ambodimandro	494	85	13	51.5	25	10.5	0.15	0.59	4.6	0.7	0.49		theralithgabbroid
Limburgit	Mt. Marovato W. S. W. Vohéma	493	93	16	44	32	8	0.20	0.52	4.2	0.8	0.72		pyrox.-hornbl.-gabbr.
Basalt	Zw. Sahantala u. Antahala	491	114	18	48	28	6	0.12	0.52	4.2	0.1	0.58		" " "
Olivinfr. Basalt	Andranokoho	492	116	18	46	29	7	0.08	0.47	4.4	0.1	0.63		" " "
Oligoklas-Sakalavit	Ambatokatsy b. Antahala	490	136	15.5	50	24	10	0.16	0.28	7.8	0.5	0.48		theralithgabbroid
Rhyolithoid	Anse de Vohéma	489	340	35.5	23.5	10.5	30.5	0.44	0.26	3.5	0.3	0.45		
Rhyolithoid	Ampanobe	497	47.5	12	2	38	0.63	0.19	4.0	0.4	0.17			alkaligranit. bis engadinit

### Madagascar III.

Tab. 3 A. Gebiete am N.- und E.-Rand des kristallinen Massivs I.

„Labradorit“	Amboamgabe am Bemarivo	460	116	19	44	26	10.5	0.04	0.29	8.7	0.7	0.59	gabbrodioritisch nosykornbitisch
Analcim-Essexit	Antangaina	250	167	28.5	31.5	15.5	24.5	0.14	0.39	4.3	1.0	0.49	
Doreit	Zw. Anadabo u. Antombomay	464	175	32	27	18.5	22	0.37	0.30	3.4	0.7	0.69	larvikitisch alkaligranit. b. evisitisch
Mikronordmarkit	Betankilotra	216	254	37.5	19	9.5	33.5	0.37	0.37	2.4	Sp	0.50	
Grorudit	Antsiatsia	198	294	34.5	22.5	3.5	40	0.28	0.12	2.1	—	0.15	} alkaligranitisch
Qz.-Mikrosyenit mit Aeg. u. Amph.	Maroamalona	462	298	39	20.5	2.5	38	0.30	0.05	0.5	0.3	0.12	
Aegirinrhyolith	Hoch Andrarouga	459	333	37	20.5	4.5	38	0.30	0.03	2.3	0.3	0.22	

Tab. 3 B. Gebiete am N.- und E.-Rand des kristallinen Massivs II.

Basalt	Ambodivohitra S.W. Bealanana	379	89	17.5	49	27.5	5.5	0.26	0.58	5.1	0.5	0.56	issitisch
Basalt	Ampanompia	465	92	14	50	31	5	0.34	0.62	5.6	0.5	0.62	
Basanitoid	Basis des Tsaratanana	461	93	18	46	29	7	0.24	0.55	5.4	0.4	0.63	" pyrox.-hornbl.-gabbr. pyrox.-hornbl.-gabbr. b. essexitisch [ther.-gabbr.
Basanitoid	Sandrakotohely	466	95	18.5	44.5	28	9	0.29	0.55	6.2	0.5	0.63	
Lampr. Na-Essexit	W. Bekankilotra	249	117	27.5	35	19.5	18	0.08	0.49	4.4	0.6	0.56	ossipitisch tönsbergitisch larvikitisch
„Labradorit“	Zw. Antolongo u. Mangindrano	349	122	27.5	34	29	9.5	0.25	0.44	7.9	0.9	0.85	
Tahitit	Zw. Amparihy u. Belalona	342	134	29	27.5	18	25	0.30	0.48	3.4	0.2	0.65	} normalfoyaitisch
Nosean-Syenit	Zw. Amparihy u. Belalona	238	164	37	16.5	12	34.5	0.31	0.37	2.5	Sp	0.73	
Hauyn Phonolith	Ambohibory	336	197	40.5	11.5	6	42	0.26	0.46	0.6	0.2	0.52	} nordmarkitisch-pulaskit.
Phonolith	Ambohimirahavavy	337	210	42	11.5	3	43	0.26	0.34	0.8	—	0.26	
Aegirin Mikrosyenit	Bekankilotra	218	258	46.5	6.5	4	43	0.31	0.11	0.7	0.2	0.62	normalgabbroid.
Trachyt	Ampanompia	316	290	44.5	12	4.5	39	0.39	0.00	2.4	0.3	0.38	
Hypersthen Basalt	S. Makobo		115	13.5	55	25.5	6	0.24	0.62	4.7	0.1	0.46	
Phonolith-Trachyt	S.W. d. Tsaratanona	328	212	40.5	17	11	31.5	0.38	0.19	2.4	0.4	0.65	

### Madagascar IV.

Tab. 4 A. Gebiet zwischen den Flüssen Betsiboka und Rainobe I.

Gabbro	Fonjay	282	95	22	43.5	29.5	5	0.12	0.72	1.1	0.1	0.68	pyrox.-hornbl.-gabbr.
Olivingabbro	Ambohitrosy	280	96	20	41.5	28	5.5	0.11	0.61	0.4	Sp	0.67	
Basalt	Vilanandro W. Andranomavo	469	104	17	50	27	6	0.13	0.57	2.0	0.3	0.54	" normalgabbroid "
Basalt	Zw. Beseva und Sitampiky	374	110	20.5	47	25	7.5	0.26	0.55	3.9	0.3	0.53	
Basalt	Tsitondroina	468	111	19	45.5	27.5	7.5	0.09	0.46	4.0	0.3	0.60	" " ?
Basalt	15 km S. Kinkony See	371	115	19	48.5	26	6	0.17	0.48	3.7	0.3	0.54	
Qz Shoshonit	Ambohitrosy	343	125	19	51	22.5	7	0.48	0.36	4.3	0.3	0.44	" "
Basalt-Sakalavit	Maroala	362	134	22	44.5	25.5	8.5	0.11	0.36	7.0	0.3	0.57	
Basalt	Andranomilevina	365	134	20.5	44.5	26.5	8.5	0.26	0.46	3.3	0.3	0.59	} gabbrodioritisch mit hohem c!
Hyalo-Sakalavit	Wasserfall v. Zouy	469	149	19	42.5	28	10.5	0.28	0.42	2.6	—	0.66	
Sakalavit	N.W. Ampohispaka	473	161	22.5	42	24	11.5	0.23	0.33	5.0	0.5	0.57	normaldioritisch
Allivalit	Fonjay	285	89	30	36.5	31	2.5	0.10	0.79	3.6	0.1	0.85	anorthosit. mit hohem fm anorthositgabbroid
Leukokrater Gabbro	Ambohitrosy	277	141	37.5	21	33.5	8	0.32	0.21	2.3	0.3	1.60	



# Madagascar IV. Fortsetzung.

Tab. 4 B. Gebiet zwischen den Flüssen Betsiboka und Rainobe II.

Gestein	Fundort	No. in Lit 42	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm	Analytiker	Magma
Quarz-Trachyt	Bekodia	314	270	39	25	12	34	0.46	0.16	4.7	0.5	0.48		Na-syenit. b. nordm.-pul. nordmark.-pulask. engadinitisch engad. b. trondhjemit.
Aegirin-Qz.-Syenit	Ambositrosy	217	276	37	25	4.5	33.5	0.43	0.10	1.9	0.2	0.18		
Mikronordmarkit	N. Bedrietsy b. Morafenoba	470	316	42	18	4	36.5	0.38	0.12	0.8	—	0.22		
Rhyolith	Kizamahatako	204	401	42.5	15.5	4.5	37.5	0.50	0.24	5.0	0.3	0.29		
Rhyolith	Betandroka	301	407	43	16	5.5	36	0.22	0.17	2.0	0.6	0.34		

Tab. 4 C. Gebiet zwischen den Flüssen Betsiboka und Rainobe III.

Aegirin-Laneit-Granit	Ambositrosy	177	319	32.5	27.5	5.5	35	0.31	0.09	2.5	0.3	0.20		evisitisch
K-Pantellerit	Konglomerat von Nahabo	303	410	28	32.5	4	36	0.42	0.12	2.0	—	0.12		} k-pantelleritisch
K-Pantellerit	Konglomerat von Nahabo	302	438	32	27	1	40.5	0.50	0.26	1.1	—	0.04		

Tab. 5. Maskarenen (Réunion, Mauritius, Rodriguez).

Dunit	Plaine des Sables, Réunion	50	0.5	94.5	5	Sp	Sp	0.82	0.2	—	0.05	Boiteau	peridotitisch
Harrisit	Rivière du Mat, Réunion	63	5.5	81.5	11.5	1.5	0.41?	0.82	0.6	Sp	0.14	"	hornbl.-pyr.-perid.
Harrisit	Réunion, Lava v. 1897	75	10.5	72.5	14	3	0.23	0.74	2.7	0.2	0.19	"	
Oceanit	Piton de Neige, Réunion	76	10	72.5	14.5	3	0.20	0.74	2.7	0.2	0.20	"	" " "
Ankaramit-Oceanit	Mt. Pouce, Mauritius	80	10	67	18.5	4.5	0.25	0.70	2.8	0.2	0.28	Raoult	" " "
Olivin-Gabbro	Rivière du Mat, Réunion	84	15	55	28	2	0.11	0.74	1.0	Sp	0.51	Boiteau	issitisch
Microgabbro	Vallée du Mat, "	92	17	47.5	30.5	5	0.17	0.52	6.2	0.4	0.64	"	"
Olivin-Gabbro	Rivière du Mat, "	92	16	48.5	31.5	4	0.18	0.58	3.8	0.1	0.65	"	"
Olivin-Gabbro	Rivière du Mat, "	92	17	51.5	28	3.5	0.20	0.73	2.1	0.1	0.54	"	"
Doleritischer Basalt	Port Louis, Mauritius	97	17	51.5	26	6	0.15	0.57	3.8	0.4	0.50	Raoult	"
Ol. Plag. Basalt	Bras Rouge de Cilaos, Réunion	100	16.5	54	22.5	7	0.29	0.68	3.9	0.3	0.42	Boiteau	normalgabbroid
Basalt	Enclos Fouqué, Réunion	103	19	48	27	5.5	0.23	0.57	3.9	0.4	0.57	"	"
Pelées Haar	Piton de la Fournaise, Réunion	103	17	51	27	5	0.25	0.59	4.4	0.4	0.53	"	"
Olivin-Gabbro	La Chapelle, Réunion	106	23.5	41.5	25.5	9.5	0.28	0.45	4.9	0.6	0.61	"	pyrox.-hornbl.-gabbr.
Basalt	Lava v. 1905, Plaine des Osmondes, R.	106	19.5	43.5	31	6	0.23	0.51	4.6	0.3	0.71	"	" " "
Bytownit Bas.	Etang salé, Réunion	108	25.5	36.5	31	7	0.19	0.36	5.2	0.3	0.85	"	" " "
Basalt	Enclos Fouqué, Réunion	108	18.5	45	30	6.5	0.19	0.52	4.6	0.3	0.67	"	" " "
Basalt	Enclos Fouqué, Réunion	108	19.5	45	29.5	6	0.22	0.53	4.8	0.3	0.65	"	" " "
Diorit	Bras Rouge de Cilaos, Réunion	109	15.5	49	28	7.5	0.37	0.49	6.4	0.6	0.57	"	normalgabbroid
Basalt	Lava v. 1863, Réunion	109	19.5	44	30	6.5	0.20	0.51	6.2	0.4	0.68	"	pyrox.-hornbl.-gabbr.
Basalt	Lava v. 1909, Plaine des Osmondes, R.	109	19.5	45.5	29	6	0.20	0.53	4.9	0.4	0.64	"	" " "
Basalt	Lava v. 1909, Piton de la Fournaise, R.	110	18.5	45.5	30	6	0.20	0.52	4.5	0.4	0.66	"	" " "
Basalt (glasige Bombe)	Piton de la Fournaise, Réunion	113	21.5	43	29	6.5	0.20	0.49	4.7	0.4	0.68	"	" " "
Basalt	Tonnerre Cliff, Rodriguez	118	25.5	38	23	14	0.25	0.50	3.7	0.6	0.60	Raoult	gabbrodioritisch
Ol. Augit Andesit	Avirons, Réunion	126	25.5	39.5	22	13	0.23	0.38	7.7	0.8	0.56	Boiteau	"
Doleritischer Basalt	Rodriguez, Zw. gr. u. kl. Berg	127	25	36.5	27	11.5	0.27	0.88	4.0	0.6	0.74	Raoult	" c hoch!
Mugearit	Rempart de Bellouve, Salazie, Réunion	152	29	31.5	18	21	0.26	0.33	4.6	0.1	0.62	Boiteau	essexitisch
Monzonit	Bras Rouge de Cilaos, Réunion	201	33.5	27.5	11.5	27.5	0.54	0.30	3.5	0.6	0.42	"	nosykombitisch
Trachyt	Bras Rouge de Cilaos, Réunion	211	36.5	22.5	12.5	28.5	0.24	0.27	4.2	Sp	0.55	"	tönsbergitisch
Phon. Trachyt	Ravin des fleurs jaunes, Réunion	226	39.5	16.5	6.5	37.5	0.35	0.13	1.3	0.2	0.39	"	norm.-pulask.
Akerit	Ravin du Bras rouge de Cilaos, Réunion	232	39	21	11	29	0.30	0.16	2.0	0.4	0.52	"	} Na-syenitisch
Aegirin-Qz.-Syenit	La Chapelle, Réunion	271	34.5	25.5	4.5	35.5	0.30	0.05	5.3	0.3	0.18	"	

## E. Verzeichnis der benutzten Literatur.

### I. Allgemeines.

Für den allgemeinen Teil wird nur die im Text erwähnte Literatur angegeben, eine vollständige Bibliographie ist an dieser Stelle nicht beabsichtigt.

1. *F. Becke*, Das böhmische und das amerikanische Eruptivgebiet, ein chemisch-petrographischer Vergleich. Verh. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, 74. Karlsbad, 1902, 2. Teil, p. 125.
2. — Die Eruptivgebiete des böhmischen Mittelgebirges und der amerikanischen Andes. Tscherm. Mitt. XXII. I. 1903, p. 209.
3. — Das spezifische Gewicht der Tiefengesteine. Sitz.-Ber. math. naturw. Kl. d. k. k. Ak. d. W., Wien, Bd. CXX, Abt. I, 1911, p. 265.
4. *F. L. Bowen*, The later stages of the evolution of the igneous rocks. J. of Geol. XXIII, Supl. 1915.
5. *C. R. Burri*, Chemismus und provinzielle Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Schweiz. min. petrogr. Mitt. VI, 1925, p. 115.
6. *W. Cross*, An Occurrence of Trachyte on the Island of Hawaii. J. of Geol. XII, 1904, p. 510.
7. *R. A. Daly*, Relation of Mountain-Building to igneous Action. Proc. Am. Philosoph. Soc. 64, 1925, p. 283.
8. — Our mobile Earth, New-York, 1925.
9. *H. Dewey* u. *J. S. Flett*, On some British Pillowlavas and the Rocks associated with them. Geol. Mag. 1911, p. 202 u. 241.
10. *V. M. Goldschmidt*, Stammestypen der Eruptivgesteine. Vid. selsk. Skr. I. natw. Kl., 1922, Nr. 10.
11. *J. W. Gregory*, The structural and petrographic classifications of coast-types. Scientia XI, 1912, p. 36.
12. *A. Harker*, The Natural History of Igneous Rocks: Their geographical and chronological Distribution. Science Progress VI, 1896, p. 12.
13. — The Natural History of Igneous Rocks. London, 1909.
14. — Some Aspects of Modern Petrology, Brit. Ass. Adv. Sc. 80<sup>th</sup> Meeting, Portsmouth 1911. Opening Address Sect. C. wiederabgedruckt in: Nature, 137, 1909, pag. 38.
15. — Some Aspects of igneous Action in Great Britain. Q. J. 73 p. LV.
16. *W. Hommel*, Systematische Petrographie auf genetischer Grundlage. Berlin 1919.
17. *J. P. Iddings*, The Origin of Igneous Rocks. Bull. Phil. Soc. Wash. XII, 1892, pag. 89.
18. — Problems of Petrology (insb. 3: Petrographical Provinces) Proc. Am. Phil. Soc. L. 1911, pag. 286.
19. *H. J. Jensen*, The Distribution, Origin and Relationships of Alkaline Rocks. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, XXXIII, pag. 491, 1908.
20. *J. W. Judd*, On the Gabbros, Dolerites and Basalts of tertiary Age in Scotland and Irland. Q. J. geol. Soc. 1886.
21. *H. O. Lang*, Das Mengenverhältnis von Ca, Na und K als Vergleichspunkt und Ordnungsmittel der Eruptivgesteine. Bull. Soc. géol. Belge V, 1891, pag. 115.
22. — Beiträge zur Systematik der Eruptivgesteine, Tscherm. Mitt. XIII, 1892, pag. 115.



23. *A. Læwinson-Lessing*, Studien über Eruptivgesteine. C. R. Congr. géol. int. St. Petersburg 1897, pag. 193.
  24. *A. Michel-Lévy*, Note sur la classification des magmas des roches éruptives. Bull. Soc. géol. de France t. 25, 1897, pag. 326.
  25. *Albert Michel-Lévy jr.*, Revue de Pétrographie. Rev. gén. des Sc. Vol. 24, 1913, pag. 500.
  26. *P. Niggli*, Petrographische Provinzen der Schweiz. Vierteljahr-Schrift naturf. Ges. Zürich, 67 (Festschrift Albert Heim), 1917, pag. 169.
  27. — Lehrbuch der Mineralogie. I. Aufl. Berlin, 1920.
  28. — Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungmediterranen Kettengebirge. Schweiz. min. petr. Mitt. II, 1922, p. 169.
  29. — Gesteins- und Mineralprovinzen I, Berlin 1923.
  30. — Homogeneous equilibria in magmatic melts and their bearing on the processes of igneous rock-formation. Trans. Faraday Soc. XX. 3. 1925.
  31. *G. T. Prior*, Contributions to the Petrology of British East Africa. Comparison of volcanic rocks from the great Rift Valley with rocks from Pantelleria, the Canary Islands, Ascension, St. Helena, Aden and Abyssinia. Min. Mag. XIII, 1903, pag. 223.
  32. *H. Rosenbusch*, Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine. Tscherm. Mitt. XI, 1890, p. 144.
  33. *M. Stark*, Petrographische Provinzen. Fortschr. d. Min. IV, 1914, p. 273.
  34. *G. W. Tyrrell*, The Principles of Petrology, London 1926.
  35. *H. S. Washington*, The Roman Comagmatic Region, Washington D. C. 1906.
  36. *A. Wegener*, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig 1922.
  37. *F. v. Wolff*, Der Vulkanismus I, Stuttgart 1914.
- II. Spezielle Literatur über die Nordbritische Provinz und die damit verglichenen Gebiete des Indischen Ozeans.
33. *E. B. Bailey* u. a. Tertiary and post-tertiary Geology of Mull, Loch Aline and Oban. Mem. geol. Surv. Scotl., 1924.
  39. *A. Harker*, Petrography of the tertiary igneous rocks North Arran, South Bute and the Cumbraes. Mem. geol. Surv. Scotl, 1903 (Shet 21).
  40. — The tertiary igneous Rocks of Skye. Mem. geol. Surv. U. K. 1904.
  41. — u. *G. T. Barrow*, The Geology of the small Islands of Inverness-Shire (Rum, Canna, Eigg, Muck etc.) Mem. geol. Surv. Scotl. 1908 (Sheet 60).
  42. *A. Lacroix*, Minéralogie de Madagascar, I—III, Paris 1922—23.
  43. *G. W. Tyrrell*, Some tertiary dykes of the Clyde Area. Geol. Mag. 64, 1917, pag. 305 u. 350.
  44. — The Petrology of Arran. Geol. Mag. 60, 1913, p. 305 u. 63, 1916, p. 193.
  45. — The Petrography of Jan Mayen. Trans. R. Soc. Edinburgh LIV 3, 1926, pag. 747.
  46. *H. S. Washington*, Deccan Traps and other Plateau Basalts. Bull. geol. Soc. Am. XXIII, 1922. p. 765.