

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1922. Heft III

November- und Dezembersitzung

München 1923

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Über zwei verschiedenartige Injektionen syenitischer Magmen.

Von **Erich Kaiser.**

Mit vier Textfiguren.

Vorgetragen in der Sitzung am 4. November 1922.

Eigentümlich erscheinende Wege führten mich, nachdem ich wenigstens kurz mit zwei der von dem Bahnbrecher moderner petrographisch-geologischer Forschung W. C. Brögger untersuchten Vorkommen syenitischer Gesteine bekannt geworden war, einmal zu kürzeren, aber doch eingehenden Untersuchungen in die Serra de Monchique Portugals und dann zu ausgiebigen Studien an den Syenitvorkommen der südlichen Namib Südwestafrikas. Die Serra de Monchique mit ihrem einheitlich aufzufassenden Injektionskörper und die verschiedenen Syenitvorkommen der Namib Südwestafrikas bieten in ihren Formen und den mit ihnen zusammenhängenden Differentiations- und Assimilationsvorgängen in manchen Beziehungen große Gegensätze, nach anderer Richtung so große Ähnlichkeiten, daß sich ein Vergleich beider miteinander lohnt, um daraus allgemeine Schlüsse abzuleiten.

I. Die Injektionsformen und ihre Beziehung zur Faltung.

Die Serra de Monchique¹⁾ habe ich früher als einen Lakkolithen aufgefaßt, habe die damals schon vorliegenden Deutungen von Harker über phakolithische Injektionsformen besprochen, glaubte aber noch nicht, einen besonderen Injek-

¹⁾ Erich Kaiser, Der Eläolithsyenit der Serra de Monchique im südlichen Portugal. Neues Jahrbuch f. Min. 1914, Beil. Bd. 39 (Festband Bauer), S. 225—267.

tionstypus abtrennen zu müssen. Die Folgezeit lehrte mich aber, daß wir an so zahlreichen Stellen Injektionen in Beziehung zu Faltungsvorgängen sehen, daß diese Formen doch unbedingt von dem von Gilbert und anderen gedeuteten Lakkolithen abgetrennt werden müssen, vor allem, da sie genetisch vollkommen verschiedenartig sind, so daß es recht bedauerlich ist, daß unsere Lehrbücher den Begriff der Phakolithe noch nicht erläutern. Schon bald nach der Abfassung meiner ersten Arbeit über die Serra de Monchique beabsichtigte ich, meine ältere Darstellung dahin zu verbessern, daß wir die Serra de Monchique nicht als Lakkolith, sondern als Phakolith im Sinne von Harker deuten müssen, daß Injektion und Form nicht allein als aktive Äußerung des Magmas anzusehen sind, sondern daß äußere nichtmagmatische Faktoren für die Formgebung und Raumfüllung bestimmend waren. Diese Berichtigung schob ich infolge der Kriegsverhältnisse auf. Jetzt führten mich die neueren Ausführungen von Hans Cloos dazu, gerade diesen Intrusionsvorgang wieder näher zu betrachten. Anschließend an Untersuchungen von Erich Bederke spricht Cloos¹⁾ von einer neuen Intrusionsform, die, ebenfalls im konkordanten Injektionsverband, mit sichelförmigem Grundriß eine Verbindung von Faltungsvorgängen und Injektion zeigt. Wenn auch diese sichelförmig gestalteten konkordanten Injektionskörper nicht direkt mit der Serra de Monchique verglichen werden können, so zeigen sich doch in beiden Formen so große Beziehungen zu den Faltungsvorgängen, daß beide, mit anderen als besonderer Injektionstypus aufgefaßt, keinesfalls mit Lakkolithen zusammen besprochen werden dürfen. Der Begriff der

¹⁾ Hans Cloos, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Sammlung Vieweg, Heft 57, Braunschweig 1921. Vgl. auch die übrigen Arbeiten desselben Verfassers zu diesem Thema: Geologie der Schollen in schlesischen Tiefengesteinen. Neue Untersuchungen im Grenzgebiete der Gebirgsbildung. Abh. d. Preuß. Geolog. Landesanstalt, N. F., Heft 81, Berlin 1920. — Tektonik und Magma. Untersuchungen zur Geologie der Tiefen. Abh. d. Preuß. Geolog. Landesanstalt, N. F., Heft 89, Berlin 1922. Darin besonders: Erich Bederke, Die Intrusivmasse von Glatz Reichenstein, S. 39—70. — Der Gebirgsbau Schlesiens, Berlin (Bornträger) 1922.

Phakolithe von Harker bedarf einer Erweiterung. Wenn ich Harker richtig verstehe, so betrachtet er zunächst verhältnismäßig kleine Injektionsformen, wenn er auch schon auf die Rücken von Baltzer hinweist. Im ganzen müssen alle diese mit der Faltung zusammenhängenden konkordanten Injektionsformen¹⁾ von den vielen kleinen und großen granitischen, bank- und linsenförmigen Einschaltungen in die Injektionsgneise mit weitgehender Injektionsmetamorphose bis zu den erwähnten konkordanten Injektionsformen in wenig metamorphosierte, gefaltete Gesteine dem Begriff der Phakolithe untergeordnet werden, für die eine Beziehung von Faltung und Injektion vorliegt. Auflockerungszonen der Gebirgsfaltung begünstigen diese Injektion. Dabei kommen verschiedenartige Stellen der Faltungszonen in Betracht. Führte Harker den Antiklinen eingelagerte Phakolithe vor, so zeigt uns das Beispiel von Cloos und Bederke Einschaltung in den einzelnen Gebirgsbogen, wogegen wir bei den konkordanten Injektionen der Injektionsgneise wohl in vielen Fällen noch nicht sagen können, wie sich die einzelnen Intrusivformen zu der Faltung verhalten. In einzelnen Fällen ist direkt nachzuweisen, daß die Injektion dieser Phakolithe in die letzte, in anderen Fällen in eine besondere Phase der Faltung fällt. Die folgenden Darlegungen über die Serra de Monchique zeigen nach dieser Richtung ein besonderes Beispiel.

Einzelheiten meiner früheren Darstellung brauche ich nicht zu wiederholen. Ich verweise auf die meiner früheren Arbeit beigegebenen Figuren und Profile, aus denen sich nicht nur die Konkordanz des Hauptkörpers, sondern auch vieler Parallelager ergibt, auch eine Konkordanz von Schlierenzonen (Zonen von Lazerations-Sphaeroiden Salomons) und eine Parallelität einer ausgesprochenen Klüftung mit den äußeren Grenzen des Intrusionskörpers.

Die Syenitstücke der südlichen Namib bilden demgegenüber deutlich diskordante Formen, die unabhängig

¹⁾ Vgl. L. Milch, Zentralbl. f. Min. 1903, 445.

sind von der Faltung. Wenn ich auch bereits an früheren Stellen einiges über die Syenite der südlichen Namib auf Grund meiner Beobachtungen mitgeteilt habe,¹⁾ so habe ich noch nicht die Frage des Injektionsverbandes mit den Nebengesteinen behandelt. Von den in der Namib Südwestafrikas bis jetzt bekannt gewordenen Syenitvorkommen, dem Granitberg, etwa 80 km südlich von Lüderitzbucht, dem Signalberg-Schlueberg-Massiv an der Pomonainsel, etwa 60 km südlich der Lüderitzbucht, und dem Drachenberg-Massiv, etwa 55 km südsüdöstlich von Lüderitzbucht und dem von Herrn Dr. Reuning aufgefundenen Vorkommen bei Kap Cross etwa 115 km nordnordwestlich von Swakopmund sind nur die drei ersten in bezug auf ihren Injektionsverband durch meine Untersuchung näher bekannt geworden. Abb. 1 zeigt uns den Granitberg selbst und einige kleinere, nördlich davon gelegene Syenitdurchbrüche im Verhältnis zu der Kleinfaltung in der Umgebung. An dieser Faltung sind beteiligt ein krystalliner Untergrund von Gneisen, mit dem Schichtverbande konkordant injizierten älteren Graniten und diskordanten Durchbrüchen von jüngeren Graniten, dann ihnen diskordant auflagernd, Schichten der Namaformation. In diesen wird eine untere Dolomitlage von höher lagernden Quarziten und Sandsteinen mit Tonschiefern und oberen Dolomiten (bändriger Dolomit und Hauptdolomit) unterschieden. Diese Schichten sind in ungefähr parallele Falten gelegt, die im allgemeinen S—N, in der Nähe des Granitberges mehr SSO—NNW streichen. Durch diese hindurch sind die syenitischen Gesteine durchgebrochen und zeigen nur auf gewisse Strecken hin in einzelnen Apophysen lagerartiges Eindringen in das Nebengestein. Es herrscht also im allgemeinen ein diskordanter Injektionsverband, der nur stellenweise in Akkordanz

¹⁾ Erich Kaiser, Studien während des Krieges in Südwestafrika. 1. Assimilationserscheinungen an den Elaeolithsyeniten des Granitberges in der südlichen Namib. Z. d. D. Geol. Ges. 1920, Bd. 72, Monatsber. S. 52—64. Bericht über geologische Studien während des Krieges in Südwestafrika. Abh. d. Gießener Hochschulgesellschaft II. Gießen 1920, S. 18 u. f.

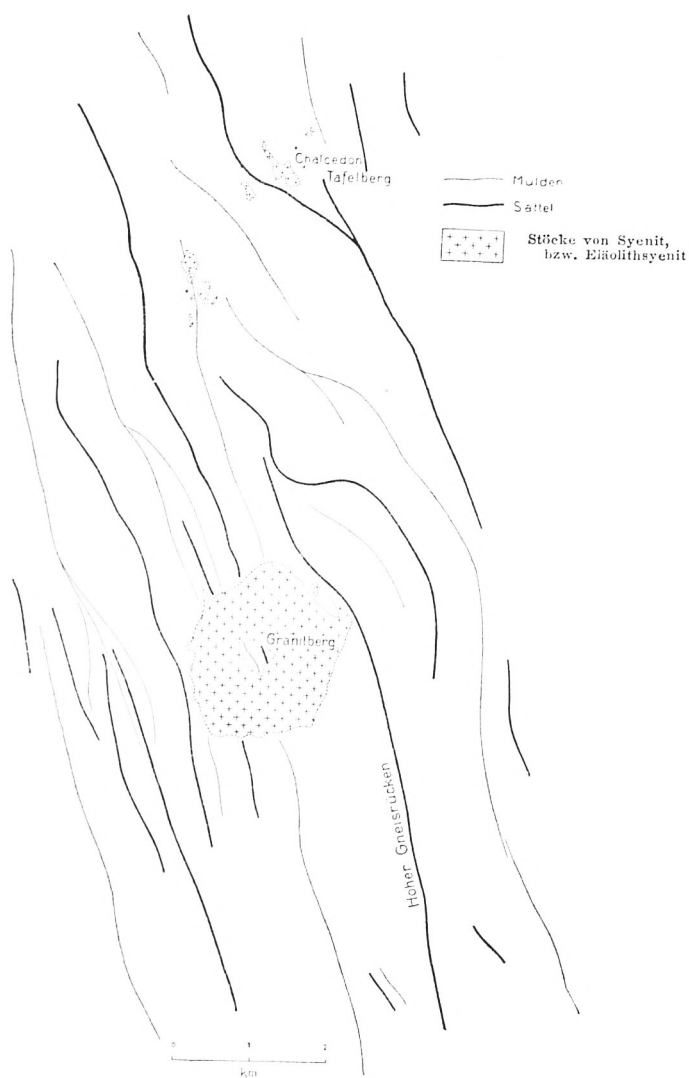


Abb. 1. Die Kleinfaltung in der Umgebung des Granitberg (Namib, SW.-Afrika).

im Sinne von Cloos übergeht. Die Faltenzüge, die vom Norden an den Granitberg heranstreichen, setzen im Süden in gleicher Richtung weiter fort. Selbst eine größere Scholle innerhalb des Injektionskörpers, die uns noch näher beschäftigen wird, zeigt die Fortsetzung der von N heranlaufenden Sättel und Mulden. Wenn auf der Kartenskizze im S zum Teil eine Fortsetzung der Faltenzüge fehlt, so liegt dies daran, daß gerade vor dieser, wenn auch nur wenig über die Umgebung sich erhebenden Kuppe große Massen von Flugsand angelagert sind und einen Einblick verhindern. Aber doch lassen sich die allgemeinen tektonischen Verhältnisse hier festhalten. Eine eigenartige Umbiegung der tektonischen Linien am Ostrande des Granitberges könnte leicht, aber fälschlich auf den Injektionsvorgang zurückgeführt werden. Denn diese Umbiegung der Linien im O erklärt sich einfacher, was aus der Abbildung 1 nicht, aber aus der, meinem demnächst erscheinenden Hauptwerke¹⁾ beizugebenden geologischen Spezialkarte (Aufnahme von Dr. W. Beetz und mir) zu ersehen ist. Diese Umbiegung der tektonischen Linien im O ist dadurch bedingt, daß hier von S an den Granitberg ein Sattel von alten Gneisen herantritt mit sehr starker doppelter Injizierung granitischer Gesteine. Dieser Komplex hat sich verhältnismäßig starr verhalten und eine Umbiegung der tektonischen Linien bei der Faltung vor der viel späteren Injektion der Syenite veranlaßt. Der verhältnismäßig starre Körper älterer krystalliner Gesteine hat hier eine Ablenkung der Faltenzüge bedingt, ebenso wie an anderen Stellen der südlichen Namib. Wäre der Injektionsvorgang gleichzeitig mit der Faltung, so würde man eine viel weitgehendere Akkordanz erwarten müssen und auch eine Umbiegung der tektonischen Linien an der W-Seite unseres Injektionskörpers.

Die beiden anderen größeren Syenitstöcke unseres Gebietes setzen nur in krystallinem Grundgebirge auf, durchbrechen nicht die Schichten der Namaformation. Daraus darf man

¹⁾ Erich Kaiser, Das südliche Diamantengebiet Südwestafrikas. Mit zahlreichen Karten und Tafeln. Erscheint 1923 bei der Verlagsbuchhandlung Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), A.-G. in Berlin.

nicht schließen, daß sie älter sind als die dem Grundgebirge diskordant auflagernden Namaschichten. Denn die mit der Intrusion des Syenites des Signalberg-Schlueberg-Massivs und des Drachenberges gleichzeitigen, z. T. nur der Injektion nachfolgenden Gangintrusionen durchsetzen die gesamten Schichten der Namaformation.

In Abbildung 2 habe ich eine Übersichtsskizze der drei verschiedenen Syenitvorkommen, ihrer Ganggefolgschaft und ihres Verhältnisses zur Faltung gegeben. Von der Unzahl der bei der geologischen Kartierung festgestellten Gänge habe ich nur einen kleinen Teil, aber doch die wesentlichsten, eintragen können. Eine Akkordanz ist stellenweise zu beobachten. Die Mehrzahl der Gänge durchsetzt spießwinkelig nach allen Richtungen hin die Faltenzüge. Ein System kann vielleicht herausgelesen werden, das sich einmal ungefähr parallel zu dem Hauptküstenverlauf stellt und dann senkrecht dazu. Die Faltenzüge selbst stoßen im allgemeinen diskordant an der Küste ab. Eine Parallelität zwischen Faltenzügen und Streichen der Gänge ist nur dort häufiger zu beobachten, wo die Faltenzüge parallel zur heutigen Küste liegen. Aber widersinnig wäre es, aus zahlreichen Einzelbeobachtungen, von denen die Abbildung nur einen Teil wieder gibt, nun eine Beziehung von Küstenverlauf, Faltenbau und Gangstreichen herzuleiten. Richtiger ist es, die Vorgänge so zu trennen, daß man Faltung als unabhängig von der Küste ansieht, wie wir dies ja auch von anderen großen Teilen Südafrikas bereits wissen, daß der Küstenabbruch erst nach der Faltung erfolgte, mit dem vielleicht die syenitischen Injektionen und die Gangausfüllungen in Beziehung stehen. Jedenfalls aber muß man gerade aus dem Verhalten des Gangstreichens zu dem Faltenbau herleiten, daß auch die Ganginjektion unabhängig von der Faltung erfolgte, beide Vorgänge nicht synchron sind. Aus meinen zahlreichen Beobachtungen deute ich nur einen Teil an, der uns wiederum die Unabhängigkeit dieser Syenitinjektionen der südlichen Namib im ganzen von der Faltung anzeigt.

Wir haben also in diesen beiden miteinander verglichenen

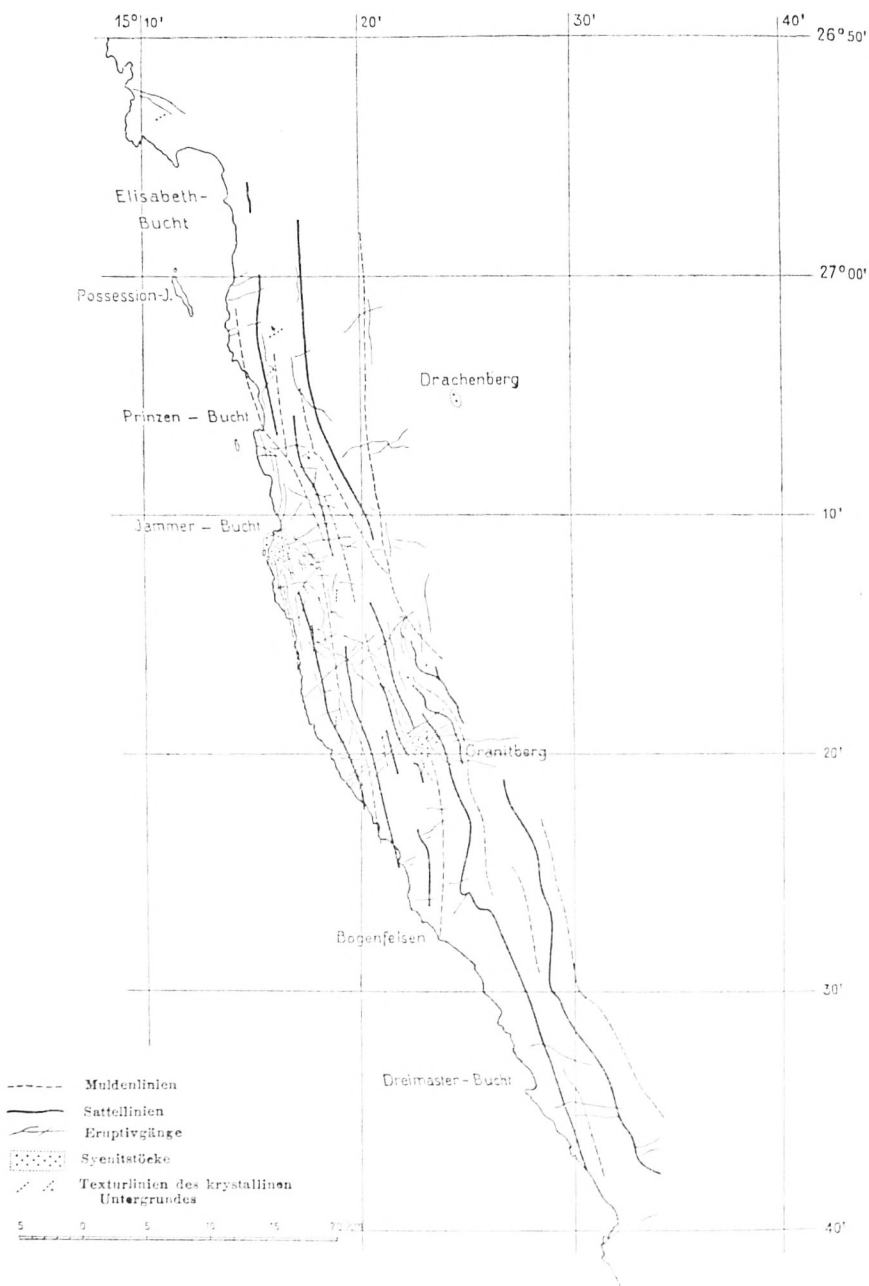


Abb. 2. Die Injektionen syenitischer Gesteine und ihrer Gangfolge im Verhältnis zur Faltung in der südlichen Namib Südwestafrikas (Küstenzone).

Formen von Tiefenintrusionen verschiedenartigen Injektionsverband vor uns. Nachdem wir nun die Untersuchungen von Cloos über die Anwendung granittektonischer Methode haben, fragt es sich, ob die vorliegenden Beobachtungen an den beiden Tiefenintrusionskörpern nach dieser Methode ausgewertet werden können. Bei den Untersuchungen in beiden Gebieten war mir die Arbeitsmethode von Hans Cloos unbekannt, so daß die Feldbeobachtungen, die z. T. bereits veröffentlicht, z. T. aus den Aufnahmebüchern hier zusammengestellt sind, nicht unter dem Gesichtspunkte der neueren granittektonischen Methode durchgeführt sind.

2. Gang- und Kluftrichtung.

In der Serra de Monchique treten mannigfache Ganggesteine auf, über deren Verhalten zu dem Hauptkörper ich früher nicht berichtete. Nach meinen Aufnahmebüchern beobachtete ich an zahlreichen Stellen Parallelität der Gangaufüllungen mit der Haupterstreckung des Phakolithen, Parallelität zum Salband, oder ein dazu ungefähr senkrechtcs Streichen. Damit kommen (man vergleiche die Kartenskizze¹⁾ der Serra de Monchique) O-W, bzw. WSW-ONO gerichtete Gänge ebenso vor wie S-N oder SSO-NNW gerichtete. Dagegen sind nach anderer Richtung verlaufende Gänge seltene Ausnahmen. Von besonderer Bedeutung ist das Verhalten der basischen (campitonitisch-monchiquitischen) Gänge. „Die Ausfüllung beider Klüftungsrichtungen erfolgte wohl zu gleicher Zeit. Die basischen Gänge verwerfen sich gegenseitig nicht, sondern setzen glatt durch einander hindurch im Gegensatz zu anderen Stellen, wo sich basische und saure kreuzen, wobei die letzteren eine Verschiebung erfahren haben.“ Dieser bei den Feldbeobachtungen festgestellte Gegensatz ist von großer Wichtigkeit. Die ältesten Gänge sind hier saurer Beschaffenheit, während die später eindringenden basischen Nachschübe in zwei verschiedenen Klüftungsrichtungen zu gleicher Zeit eindringen konnten. Das senkrechte Durchschneiden mehrerer Gangrichtungen basi-

¹⁾ Anm. 1, Seite 255.

scher Ausfüllungen ist an vielen Stellen, namentlich in der Nähe des Kontaktes beobachtet. Dabei zeigte sich auch, daß in einer Richtung durchsetzende basische Gänge zahlreiche Apophysen in der dazu senkrechten Richtung aussenden. Sehr schön würde hier die Cloossche Darstellung durch eine Gangrose das Bild vervollständigen können, aber bei den Umbiegungen im Verlaufe des Salbandes würde eine derartige Darstellung ein verschleiertes Bild geben. Denn die Parallelität und das Senkrechtstellen zum Salband bedingt beim Wechsel in der Streichrichtung der Grenze auch ein Wechseln in dem Streichen der Gänge. Damit würde das Bild, auf die gesamte Serra de Monchique ausgedehnt, Abweichungen von dem im einzelnen beobachteten Bild ergeben. — Ebenso wie eine Parallelität von Gängen zum Salband beobachtet wurde, so wurde auch eine Parallelität der Klüftungerscheinungen mit dem Salbande festgestellt. Früher¹⁾ sprach ich von einer Bankung, davon, daß sich aus dem Verband des Eläolithsyenit Bänke herauslösen. Diese Ausdrucksweise darf man aber nicht mit der Bankung im Sinne von Cloos, sondern muß sie mit seinem Lager vergleichen, das in der Serra de Monchique recht steil gestellt ist. Ein Teil der Gangintrusionen folgt diesem Lager. Die zahlreichen dem Syenit eingeschalteten Schlieren und Resorptionerscheinungen, auf die ich später noch einmal zurückkomme, folgen ebenfalls dem Lager. Ein anderer Teil der Gänge entspricht aber den Querklüften von Cloos. Ich glaube auch, daß die anderen granittektonischen Elemente auch in der Serra de Monchique beobachtet worden wären, wenn ich damals schon hierauf geachtet hätte.

Zu beachten ist weiter die früher schon ausführlich besprochene Erscheinung, daß in der Umgebung des Eläolithsyenits der Serra de Monchique zahlreiche, typische Lagergänge konkordant in den Schichten auftreten, die alle zu den sauren Injektionen des Eläolithsyenitmagma in die Umgebung gehören. Gegenüber der großen Zahl dieser sauren Apophysen

¹⁾ Anm. I, Seite 255.

sind basische Gänge dort äußerst spärlich, fehlen sogar im größten Teil der Umgebung. Die Injektion des Eläolithsyenits selbst und die ältere saure Spaltung sind konkordant dem Schichtverband eingeschaltet, während die jüngere basische Spaltung, aber nur innerhalb des Eruptivkörpers, sich einmal derselben Richtung anpaßt, aber auch in eine zweite, dazu senkrechte Richtung eingepreßt wurde. Wir müssen dadurch zu der Auffassung kommen, daß bei dieser phakolithischen Injektion die gebildeten magmatischen Körper zuerst noch in die durch die Texturlinien des Nebengesteins vorbestimmte Richtung eingeordnet sind infolge einer Aufblätterung, die in dem Faltungsvorgang ihre Begründung hat, daß dann aber eine zweite Periode des Faltendruckes noch während der Spaltung des Eruptivkörpers einsetzt. Diese zweite Richtung äußert sich in einer Klüftung, die zu den Texturlinien des Nebengesteins senkrecht steht, während die Auflockerung sich ihrem Ende nähert. Infolge dessen werden nun zwei zueinander senkrechte, aber in Bezug auf den Injektionsvorgang gleichwertige Richtungen mit den basischen Spaltprodukten des Magmas ausgefüllt. Wir folgern daraus wiederum eine Verknüpfung von Faltungsvorgängen und dadurch bedingtem Wechsel der Druckrichtungen einerseits mit Injektionserscheinungen andererseits, ein Ineinandergreifen beider.

Im Gegensatz dazu aber stehen die Syenite der südlichen Namib. Ich greife aus dem Hauptwerke¹⁾ über meine südwestafrikanischen Arbeitsergebnisse nur das für diesen Vergleich wichtige heraus. Auf Klüftungsercheinungen in den Syeniten der Namib habe ich leider, wie ich zugeben muß, nicht genügend geachtet. Neben den primären Klüftungen aus der Injektionsperiode und deren direkten Folgeerscheinungen kommen aber in jenem Trockengebiet hinzu die zahlreichen Insolutionsrisse, die die Felsen fast überall durchsetzen, an der Oberfläche fast alle Blöcke zerteilen. Aufschlüsse zum Einblick in große Tiefe gibt es nicht. Zweifellos wäre es sehr

¹⁾ Anm. 1, Seite 260.

wichtig, wenn einmal nachgeprüft würde, ob diese Insolationsrisse nicht in einer gewissen Beziehung stehen zu Klüftungen etc. Dabei müßten aber auch in jenem Trockengebiete die verschiedenartigen, sowohl die konkordanten (Granite im älteren Grundgebirge) wie diskordanten (jüngere Granite und die späten Syenite) Injektionskörper miteinander verglichen werden. Aber eine Hauptrichtung der Klüftung ist auch bei meinen Untersuchungen genauer festgelegt worden durch eingehende Verfolgung der auftretenden Gangaufüllungen. Diesen habe ich von Anfang an besonderes Augenmerk gewidmet, da gerade die z. T. überreichen Gangaufstriche zu einer einheitlichen Darstellung führen mußten. Beschränkung war natürlich auch hier geboten. Denn wenn auch im allgemeinen in diesen Trockengebieten der Bau des Gebirges offen und klar zutage liegen soll, so gilt das nur bis zu einem gewissen Grade. Wenn im humiden Klima ein dichter Verwitterungsschutt und eine nur an wenigen Stellen unterbrochene Vegetationsdecke mit ihren humosen Verwitterungsprodukten den Einblick in den Untergrund bis aufs äußerste erschwert, so erleichtert zweifellos die Ausräumung chemischer und physikalischer Verwitterungsprodukte auf weite Strecken hin und der Mangel an Vegetation in jenem Wüstengebiete den Einblick sehr. Aber doch sind viele Stellen vorhanden, an denen Schuttmassen des Trockengebietes angehäuft sind und ebenso wie weit ausgedehnte Flugsandanwehungen den Untergrund verschleiern. Aber abgesehen von diesen gegenüber dem humiden Klimareiche verhältnismäßig beschränkten Stellen habe ich doch die meisten Gangaufüllungen innerhalb der Injektionskörper wie in dem Nebengestein genauer verfolgen können. Dabei zeigte sich nun, daß bei dem diskordanten Injektionsverband des Granitberg wohl eine Richtung bevorzugt ist, die sich von WSW nach ONO zieht, aber doch nicht senkrecht steht auf der Faltung der Schichten in der Umgebung. Aber abgesehen von dieser etwas bevorzugten Richtung zeigen sich alle möglichen Richtungen im Granitberg und dessen Umgebung. Sowohl radial aus dem Granitberg nach den verschiedensten Richtungen her-

austretende Gänge wie auf ziemliche Erstreckung hin parallel zu dem äußeren Salband, konzentrisch zu diesem, verlaufende Gänge sind vorhanden. Auch annähernd senkrecht zu dem Salbande streichende Gänge sind vorhanden. Aber die daraus sich ergebenden Winkel zwischen den ungefähr senkrecht zueinander verlaufenden Gängen sind nach den verschiedensten Richtungen hin geöffnet. Die Beziehung zwischen Salband und Gangausfüllung im Innern des Injektionskörpers ist derart, daß nach der annähernd rundlichen Begrenzung zahlreiche radiale Gänge durchlaufen und senkrecht dazu im Innern mit Gangmaterial ausgefüllte Spalten vorhanden sind, die aber bogig verlaufend immer wieder einen radial verlaufenden Gang senkrecht zu einem anderen Bogenstück des äußeren Salbandes entsenden. Die Einheitlichkeit des Injektionskörpers mit konkordantem Injektionsverband der Serra de Monchique fehlt. Dafür ist ein anderes, in den inneren, nicht den äußeren Verhältnissen begründetes System getreten.

3. Assimilationserscheinungen.

Sehen wir in den Gangausfüllungen beider Injektionskörper Gegensätze, so zeigen uns die Assimilationserscheinungen zunächst gewisse Ähnlichkeit. Unter dem Banne der früher herrschenden Ablehnung weitgehender Assimilation habe ich mich bei der Bearbeitung der Serra de Monchique noch nicht so scharf für Assimilation ausgesprochen, wie es sicher hätte erfolgen müssen, wenn ich die schönen überzeugenden Assimilationserscheinungen an den Syeniten der südlichen Namib gekannt hätte. Aber ich wies doch mehrfach auf den eigenartigen Verband von Schlieren hin, die parallel zu der äußeren Begrenzung des konkordanten Injektionskörpers der Serra de Monchique auftreten, sich von den eigenartigen Einstülpungen des Nebengesteins in den Syenitkörper hinein fortsetzen. Aus meinen Aufzeichnungen ergibt sich, daß ich immer wieder eine Parallelität der Einschlüsse mit den äußeren Begrenzungsflächen des Syenits feststellte, daß tafelige und nadelige Bestandteile, wie Feldspate, Glimmer, Hornblende der

äußeren Begrenzungsfläche parallel geordnet sind, woraus hervorgeht, daß wohl eine Streckung parallel dem Salbände vorliegt. Besonders hervortretend ist diese Parallelordnung in eläolithsyenitporphyrischen Schlieren innerhalb des Foyaits, in denen die tafeligen Feldspate parallel dem äußeren Salbände des gesamten Syenitkörpers auch dann geordnet sind, wenn die einzelne Schliere innerhalb des Syenits davon abweichend, unregelmäßig begrenzt ist, so daß dann z. T. einzelne Feldspate schiefwinklig, ja senkrecht auf der Begrenzungsfläche der Schliere stehen, sich dabei aber in die allgemeine Tektonik des ganzen Syenits einordnen. Es sind das Erscheinungen, die nicht mehr verwunderlich sind, wenn man von den Druckvorgängen ausgeht, die uns Hans Cloos an den Graniten gezeigt hat.

Besonders tritt eine schlierig-streifenförmige Anordnung der fremden Bestandteile mit deutlicher Paralleltextur in der Serra de Monchique am Kontakte hervor. In einzelnen, aufeinander folgenden Bändern sind reichlich oder spärlich dunkle Gemengteile angereichert, wodurch die Texturverhältnisse oft schon von weitem auffallen. Der Einfluß des Nebengesteins zeigt sich an den einen Stellen durch Vorwalten femischer, an den anderen Stellen salischer Bestandteile an der äußeren Zone des Injektionsmassivs. Struktur und Textur wechseln ständig. Auffallend sind auch in der Serra de Monchique am Salbände oft recht grobkörnige, ja pegmatitische Ausbildungen. Diese Assimilationsvorgänge an dem Salbände erklären verschiedenartige Gesteinstypen, die man nach alter Handstücksmethodik sehr wohl mit Namen belegen könnte und auch belegt hat, die aber, infolge ihres geologischen Verbandes, keine Selbstständigkeit besitzen. Die dem Syenit eingelagerten Einschlüsse erlitten die stärkste Metamorphosierung, stärker als die Kontaktwirkung auf das Nebengestein der Umgebung. Diese Umwandlung entspricht genetisch der Injektionsmetamorphose der kristallinen Schiefer. Die dunklen, basischen Schlieren zeigen „eine außerordentlich weitgehende Schwankung in bezug auf Mineralgehalt und Struktur“, treten „in großen, aber nur z. T. unregelmäßig verlaufenden, und in der Zusammensetzung

schwankenden Schlieren innerhalb des normalen Foyaits“ auf. Ich zeigte bereits früher, daß „diese Schlieren basischer Gesteine sich in die allgemeinen Struktureigentümlichkeiten (wohl besser: tektonischen Verhältnisse) der Serra de Monchique einordnen.“¹⁾ Ich stehe nach nochmaliger Durchsicht der gesammelten Handstücke nicht an, den größten Teil dieser Schlieren und der früher mit besonderem Namen belegten basischen Gesteine nicht Differentiations-, sondern Assimilationserscheinungen zuzuschreiben. Die Assimilation setzte in der Serra de Monchique überall an den Grenzflächen ein, besonders an den vielfachen Vorsprüngen des Nebengesteins innerhalb des Syenitkörpers. In der Fortsetzung der Vorsprünge des Nebengesteins in den Eruptivkörper hinein ist die Assimilation streichender Fortsetzungen von Nebengestein unter Bildung von sauren und basischen Mischgesteinen besonders stark gewesen. Aber diese Assimilationsreste innerhalb des Injektionskörpers sind eben deutlich gerichtet, alle in die allgemeinen tektonischen Verhältnisse eingefügt, im Gegensatze zu den Assimilationserscheinungen am Granitberg der südlichen Namib.

Assimilation tritt am Granitberg in der Namib Südwestafrikas sehr ausgeprägt auf. Sie ist mit einer starken Durchtrümmerung des Nebengesteins verbunden, welche stellenweise den Schichtfugen folgt, stellenweise aber auch in vielfachen Adern diskordant durch das Nebengestein hindurchsetzt. Die aus der Tiefeninjektion der krystallinen Schiefer bekannte Injektion „Schicht für Schicht“ tritt in diesem Niveau unserer syenitischen Injektion seltener auf, was mit der höheren Teufe, dem geringeren Belastungsdrucke zusammenhängt, unter dem die Injektion an diesen Eläolithsyeniten erfolgte. Damit kommen aber grobbreccienartige Texturen zu stande, so daß man in diesen Aufschmelzungszonen zunächst an eine Eruptivbreccie denkt. Daß aber kein rein tektonischer Vorgang diese Zerkümmerng bedingte, sieht man daran, daß sich das Magma in seiner durch die Assimilation veränderten Beschaffenheit in

¹⁾ Ann. 1, Seite 255.

alle Fugen hineinarbeitet, daß nur magmatisches Bindemittel diese Bruchstücke verkittet. Diese Assimilationszone ist wechselnd breit, abhängig von dem Nebengestein, dessen Klüftung und dessen Neigung zur Injektion. In einiger Entfernung vom Kontakte, nach dem Innern des Eruptivkörpers hin, nimmt die Menge der im Magma schwimmenden Bruchstücke ab. Aber Mineralbestand, Textur und oft auch Struktur sind noch verändert gegenüber der Hauptausbildung innerhalb des Stockes. So hat man, von dem normalen Gestein in der Mitte ausgehend, eine wechselnd breite, durch die Assimilation veränderte Zone bis zum Salbande. Aber diese Übergangszone und vor allen Dingen das Salband genauer kartographisch festzulegen, ist unmöglich. Sowohl innere wie äußere Kontaktzone sind nicht scharf begrenzt infolge des allmählichen Zunehmens von Nebengesteinsmaterial und wegen der weitgehenden Durchtrümmung des Nebengesteins mit zahlreichen Apophysen. Auch hier sind die zahlreichen Bruchstücke hoch metamorphosiert. Eine besondere Anordnung dieser umgewandelten Einschlüsse ist nicht festzustellen, im Gegensatze zu der Serra de Monchique. Sie liegen regellos durcheinander. Eine Streckung derselben ist nicht beobachtet. Zwischen ihnen winden sich die magmatischen Adern hindurch, in denen man zuweilen eine parallele Anordnung der tafeligen und nadeligen Bestandteile parallel den Grenzen sieht. Aber in bezug auf die Hauptkontaktzone verlaufen diese Bänder ganz unregelmäßig.

Die krystallinen Schiefer am Kontakte sind von wenigen Apophysen durchsetzt, nur von zahlreichen Gängen aus der Gefolgschaft der Injektion durchzogen, die in dem starren älteren Komplexen der krystallinen Schiefer in derselben Menge wie im übrigen Nebengesteine auftreten. Intensiver aber ist die Injektion des Magmas in die unteren Dolomite der Namaschichten, unter geringfügiger Metamorphose, aber unter stärkerer Stauchung und Fältelung der Carbonatgesteine und der ihnen eingelagerten Schiefer. Die Injektion folgt dabei z. T. den Schichtfugen, setzt zum anderen Teile quer durch die einzelnen Bänke hindurch, wie dies die

Abbildungen 3 und 4, etwas schematisiert, andeuten. Die beiden Profile sind in etwa 200 m voneinander durch den Ostrand des Granitberg gelegt, können trotz der Abweichungen beider Profile aber nicht entfernt die wirklichen, äußerst verwickelten Injektionserscheinungen in die unteren Dolomite wiedergeben. Ein die Dolomite nach allen Richtungen durchsetzendes Netzwerk liegt vor. Die untere Grenze der unteren Dolomite fällt dabei flach gegen den Eläolithsyenit hin ein. Die krystallinen Schiefer sind glatt durchbrochen; aber in die unteren Dolomite setzen viele Injektionsbänder nebeneinander hinein, so daß im Niveau dieser unteren Dolomite eine wesentliche Verbreiterung des Injektionskörpers erfolgt. Die durch die älteren und jüngeren Granitinjektionen verfestigten krystallinen Schiefer sind verhältnismäßig starr auch gegenüber der jüngeren Syenit-injektion, so daß ein Eindringen des Magmas in sie nicht erfolgt, während die auflagernden Sedimente für die Injektion geeigneter Texturlinien aufweisen. Diese Injektion wird dadurch begünstigt, daß eine teilweise Einschmelzung des Nebengesteins, unter Freiwerden von Gasen, erfolgt. Die Carbonatgesteine werden z. T. aufgeschmolzen unter Umgestaltung des Magmas, das in allen diesen Adern, ohne irgend ein feinkörniges Salband, grob pegmatitisch erstarrt, unter Ausbildung von 3, 4, stellenweise sogar 10 cm großen Eläolithen und noch größeren Feldspaten. Daß auch die femischen Bestandteile in ihrer chemischen Zusammensetzung gegenüber dem Normalgesteine verändert und daß seltenere Mineralien vorhanden sind, mag nur erwähnt werden. Diese Assimilationsvorgänge haben zum Freiwerden von Gasen geführt, die in das Magma übertraten und pegmatitische Ausbildung begünstigten. Man kann diese Gase als sekundäre leichtflüchtige Bestandteile des injizierten Magmas bezeichnen; sie entsprechen den resurgenten Gasen von Daly. Die bei dieser Art von Injektion und damit zusammenhängender Assimilation erhöhte Dampfspannung bewirkt eine weitere Aufblätterung und Zertrümmerung des Nebengesteins, bewirkt also nicht nur auf der einen Seite eine strukturelle, wie chemische und mineralogische Ver-

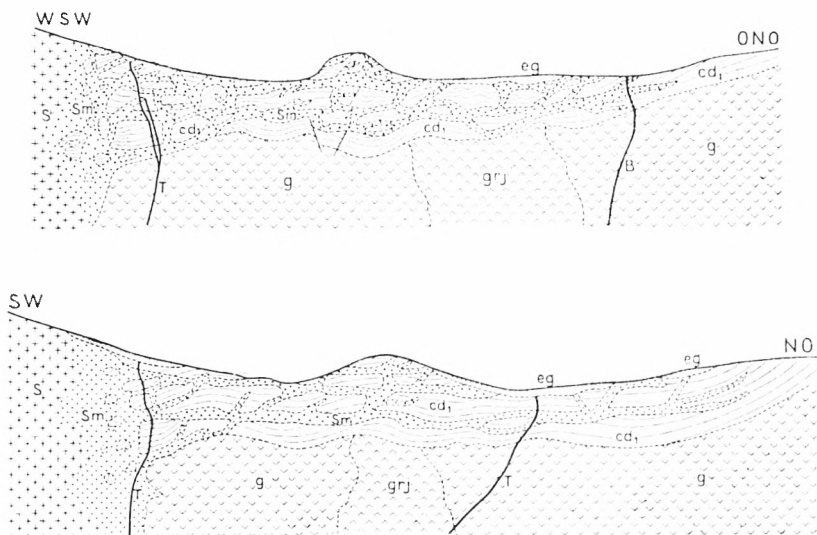


Abb. 3 u. 4. Injektionsverband des Eläolithsyenits am Granitberg (Namib, SW.-Afrika) mit den unteren Dolomiten der Namaformation.

- | | | |
|--|-----|---|
|  | eg | Schutt und Flugsand des Trockengebietes |
|  | | Gänge der Ganggefölschaft der Eläolithsyenite; T = Tinguait, B = Bostonit |
|  | Sm | Durch Assimilation veränderter Syenit: Hybride Gesteine |
|  | S | Eläolithsyenit (jünger als Namaformation) |
|  | cd | Unterer Dolomit (Namaformation) |
|  | grj | Jüngerer Granit (älter als Namaformation) |
|  | g | Injektionsgneis mit älterem Granit |

änderung im Magma, sondern auch eine weitergehende Injektion in das Nebengestein hinein. Die Aufschmelzung des Nebengesteins und die damit zusammenhängende Assimilation erlangt also, zunächst lokal, eine wesentliche Bedeutung für den Injektionsvorgang selbst. Aufschmelzung von Carbonatgesteinen ist auch schon von anderen Stellen nachgewiesen worden. Ich verweise auf die älteren Darstellungen, die mir bei meinen Untersuchungen nicht bekannt waren, z. B. von Högbom¹⁾ an den Eläolithsyeniten von Alnö, von Stutzer an Eläolithsyeniten von Botogolsky-Golez in Ostsibirien,²⁾ von Ussing von Julianehaab in Grönland,³⁾ dann auf die neueren, für die ganze Frage wichtigen Mitteilungen von Brögger aus dem Fengebiete Norwegens⁴⁾ mit eingehender Besprechung der Angaben anderer Verfasser, die von Brauns⁵⁾ aus dem Laacher Seegebiet, die von Shand aus dem Sekukuniland und von Leeuwfontein in Transvaal,⁶⁾ die Zusammenfassungen von Niggli⁷⁾, die neuesten, z. T. theoretischen, aber zwingenden Schlüsse von Bowen⁸⁾ und ebendessen ältere Schriften, wie

1) A. G. Högbom, Über das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö. Geol. Föreningen Förhandlingar 1895, Bd. 17, S. 100, 214; 1909, Bd. 31.

2) O. Stutzer, Über primären Calcit im Eläolithsyenit des Botogolsky-Golez in Ostsibirien (Graphitgrube Alibert). Zentralbl. f. Min. 1910, S. 433.

3) V. Ussing, Geology of the country around Julianehaab, Greenland. Meddelelser om Grönland. Kopenhagen 1911, Bd. 38.

4) W. C. Brögger, Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. IV. Das Fengebiet in Telemark, Norwegen. Videnskapselskapets Skrifter I. Mat.-naturv. Klasse 1920, No. 9, besonders S. 194 u. f., 334 u. f.

5) R. Brauns, N. Jahrb. f. Min. 1913, Beil. Bd. 35, S. 202; 1922, Beil. Bd. 46, S. 72, 110. — Die Mineralien der Niederrheinischen Vulkangebiete. Stuttgart 1922, S. 111.

6) S. J. Shand, The nepheline rocks of Sekukuniland. Transact. geol. soc. S.-Africa 1921, Bd. 24, S. 144 u. f. — The igneous complex of Leeuwfontein, Pretoria-Distrikt. Ebenda, S. 233 u. f. — The problem of the alkaline rocks. Proc. of the Geol. soc. of S.-Africa 1922, S. XIX u. f.

7) P. Niggli, Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Preisschr. d. fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft zu Leipzig, 47. Leipzig 1920, S. 202 u. f.

8) N. L. Bowen, The behavior of inclusions in igneous magmas.

auch auf die experimentellen Untersuchungen von Niggli über die Einschmelzung von Kalk bei niederen Temperaturen¹⁾ und die neueren, noch nicht veröffentlichten Untersuchungen von Eitel bei höheren Temperaturen, über welche dieser auf der Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft in Leipzig vortrug. Nicht vergessen werden darf dabei der ausführlichen Besprechung dieser Frage der Aufschmelzung von Carbonatgesteinen durch Daly.²⁾ Zweifellos gibt die ältere Literatur weiteres über die Injektion des syenitischen Magmas in Carbonatgesteine. Manche Angaben findet man bei Daly, aber es ist nicht notwendig, alle im einzelnen anzuführen. Deutungsversuche nach der hier gegebenen Richtung bietet die ältere Literatur wenig; die synthetischen Versuche aber geben eine Bestätigung meiner theoretischen Auffassung der Feldbeobachtungen, so daß ich glaube, einen richtigen Deutungsweg gefunden zu haben. Die Aufschmelzung in Verbindung mit der Injektion in geeignete Schichtkomplexe bietet für die Platz austauschfrage wichtige Schlüsse. Hierbei sei unter weiterer Anführung von Angaben von R. Brauns darauf hingewiesen, daß in unserem Falle nicht nur eine Aufschmelzung der Carbonate, sondern auch eine Dissoziation eingetreten ist, die auf der einen Seite zu besonderen Bestandteilen der Eläolithsyenitpegmatite, auf der anderen zu den sekundären leichtflüchtigen Bestandteilen des Magmas führte. Daß Dissoziation eintreten konnte, hängt mit der geringen Tiefe des Intrusionsniveaus zusammen (vgl. S. 281). — Mit diesem Vergleiche, der die geologischen Verhältnisse nur behandeln sollte, kann ich eine Besprechung der auch sehr interessanten chemischen und mine-

Journ. of Geol. 1922, Bd. 30, S. 513 u. f. — The reaction principle in petrogenesis. Ebenda, S. 177 u. f. Sowie ältere Schriften desselben.

¹⁾ P. Niggli, Gleichgewichte zwischen TiO_2 und CO_2 , sowie SiO_2 und CO_2 in Alkali, Kalk-Alkali und Alkali-Aluminatschmelzen. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1916, Bd. 98, S. 242—326.

²⁾ R. A. Daly, Igneous rocks and their origin. New-York 1914. Genesis of alkaline rocks. Journ. of Geology 1918, Bd. 26, S. 97—134. Neben anderen Schriften desselben Verfassers.

ralogischen Einzelheiten nicht verbinden, die ich dem Hauptwerke meiner südwestafrikanischen Untersuchungen vorbehalte.¹⁾

Wie an den unteren Dolomiten, so tritt eine Beeinflussung des Magmas durch die Assimilation an den quarzführenden höheren Stufen der Namaformation auf, sehr viel weniger eine schichtige Injektion, als eine unregelmäßige Durchtrümerung der dickbankigen Quarzite und Sandsteine. Nur in eingeschalteten Tonschiefern sehen wir Apophysen der Schichtlinie folgen. Die Bildung einer breccienartigen Kontaktzone ist aber ähnlich wie am Kontakte gegen die unteren Dolomite, während Beeinflussung der Zusammensetzung viel ungleichmäßiger ist. Am Kontakte gegen die Quarzite und Sandsteine mit den ihnen eingelagerten Tonschiefern sind einmal die dunklen Gemengteile angereichert zu glimmerreichen Gesteinen, andererseits zu hornblendereichen Gesteinen. Dann wieder treten die dunkeln Gemengteile stark zurück, so daß also diese Assimilationszone sehr große Unregelmäßigkeit zeigt. Die Aufnahme von Kieselsäure führt bis zur Ausbildung von quarzführenden Gesteinen, reinen Alkaligraniten in kleinen Apophysen, kleinen Stöcken in der Kontaktzone. Ein Teil dieser Injektionen im Nebengestein stellt abgequetschte Lösungsreste dar, die aus der durch Assimilation gebildeten Mischschmelze fortgeführt sind. Kleine, unregelmäßig begrenzte, diskordant die Quarzite durchsetzende Apophysen sind so ebenso entstanden, wie konkordant in die höheren bändrigen Dolomite injizierte Gesteine. Diese abgequetschten Lösungsreste sind nicht nur diskordant in das Nebengestein eingepreßt in gleichem Niveau, sondern sind auch passiv in Aufblätterungsfugen der höheren Stufe injiziert, ohne daß dabei die abweichende chemische Zusammensetzung dieser höheren Schichten eine erneute Umbildung der magmatischen Lösung bedingte.

Innerhalb des Syenitstockes war mir an der Oberfläche schon bei der ersten kurzen Besichtigung des Granitbergs (1914) eine ausgedehnte Zone aufgefallen, die aus einer

¹⁾ Vgl. Anm. 1, S. 260.

Mischung der verschiedenartigen Komponenten besteht, von denen ich bereits vor dem Kriege Proben zugesandt erhalten hatte, ohne sie deuten zu können. Ein meist dunkles, flächenhaft ausgebreitetes Gestein mit vielen eingeschlossenen, stark metamorphosierten Bruchstücken wechselnder Zusammensetzung zeigt sich verkittet durch ein schwankendes magmatisches Bindemittel, selbst wieder der wechsellvollsten Beschaffenheit. Ich wies bereits früher darauf hin, daß es sich um eine Aufschmelzungszone handle, an einer auf dem Syenitstock befindlichen Scholle vom Dache des Stockes, die z. T. noch erhalten ist, z. T. aber abgetragen, so daß nur die innere Kontaktzone des Syenits an dieser Scholle erhalten blieb. Abbildung 1 deutet diese Scholle an, gibt aber nicht die Aufschmelzungszone in der Nachbarschaft. Die Einzelercheinungen müssen auf der dem Hauptwerke¹⁾ beigegebenen Spezialkarte eingesehen werden. Die Scholle ist nicht groß, dagegen viel größer die Ausdehnung der Assimilationszone innerhalb des Syenitstockes.

Endlich treten unter den Gängen innerhalb des Stockes meist konzentrisch zum äußeren Salbande verlaufende Gänge auf, die mit einem ganz ähnlichen, gemischten Gesteine gefüllt sind. In stellenweise bis 10 m mächtigen Gangausfüllungen sind die verschiedenartigsten, selbst immer wieder hochmetamorphen Gesteinsbrocken der verschiedensten Zusammensetzung durch ein wechselndes magmatisches Bindemittel miteinander verbunden, das sowohl nach Mineralbestand, Struktur wie Textur ständig, auf kleinste Entfernung hin, sich ändert. Zwischen den Einschlüssen sieht man einmal normal eläolith-syenitisches Magma, dann porphyrische Füllmassen, dann aplitische, wiederum pegmatitische Ausbildungsformen, hier an dunklen Gemengteilen reiche, ebenso rasch wechselnde, wie weiterhin an dunklen Gemengteilen arme Füllmassen. Kein einheitliches Gestein liegt in den Adern zwischen den mehr oder weniger stark resorbierten Einschlüssen vor. Gesteins-

¹⁾ Anm. 1, S. 260.

bestimmungen von nahe beieinander liegenden Vorkommen ergeben ebenso wechselnde Diagnose wie chemische Analyse der verschiedenen Stücke. Ich kann auch diese Gangausfüllungen nur als Mischgesteine, hybride Gesteine auffassen. Woher aber sind sie gekommen? Wir haben am Kontakte der unteren Dolomite die große Assimilation gesehen, beobachtet wie an dem quarzitischen Nebengesteine eine ähnliche Aufschmelzung eingetreten ist. Resurgente Gase sind sowohl am Kontakte der unteren Dolomite wie Quarzite in das Magma eingetreten und gaben Veranlassung zu den sekundären leichtflüchtigen Bestandteilen, die selbst wieder zu Intrusionsvorgängen des Mischmagmas außerhalb der Assimilationszone in das weiter abliegende Nebengestein führten. Ebenso wie eine Injektion in das Nebengestein erfolgte, so trat auch eine Injektion dieser hybriden Gesteine in die höher gelegenen, bereits verfestigten Teile auf Klüftungsfugen des magmatischen Körpers selbst ein. So sind diese konzentrisch verlaufenden, mit hybriden Gesteinen gefüllten Gänge als Intrusionsfugen aufzufassen eines in der Tiefe gebildeten Mischmagmas, dessen Auftriebskraft durch die in das Magma neu übertretenden leichtflüchtigen Bestandteile bedingt wurde. Somit war die Aufschmelzung und Assimilation des Nebengesteins nicht nur in der nächsten Nachbarschaft, sondern auch auf weitere Erstreckung hin für den Intrusionsmechanismus bedeutsam. Die in der Aufschmelzungszone nicht vollständig gelösten Körper von Nebengesteinsbruchstücken brauchen also nicht, wie es so oft bei Diskussionen über die Aufschmelzungshypothese betont wird, als schwere Bestandteile in die Tiefe zu sinken, sondern sie können auch, gerade durch den Eintritt resurgenter Gase, in höhere Gebiete aufgetrieben werden. Die Assimilation in unserem Falle führt zu einer Massenvermehrung innerhalb des magmatischen Körpers, aber auch zu einer Massenabfuhr, zu einer Platzschaffung durch den magmatischen Aufschmelzungsvorgang. Ist der magmatische Körper noch nicht vollständig erstarrt, so wird es durch den Auftrieb der sekundären leicht-

flüchtigen Bestandteile zu schlierenartigen Massen in dem erstarrten Magma kommen, in unserem Falle aber, in dem bei diesem Auftrieb höhere Teile bereits erstarrt waren, kam es zu Kluftausfüllungen. Ich bezeichne diese Gangausfüllungen als hybride Ganggesteine. Wenn man ähnliche schlierenartige Vorkommen und Gangausfüllungen von demselben Gesichtspunkte aus betrachtet, so würden sich sicher noch viele Beispiele zu dieser Erklärung finden. Ich glaube als sicher annehmen zu müssen, daß durch die einseitige, von der Handstückspetrographie betriebene, damit sehr theoretische petrographische Erforschung magmatischer Vorgänge manches Belegstück für diese Auffassung falsch gedeutet worden ist. Derartige Vorgänge können nur durch petrographisch-geologische, sagen wir kurz, petrogenetische Untersuchungen der Erklärung näher geführt werden. — In unserem Falle des Granitbergs fällt noch auf, daß diese konzentrisch zum Salbande des ganzen Stocks verlaufenden Gänge ihre Hauptverbreitung an der Nord- und Ostseite des Stockes haben (angedeutet in Abb. 2). Die Aufschlüsse in der Assimilationszone an den unteren Dolomiten liegen an der Nordostseite. Mit ihnen hängen die Gangausfüllungen nicht zusammen. Die Injektion erfolgte im wesentlichen von der gegenüber liegenden Seite aus, wo sekundäre, leichtflüchtige Bestandteile in größerer Zahl in die Schmelze übertraten, dort, wo eine mächtigere Folge von Quarziten auch heute noch am Kontakte aufgeschlossen ist. In die Fugen eines kuppelförmigen, rund umlaufenden Gewölbes drangen die neu injizierten Massen auf der Gegenseite in die höheren Teile der sich bereits verfestigenden Kuppel ein.

Mit diesem an die Beobachtungen sich anschließenden Erklärungsversuche hat der Assimilationsvorgang eine ganz wesentliche Bedeutung nicht nur für die Injektion, sondern auch für die Platzaustauschfrage gewonnen.

Beide miteinander verglichene Beispiele zeigen eine weitgehende Assimilation. In der Serra de Monchique sind die Assimilationsprodukte in den allgemeinen tektonischen Bau des Injektionskörpers eingeordnet; sie folgen dort den äußeren Be-

grenzungslinien des unter Druck stehenden Injektionskörpers. Am Granitberg sehen wir eine ähnliche Parallelität in der äußeren Zone nur insoweit, daß überall Assimilation erfolgt, aber eine Anordnung der Assimilationsreste parallel den Grenzflächen liegt nicht vor. Im inneren Kern können wir erst recht nicht eine durch die äußeren Grenzverhältnisse gerichtete Anordnung der Assimilationserscheinungen nachweisen.

4. Differentiationserscheinungen.

Ein Teil der früher in der Serra de Monchique als Differentiation gedeuteten Erscheinungen fällt nach dem vorhergehenden unter Assimilation. Damit ist aber nicht jegliche Differentiation für die Serra de Monchique geleugnet. Zunächst bleiben die eigenartigen Unterschiede in dem ganzen Phakolithen, der Reichtum an femischen Bestandteilen am südlichen und südöstlichen Rande, Überwiegen pulaskitischer Ausbildung am Nordrande. Hier können wir einen Differentiationsvorgang im großen sehen, indem in dem steil gestellten Phakolithen uns verschiedene Differentiationsräume in demselben Denudationsquerschnitte entblößt entgegen treten. Hierin kann recht wohl eine Gravitationsdifferentiation vorliegen, eine Anreicherung von femischen Bestandteilen am liegenden, von salischen Bestandteilen am hangenden Salbande.

Weitere Differentiation sehen wir in den Gangausfüllungen. Die älteste Injektion in die Fugen des Nebengesteins liefert im wesentlichen bostonitische, dem Nebengestein konkordant eingeschaltete Injektionskörper. Im Innern des Massivs sehen wir syenitische, aplitische und pegmatitische neben tinguaitischen Gängen sowohl parallel der Streckung des Phakolithen, wie auch Tinguaitite schon senkrecht dazu. Die jüngsten Gangausfüllungen basischer Natur, die Camptonite und Monchiquite als letzte Zeichen aufsteigender Differentiationsprodukte im erstarrenden Körper, zeigen sich in verschiedenen, zueinander senkrechten Klüftungen dem Injektionskörper eingeschaltet. Nach allem, was ich in der Serra de Monchique beobachtete, muß dort eine ziemlich einheitliche Differentiation erfolgt sein.

mit einem am längsten beweglich gebliebenen basischen Differentiationsprodukte. Das scheint mir auf einen verhältnismäßig einheitlichen, kleinen Injektionskörper hinzuweisen, was ja gerade einer phakolithischen Intrusion mit geringfügigen Zufuhrkanälen entsprechen würde.

An dem Granitberg und ebenso an den anderen Syenitvorkommen der südlichen Namib sehen wir Differentiationsprodukte innerhalb der Stöcke an der heutigen Denudationsoberfläche höchstens ganz verschwindend nebeneinander aufgeschlossen. Das heutige Denudationsniveau entblößt uns in dem eläolithsyenitischen Gesteine nicht verschiedenartige Differentiationsteile wie die Serra de Monchique. Differentiationserscheinungen sehen wir an den Namibsyeniten nur in den mannigfachen Gangausfüllungen. In einer Unzahl durchschwärmen die Gänge die Stöcke selbst, wie deren Umgebung. Namentlich das zwischen Granitberg und Signalberg-Schlueberg befindliche Gebiet von 20 km Länge ist von zahlreichen, nach verschiedener Richtung streichenden Gängen durchsetzt. Ob ein Teil nicht mit einem unter dem Meere jetzt verborgenen Syenitmassiv in Verbindung steht, wissen wir nicht. Die Wüstenverhältnisse ließen es zu, eine sehr viel größere Zahl von Gangdurchkreuzungen entweder direkt zu beobachten oder aus einer flachen Sandüberdeckung, Schuttausfüllung oder sogar Kalküberkrustung auszugraben. Das Ergebnis war, daß im einen Falle die sauren Spaltungsprodukte, im anderen die basischen, im dritten wieder die hybriden Ganggesteine die jüngeren waren, in weiteren Fällen aber umgekehrt. Eine bestimmte Regel für das Alter der verschiedenen Gangausfüllungen gegeneinander ließ sich nicht feststellen. Wenn wir dabei bedenken, daß sogar ein Teil der durch Assimilation beeinflussten Gänge der hybriden Gangausfüllungen jünger ist, als die durch Differentiation hier wie anderwärts zu erklärenden Spaltprodukte, so kann das nur daran liegen, daß wir in den Gangausfüllungen dieses Gebietes die Differentiationsprodukte verschiedener Teufen vor uns haben, daß die Differentiation sich hier nicht in einem beschränkten kleineren magmatischen Körper vollzog, sondern

daß dieser in größere Teufe hinuntersetzt und uns hier nun Spaltungsprodukte verschiedener Teufen liefert. Wir haben hier Ausbisse eines größeren, aus der Durchschmelzung aus größerer Teufe her gebildeten fußlosen Körpers vor uns, in dem die Differentiation nicht ebenso wie in einem kleinen geschlossenen Injektionskörper sich vollzieht, sondern nach der Tiefe zu fortschreitet. In ihm kann sich nicht die Regel eines geschlossenen Differentiationskörpers einer konkordanten Injektion erkennen lassen. Als Arbeitshypothese kann ich natürlich eine solche Annahme nur aufstellen und es wäre sehr wünschenswert, wenn durch eingehendere petrogenetische Untersuchungen diese Annahme an anderen konkordanten und diskordanten Injektionskörpern nachgeprüft würde.

5. Das Injektionsniveau.

Bereits früher wurde darauf hingewiesen,¹⁾ daß aus dem Verhältnis der Injektionen des Granitbergs zu den von mir als gleichaltrig angenommenen Ejektionen der Phonolithe weiter landeinwärts gefolgert werden muß, daß das Eindringen des syenitischen Magmas am Granitberg in einer Tiefe von 500–600 m unter der damaligen Oberfläche anzunehmen ist. Über das Injektionsniveau der Eläolithsyenite in der Serra de Monchique wissen wir nichts. Aber aus dem ganzen Verbands mit den umgebenden gefalteten Schichten ist doch wohl zu schließen, daß die Injektion in einem wesentlich tieferen Niveau erfolgte, daß damit der Unterschied im Verhältnis der Injektionen und der eingeschlossenen Nebengesteinsbruchstücke an beiden Vorkommen zu der Tektonik der Umgebung ein Teufenunterschied ist. Damit würde vielleicht auch der wesentliche Unterschied gegenüber der Tektonik von Injektivmassen im Sinne von Cloos eine Erklärung finden. Das Abweichen von der Granittektonik anderer Injektivmassen am Granitberg würde dann einmal bedingt sein durch das höhere Injektionsniveau, durch die Nähe der damaligen Landoberfläche.

¹⁾ Anm. I, Seite 258.

Hinzu kommt aber zweifellos, daß die Abweichungen gegenüber der Granittektonik bedingt sind durch die Durchschmelzerscheinungen, daß am Granitberg im Gegensatz zu der Serra de Monchique das Magma aktiv an der Raumgebung beteiligt war. Es liegt mir ferne, diesen Schluß auch schon auf andere Vorkommen zu übertragen, anzunehmen, daß ganz allgemein ein höheres Injektionsniveau Abweichen von der Tektonik anderer Tiefenkörper bedingt, oder daß Durchschmelzkörper eine andere Tektonik besitzen, als mit der Faltung zusammenhängende Injektivmassen. Das müßte erst an vielen anderen Punkten auf Grund von genaueren geologischen Aufnahmen durchgeprüft werden.

6. Allgemeine Schlussfolgerungen.

Der Granitberg der südlichen Namib ist mindestens zum Teil ein Durchschmelzkörper, im ganzen aber unabhängig von Faltungsvorgängen in der Nachbarschaft. Das Magma ist aktiv an der Schaffung des Raumes beteiligt. Die Serra de Monchique ist der Form nach im wesentlichen durch Faltungsvorgänge in der Nachbarschaft bedingt. Aufschmelzungsvorgänge sind eingetreten, spielen aber nicht die gleiche Rolle wie an dem diskordanten Durchschmelzkörper des Granitberg. Das Magma ist im wesentlichen in einen vorgebildeten Hohlraum eingepreßt worden.

Durchschmelzkörper wie der Granitberg zeigen in den Kluft- und Streckrichtungen Abweichen von den durch die tektonischen Vorgänge der Umgebung bedingten geordneten Druckklüften der Granittektonik. Die Cloossche Untersuchungsmethodik bedarf hier einer gewissen Umgestaltung, die in ihren Einzelheiten nicht aus Untersuchungen gefolgert werden kann, bei denen eine Aufnahme Schritt für Schritt, wie sie Cloos in so umsichtiger Weise durchführt, nicht erfolgt ist.

Die Aufschmelzungen führen zu einer Injektion des Magmas, stellenweise unter erheblicher Beteiligung von aus dem Nebengestein herrührenden Fremdkörpern. Daraus wird ein besonderer Typus von (hybriden) Ganggesteinen abgeleitet, der neben

die Gangausfüllungen mit dem Magma selbst und mit den Spaltungsprodukten desselben tritt, so daß wir drei verschiedene Typen von Gangausfüllungen zu unterscheiden haben, wobei selbstverständlich diese nicht nur in Gangform aufzutreten brauchen.

An dem Vergleiche der beiden Beispiele wird gezeigt, wie Abweichen von der normalen Differentiationsfolge vielleicht daraus eine Erklärung findet, daß bei diskordanten, fußlosen Durchschmelzkörpern die Differentiation mit der Teufe fortschreitet, während sie in geschlossenen Magmakörpern einheitlich erfolgt.

Einen Überblick über die wesentlichsten Gegensätze gibt folgende Zusammenstellung:

Serra de Monchique.	Namib Südwestafrikas.
Injektionsverband: konkordant.	Diskordant.
Phakolith.	Z. T. Durchschmelzkörper, aktiv an der Raumbildung beteiligt.
Magma nicht an der Raumbildung beteiligt.	Abhängig von rein magmatischen und postmagmatischen Vorgängen.
Klüfte und Gänge: Abhängig von der Faltung.	Assimilation am Salbande, in akkordanten Injektionsfugen und an unregelmäßiger „Scholle vom Dache“ des Durchschmelzkörpers.
Assimilation am Salbande und in Zonen parallel zur Haupterstreckung des Phakolithen innerhalb desselben.	
Assimilation führt in beiden Fällen zur Ausbildung hybrider Mischgesteine.	
Assimilation erfolgt vor und bei der Verfestigung des geschlossenen Intrusionskörpers.	Assimilation erfolgt in dem fußlosen Durchschmelzkörper nacheinander in verschiedenen Niveaus.

Hybride Mischgesteine bleiben am Orte der ersten Entstehung.

Differentiation ist normal:

Basische Ausfüllungen der Gänge jünger als saure.

Werden z. T. in höhere Räume, z. B. Kluftsysteme, unter dem Einfluß sekundärer, leichtflüchtiger Bestandteile (resurgenter Gase) injiziert als hybride Ganggesteine.

Differentiationscheinbar anomal:

Saure Injektionen noch jünger als basische; hybride Ganggesteine ebenfalls wechselnd in der Zeit der Injektion.
