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

Band: 22 (1942)

Heft: 2

Artikel: Beiträge zur Petrographie des Gesteinszuges Ivrea-Verbano I. Allgemeines, Die gabbroiden Gesteine von Anzola

Autor: Huttenlocher, Hrch. F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-19526

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: 29.07.2025

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

Beiträge zur Petrographie des Gesteinszuges Ivrea-Verbano I

Allgemeines. Die gabbroiden Gesteine von Anzola

Von *Hrch. F. Huttenlocher,* Bern

A. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Bei Anlass von Lagerstättenstudien in den Westalpen, welche den Verfasser [18] auch mit den Ni-führenden basischen Eruptivgesteinen des Ivrea-Verbanozuges bekannt machten, wurde es offenbar, dass hier noch eine Reihe von petrographischen Fragen offenstehen, die es dankenswert erscheinen lassen, sie einer Lösung entgegenzuführen. Zunächst erweckte es den Anschein, als ob Erörterungen über Gesteinschemismus und magmatische Differentiation dieser mannigfachen, ultrabasischen, basischen und intermediären Plutonite, denen sich auf deren Südostflanke auch noch saure Derivate wie Diorite und Granite beigesellen, allein zur Diskussion stünden. Solchen Problemen glaubte man umso vorteilhafter nachgehen zu können, als in dieser Gesteinszone mit ihren Metamorphiten und Plutoniten eine alpin metamorphe Umstellung vollständig fehlt, worin sich ein schroffer Gegensatz zu der unmittelbar nördlich angrenzenden „Sesiazone" und zu den übrigen nordwärts folgenden Arealen des Alpengürtels offenbart, für welche alle durchwegs Mineralfazien alpinotyper Prägung charakteristisch sind. Die Metamorphite der Ivreazone liegen nämlich als Granulite, Amphibolite, Pyroxenamphibolite, silikatreiche Marmore, Sillimanit-Biotitgneise, Plagioklas-Granatgneise vor und enthalten reine plutonische Glieder wie Peridotite, Harzburgite, Norite, Gabbro und verwandte Derivate, sowie auch saurere Abkömmlinge.

Ausserdem beteiligen sich grosse Mengen anorthositischer und anorthositgabbroider Gesteine in gneisiger Ausbildung am Aufbau dieser Zone; da ihnen durchgreifende Lagerung fehlt, bleibt ihr Charakter, eruptiv oder metamorph, zunächst noch nicht ganz sichergestellt.

Diese anorthositischen, basischen und ultrabasischen Gesteine, ihre gabbroiden und noch saureren Derivate legen es nahe, obwohl hier viel kleinere Verhältnisse vorliegen, an gesteinsprovinzielle Eigenschaften zu denken, wie sie im südafrikanischen Buschfeld und

in den nordamerikanischen Adirondacks entwickelt sind und die von namhaften Forschern klassisch bearbeitet wurden.

Es bestehen aber doch erhebliche Unterschiede zwischen den Verhältnissen unseres Untersuchungsgebietes und den beiden eben angeführten aussereuropäischen, die ihrerseits selbst bedeutende Wesensunterschiede zueinander aufweisen. Wird im Buschfeld vor allem die Problemstellung in der magmatischen Gesteinsdifferentiation erblickt und diese im Sinne der gravitativen Kristallisationsdifferentiation (A. H. HALL [14], E. REUNING [29], P. A. WAGNER [36]) und der erweiterten „komplexen gravitativen Kristallisationsdifferentiation" (P. NIGGLI und B. LOMBAARD [25]) erörtert, so führen doch eine Reihe von geologischen Erscheinungen, die zum Teil zu den markantesten, aber zugleich unerklärbarsten Fragen gehören, (die langanhaltenden eingeschlossenen Transvaalschichten, die konkordante, vollständig gleiche Lagerung der liegenden Sedimente und die km-weit gleichförmig gebänderten „Differentiate") zu magmatektonischen Betrachtungen und zur Annahme weitgehender Assimilation (R. A. DALY [9]).

Weitergehende Analogien bestehen jedoch zweifellos sowohl in den geologischen Erscheinungsformen als auch in den petrologischen Eigenschaften der Ivrea-Verbanozone zu den Anorthosit-Gabbro-Gebieten der Adirondacks, die in jüngster Zeit durch R. BALK [2] und A. F. BUDDINGTON [6] eingehend bearbeitet wurden. Die innigen Verbandsverhältnisse zwischen den kalkigen Grenville-Sedimenten mit den schlierig-gneisigen Anorthositen, das Schwimmen und Aufgehen derselben im Anorthosit, wie dies besonders aus BUDDINGTONS Darstellung erhellt und die von BALK vielfach abgebildete Anorthositbänderung sind ohne weiteres mit Erscheinungen des Mastellone- und Stronatales unseres Gebietes zu parallelisieren [1]).

Eine Gesamtbetrachtung der geologischen und petrographischen Verhältnisse des Ivreazuges und der Vergleich mit den oben erwähnten Gebieten lässt erkennen, dass, vom Buschfeld mit seinen in erster Linie die Probleme bestimmenden Differentiationsphänomenen — durch Assimilation beeinflusst — über die Adirondacks, wo die Dominanz der Differentiationsfragen noch weiter zurücktritt und Erscheinungen der Magmenintrusion, der Differenzierung, der Orogenese und Metamorphose sich zu koppeln beginnen, wir in der

[1]) Die Interpretationen der petrographisch - geologischen Erscheinungen durch BALK und BUDDINGTON sind keineswegs übereinstimmende; u. a. werden die Gabbro in « statu nascendi » BALKS von BUDDINGTON als im Anorthosit eingeschlossene Grenvillegneise gedeutet.

Ivrea-Verbanozone einem in grosse Tiefe versetzten Erdrindenstück begegnen, in welchem sich alle diese Fragen aufs engste verflechten.

In dieser geotektonischen Position können Sedimente in vielfache Produkte metamorphosiert werden, die nicht nur genau definierten chemischen Magmentypen entsprechen, sondern die auch Mineralbestände aufweisen, welche für Eruptivgesteine charakteristisch sind. Dies gilt natürlich nicht nur für die häufig auftretenden amphibolpyroxenitischen bis granatamphibolitischen Gesteine mit gabbroidem Chemismus, die in Wirklichkeit metamorphosierte Mergel darstellen, was ja von zahllosen Fällen her bekannt ist, sondern auch noch von einer Reihe anderer Gesteine.

Eine Auffassung über die wahre Natur der Untersuchungsobjekte, die nicht einer blossen Theorie zuliebe vorgelegt wird, kann nur befriedigen, wenn sie auf eingehendster geologischer Beobachtung im Felde aufbaut und sorgfältige chemisch-mineralogische Untersuchungen mitheranzieht.

Zunächst sei soviel vorausgesagt, dass stofflich und mineralisch der ganze Komplex **eine** Einheit darstellt, in welcher die eruptiven und die sie ein- und umschliessenden metamorphen Gesteine in engster Abhängigkeit zueinander stehen. Das Studium wird, abgesehen von überdeckender Vegetation und Verwitterung, dadurch erschwert, dass in bedeutenden Arealen eine ausgesprochene Paralleltextur fast alle Gesteine beherrscht und wie ein Schleier den Entscheid zwischen Eruptiv- oder sedimentärmetamorphem Nebengestein verunmöglicht oder doch sehr erschwert, sofern nicht Verbandsverhältnisse oder ausgesprochener Mineralbestand sofort eine Klärung gestatten. Die Verhältnisse mahnen vielfach an die von KOLDERUP [19], [20] und von BARTH [3] aus dem Anorthositgebiet des südlichen Norwegen geschilderten, wo die Anorthosite mit ihren Derivaten von ungefähr pyroxengranitischer Zusammensetzung in engster Beziehung zu Migmatiten, Augengneisen, lit-par-lit injizierten und injektionsbrekziösen Nebengesteinen stehen.

Es stellt sich hier die Frage, ob die über 40—50 km weit sich hinerstreckenden gebänderten granatanorthositischen Gesteine der zentralen Ivrea-Verbanozone ultrametamorpher Natur oder durch Assimilation und Orogenese beeinflusste magmatische Produkte darstellen. Die im Strona- und Mastellone-Tal sie östlich begleitenden, ebenfalls stark paralleltexturierten, gneisig aussehenden, birkremitischen und quarzpyroxengranitischen Glieder gehören genetisch mit ihnen zusammen. Stellen diese als Differentiationsprodukte des-

selben Magmas, dem die anorthositisch-gabbroiden Gesteine allenfalls entstammen, die aziden Injektionsanteile einer ältern (I. Injektionsphase) dar oder repräsentieren sie selbst metamorphes Material wie die häufig mit ihnen konkordant eingelagerten und sich mit ihnen mischenden kalksilikatischen Lagen und Linsen?

Nach Osten und Südosten verlieren sich diese gneisig-migmatitischen Charaktere gleichzeitig mit dem Verschwinden der karbonatreichen silikatischen Einlagerungen und stellen sich immer mehr gabbroide, gabbrodioritische und dioritische Typen mit normaler Eruptivgesteinstextur und -Struktur ein.

Zugleich setzen die Pyroxenite und Hornblende-Pyroxengabbro, welche die vorerwähnten gestreiften anorthositischen und die sie begleitenden gneisig-migmatitischen Gebirgsglieder zunächst in dünnern Lagen konkordant injizieren (II. Injektionsphase), später aber disruptiv gang- und stockförmig durchbrechen und perioditischen und pyroxenitischen Charakter aufweisen, aus.

Es liegt nun der Gedanke nahe, in den basischen und ultrabasischen echten Eruptivgesteinen die ausgepressten und emporgebrochenen femischen Bodensätze dieser Intrusions-, Aufschmelzungs- und zum Teil ultrametamorph gewordenen Sedimentzone zu erblicken. Es wird sich die Aufgabe stellen, die grosse Gesamtintrusion, die sich zeitlich über mehrere Phasen ausdehnt, zu gliedern und sie mit orogenetischen Bewegungen in Korrelation zu setzen und die damit verbundenen Metamorphosen und Stoffumsätze zu verfolgen. Die verschiedenen Teilintrusionen dürften sich auch in verschiedenen Erdtiefen abgespielt haben. Für gewisse tektonisierte Glieder ist die Kombination Granat-Pyroxen typisch. Gesteigerte Druck- und Temperaturbedingungen und Wasserarmut (also bedeutende Erdtiefe) sind ganz allgemein für anorthositische und granulitische Gesteinsassoziationen typisch. Über gabbrodioritische Gesteine mit weniger ausgesprochener Textur schliessen sich nach Osten dioritische, sogar glimmerdioritische Gesteine an mit richtungslos körnigem Normalgefüge (Gesteine des Sessera-Sesiatales und der Umgebung von Ivrea); zweifellos haben hier die Magmen ein anderes Milieu und andere physiko-chemische Bedingungen erreicht. Ob der gewaltige Intrusionsvorgang noch seine Weiterfortsetzung bis zur Erstarrung der prächtigen Granite von Baveno, Quarna, Boleto-Borgosesia bis Biella gefunden hat, soll nur als zunächst noch offene und ernsthaft zu prüfende Frage beigefügt werden [2]).

---

[2]) Die dadurch tangierte Stellung des Bavenogranites ist auf Seite 340 oben kurz beleuchtet.

Es sollen nun in einer Reihe von Beiträgen aus dem vielgestaltigen Erscheinungskomplex der Ivrea-Verbanozone verschiedene Beobachtungen und Untersuchungsresultate zur Beantwortung der gestellten Fragen und zur Diskussion der angeführten Gedanken niedergelegt werden. Am Schluss wird es möglich sein, aus den mannigfachen analytischen Ergebnissen eine befriedigende Synthese der Entwicklung dieses interessanten Erdrindenstückes zu formen.

Mit dem Ausdruck des Dankes sei erwähnt, dass die Arbeiten durch die „Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der bernischen Hochschule" finanziell unterstützt worden sind.

B. FRÜHERE PUBLIKATIONEN

BERNHARD STUDER [32], 1851, erwähnt unsere Gesteinszone mehrfach, in erster Linie in Zusammenhang mit der Besprechung der Hornblendegesteine[3]), denen er, wie auch dem Serpentin, gerne metamorphe Entstehung zuschreiben möchte. Die gabbroiden Gesteine des Sesia-, Mastellone-Sessera-Tales sowie der Umgebung von Ivrea und alle gabbroid aussehenden Metamorphite sieht er als Syenit an; die Korunde des Val Sessera werden von ihm auch schon erwähnt.

H. GERLACH [13], 1871, spricht von Hornblendegesteinen und feldspathaltigen Hornblendegesteinen, die bald mehr granat-, bald mehr hornblendereich, meist deutlich gebändert und häufig in innige Wechsellagerung mit Gneisen und Glimmerschiefern treten, besonders im Profil des Strona- und des Tosatales. Bei der keineswegs konstant bleibenden mineralischen Zusammensetzung und den wechselnden Strukturverhältnissen sind Diorite und Syenite nicht ausgeschlossen. Hervorgehoben wird noch besonders die morphologische Bedeutung der amphibolreichen Gesteine (klotzige, nackte und schroffe Bergformen, schlund- und riesentopf-artige Auskolkung der Fluss- und Bachläufe). Die Entstehungsart dieser Gesteine ist für ihn nicht entschieden; obwohl er der metamorphischen Bildung den Vorzug gibt, kann immerhin ein Teil als plutonisch betrachtet werden. Bedeutsam erscheint die Interpretierung der selbständigen tektonischen Stellung dieses Gesteinszuges, die als eine sattelförmige Aufwölbung inmitten von kristallinen Schiefern, „Sesia-Gneise" i. N. nördlich und „Strona-Gneise" i. S. südlich fallend.

---

[3]) Auch heute ist noch vielfach die Bezeichnung „Amphibolitzone von Ivrea" im Gebrauch. Wir halten diese Bezeichnung für ungeeignet, da das charakteristische Mineral dieser Zone nicht die Hornblende, sondern der Pyroxen ist.

Von G. GASTALDI [12] werden 1871 die Gesteine unserer Zone in den „pietre verdi" = „rocce cristalline recenti" untergebracht, also den ältern Zentralgneisen gegenübergestellt. ROLLE [30], 1881, erwähnt Einlagerungen von Hornblendegneis, Hornblendeschiefern, von Serpentin und von körnigem Kalk und meint damit die östliche Fortsetzung im Tessin.

Bei TARAMELLI [34] bildet die Ivreazone ebenfalls eine Einlagerung in Gneisen, und zwar in den schiefrigen Gneisen des Gotthard und in Glimmergneisen. Unter dem Eindruck der als jurassisch erkannten kristallinen Kalke und Schiefer des Gotthard-Splügengebietes glaubt er, der Amphibolitzone ein relativ junges Alter, nämlich karbonisches, zuschreiben zu müssen.

1891 spricht C. DIENER [10] im „Gebirgsbau der Westalpen" vom „Amphibolitzug von Ivrea" und sieht in ihm einen tektonischen Graben, welcher die Zone des Monte Rosa vom Seengebirge, oder die Westalpen von den Ostalpen trennt. S. TRAVERSO [35], 1895, ist der erste, welcher in dieser Gesteinszone dem bedeutenden Auftreten von Pyroxen gebührend Rechnung trägt. Die Hauptmasse besteht nach ihm aus einem grossen Stock, der aus Pyroxendioriten, Amphiboliten, Peridotiten und Serpentinen besteht (Profil des Valle d'Ossola). Die in Strassburg bei Bücking eingereichte Dissertation C. PORRO's [28] untersucht die pyroxen- und peridotführenden Eruptivgesteine der Gegend von Finero (nördl. Valle Cannobina), und in der Berner Dissertation von R. ZELLER [38], 1895, „ein geologisches Querprofil durch die Zentralalpen" wird das mannigfache Wechsellagern von Hornblende-, Pyroxen- und Olivingesteinen mit kristallinen Schiefern hauptsächlich am Südrand (Gridone - Monte Limidario-Gegend) betont und auf den kontinuierlichen Übergang in die Strona-Zone und gleichzeitig auf die Analogie mit der kristallinen Schieferhülle des Aar- und Mont Blanc-Massivs aufmerksam gemacht. ROSENBUSCH schenkt der Petrographie dieses Alpenstreifens dadurch Interesse, dass er 1898 zwei Dissertationen hier ausarbeiten liess. Die eine stammt von F. R. VAN HORN [17], in welcher Norit, Quarz-Hypersthen-Diorit und Hornblende-Gabbro aus der Gegend von Ivrea eingehend behandelt werden; die andere, von R. W. SCHAEFER [31], gibt eine petrographische Beschreibung von Noriten, Dioriten, Bronzitgabbros und von Ganggesteinen aus dem Mastellonetal. Einlässlich sind geologische und detaillierte petrographische Darstellungen, leider ohne eine einzige chemische Analyse, der verschiedenen Gesteinstypen aus dieser Zone in der über sie umfangreichsten Arbeit in den „Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia" von AR-

TINI und MELZI [1] 1900 erschienen; die umfangreiche Arbeit enthält sehr viele Angaben, auf welche zukünftige Untersuchungen zurückzugreifen haben. V. NOVARESE [26], 1931, gibt deutlich zu verstehen, dass zwischen den dioritischen und verwandten basischen Gesteinen genetische Beziehungen zu den hochmetamorphen „Kinzigiten" bestehen müssen, ohne sie allerdings näher zu präzisieren. Ob die von der Zürcher Schule von A. E. MITTELHOLZER [21] und H. S. WANG [37] ausgeführten Dissertationen aus der Gegend von Bellinzona sich auf dieselbe Zone mit analoger Entwicklung beziehen, ist im Gebiet von Bellinzona, dem Gebiete der hochkulminierenden Wurzelzonen, nicht ganz wahrscheinlich; doch dürfte dies vielleicht eher für die Arbeit von SUZUKI [33], 1930, „Über einen Skapolithamphibolit bei Ascona" und ebenso für die Beiträge von C. BURRI und F. DE QUERVAIN [8] über die basischen Ganggesteine von Brissago zutreffen. Auch die Ausführungen WANGS [37] lassen in mancher Hinsicht viel Analoges zu unsern Erscheinungen erkennen.

Die ganze Zone ist, soweit es sich um italienisches Gebiet handelt, kartographisch dargestellt auf den Blättern 1:100 000 der Carta geologica d'Italia des R. Ufficio geologico: Nr. 42 Ivrea, Nr. 43 Biella, Nr. 30 Varallo, Nr. 15 Domodossola und Nr. 16 Cannobio. Sie tritt auch auf der offiziellen Übersichtskarte Carta geologica delle Alpi occidentali 1:400 000 aus dem Jahre 1908 prägnant hervor.

C. PETROGRAPHISCH-GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Es ist nicht möglich, sich aus dem Studium des geologischen Kartenbildes der Blätter 1:100 000 von der Verteilungsart der verschiedenen Gesteinsarten und ihrer gegenseitigen Beziehungen eine genügende und vor allem auch eine den Tatsachen entsprechende Vorstellung zu machen. Einmal sind die petrographischen Mannigfaltigkeiten viel zu gross, um auf einer Karte dieses Masstabes auch bei entsprechender Vereinfachung und Zusammenfassung eine befriedigende Darstellung zu erreichen. Weiter aber werden bei einer Kartierung in einem solchen vielfach schwer zugänglichen Gebiet eine Reihe von Gesteinen bei makroskopischer Betrachtung als gleichartig oder identisch angesehen, die sich erst bei genauerer Laboratoriumsuntersuchung als recht verschiedenartige Produkte erweisen. Auf der Karte des Blattes Varallo z. B. finden wir unter der Signatur der Diorite wirkliche Diorite, Norite, gabbroide und anorthositische Gesteine sowie hochgradig-metamorphosierte Kalke weit umfangreicher zusammengefasst, als der Text der Legende es erwarten liesse. Dadurch gewinnt man den Eindruck, als sei der ganze kin-

zigitische Komplex nördlich der Linie Cervarolo-Monte Capio (zwischen dem Mastellone- und dem Stronatal), also nordostwärts der grossen einheitlich erscheinenden und als eruptiv anzusehenden Dioritmasse Varallo-Ivrea sehr stark von dioritischen Intrusionen durchsetzt. Ein Grossteil dieser im Kartenbild fisch- und flammenartig aussehenden „Dioritkörper" stellt umgewandelte kalkig-mergelige Sedimente dar mit vorwiegend Hornblende und Pyroxen als melanokrate und Feldspat, Kalzit oder Skapolith als leukokrate Gemengteile mit einem häufig verblüffenden dioritisch bis gabbroiden Aussehen. Dabei scheint es ausserdem nicht unmöglich zu sein, dass sich unter ihnen auch ältere sill- oder lagergangartige Intrusionen basischer und intermediärer Magmen innerhalb des jetzt in kinzigitischer Ausbildung vorliegenden Sedimentkomplexes vorfinden, deren ursprüngliche Natur durch Bewegungs- und Umkristallisationsmetamorphose verwischt worden ist, wodurch Konvergenzerscheinungen zu sedimentär-metamorphen Produkten hervorgerufen wurden.

Im Raume Castellamonte-Ivrea-Biella-Borgosesia-Orta See-Lago Maggiore-Ascona (südliche Begrenzungslinie) und Centovalli-Finero-Vogogna im Tosatal-Fobello-Scopello-Favaro nördlich Biella-Borgofranco nördlich Ivrea-Castellamonte (nördliche Begrenzungslinie) haben die italienischen Autoren des Ufficio geologico folgende einfache Gliederung durchgeführt.

I. Serie dioritico-kinzigitica
II. Serie dei Laghi (Seengebirgszone).

I umfasst den (schon erwähnten) „dioritisch-gabbroiden" Haupt-Körper zwischen Monte Capio und Cervarolo i. N. beginnend und südwestlich über Ivrea hinaus reichend. Dieser enthält zugleich die zahlreichen für dioritisch angesehenen Intrusivkörper nördlich und nordöstlich dieser Linie, die man daher — nach dem Kartenbild wenigstens — als nördliche oder an der Oberfläche angeschnittene, von unten heraufreichende Apophysen der Hauptintrusion ansehen könnte. Sie wechsellagern in inniger Weise mit den hochmetamorphen Gliedern der Kinzigitserie, welche Granatfeldspatgneise, Sillimanitgranatbiotitgneise, Granatquarzite, Marmore, Kalziphyre, Granulite usw. enthält. Die Zone reicht bis an die Granitgebiete im Süden von Borgosesia und Osten bei Quarna und Mergozzo heran und wird dort durch die Serie II abgelöst, welche aus minder kristallinen muskovit- oder serizitführenden Biotitgneisen und -Schiefern besteht und die, fast bis Arona am Lago Maggiore ans westliche Ufer tretend, von

den Graniten Borgosesia-Ortasee, von Quarna, von Baveno und vom Monte Orfano durchbrochen und metamorphosiert wurden.

Diese Serie (Zone) II wird von ARTINI und MELZI als östliche Strona-Zone bezeichnet, während die westliche Stronazone dieser Autoren zur Kinzigitserie selbst gehört oder doch vermittelt und nach Westen bis an die Linie Ornavasso-Sambughetto-Cervarolo-Varallo reicht, eine entschieden höhere Metamorphose aufweist und schon in die Serie I des Ufficio geologico gehört.

Der auf der Karte dargestellte grosse Hauptintrusionskörper ist nun keineswegs eine einheitliche Eruptivmasse, sondern besteht aus verschiedenen zusammengesetzten Gliedern, die aber alle mineralisch eng miteinander durch Übergänge verbunden sind. Ausserdem ist aber noch nicht einmal genügend sicher gestellt, ob umfangreiche Teile von ihm selbst tatsächlich ein Eruptivgestein oder einen Ultrametamorphit darstellen. Das gilt vor allem für die granatanorthositischen und anorthositischen Zentralmassen, die „Gabbri zonati" MELZIS.

Die Eigenschaften, welche eine gewisse Unsicherheit in der Einordnung dieser Gesteine bedingen, sind ihre ausgesprochene Bänderung und ihr Mineralbestand, sowie auch strukturelle Verhältnisse.

Die Bänderung selbst wird hervorgerufen durch die Anreicherung von Pyroxen, Hornblende und grossen Mengen von Granat, der nicht selten auch von Sillimanit begleitet sein kann, in einer plagioklasreichen Grundmasse.

Ob diese Bändertextur als eine Differentiationsbänderung im Sinne der BOWEN'schen [5] Erklärung angesehen werden kann, wonach abgesunkene und gebrochene Kristallagen von noch liquiden Lösungen durchdrungen werden, steht noch nicht fest. Es scheint nicht ausgeschlossen zu sein, dass hier eher eine Resorptionsbänderung vorliegt; einer solchen Deutung kann allerdings die ausgesprochene Dominanz der Bänderung, die keinen lokalen, sondern regionalen Charakter annimmt, gegenüberstehen, wogegen gerade wieder eine regional sich ausdehnende tektonische Einwirkung während einer Magmaintrusion mit differentieller Bewegung zwischen magmatischer Lösung und Festkörper eine solche Textur begünstigen muss. Ob etwa an eine früher angelegte Verschieferungstextur, die später unter andern Bedingungen eine Abbildungskristallisation erfahren hat, zu denken ist, kann nach den bis jetzt gemachten Beobachtungen noch nicht genügend behauptet werden.

Gewisse strukturelle Verhältnisse symplektitischer Art, Verdrängungen von Biotit durch Granat, von Hypersthen durch Granat und diopsidischen Augit (diopsidisch umpanzerte Hypersthene) deuten auf Verdrängungen und unausgeglichene Gleichgewichte hin, die im Verlaufe einer magmatischen Kristallisationsfolge ebenso auftreten können, wie während einer metamorphen Umstellung, wo sie auch häufiger anzutreffen sind.

Das Wechselvolle in der mineralischen Zusammensetzung dieser Gesteine kommt aber nicht nur in der Bänderung zum Ausdruck, es kann dies auch durch Bildung von mehr oder weniger ausgezogenen oder auch verschwommenen Schlieren geschehen.

Die Bänder und Schlieren dieser sonst völlig massigen Gesteine verleihen ihnen eine ausgesprochene Paralleltextur, die im allgemeinen mit der Hauptausdehnung des Komplexes, also NNO streicht und um die Vertikale einfällt. Lokal können beträchtliche Abweichungen eintreten und Bilder starker Bewegung resultieren; stets aber sind die texturellen Verhältnisse weniger der Ausdruck des Fliessens einer magmatischen Lösung, sondern derjenigen einer Tektonisierung.

Erblickt man in den granatanorthositischen Gesteinen ultrametamorphe oder sehr resorptionsreiche hybride magmatische Gebilde (bis etwas mehr als $1/3$ Granat enthaltend), so waren an ihrer Entstehung auf jeden Fall magmatische Lösungen beteiligt, die als consanguin zu gabbroiden, basischen und ultrabasischen Gesteinen, über deren plutonischen Charakter nach Mineralbestand und geologischem Auftreten kein Zweifel besteht, betrachtet werden müssen. Dies kommt zum Ausdruck in dem stetigen beträchtlichen Ti-Gehalt. (Plagioklase und Granate sind aussergewöhnlich stark rutilerfüllt und der Ilmenitgehalt kann bis mehrere Prozent betragen.)

Die an der Bildung der anorthosit-gabbroiden Gesteine sich beteiligende magmatische Lösung kann wohl als leukokrate Fraktion, als Antipode der peridotitisch-pyroxenitischen gang- und stockförmig auftretenden Differentiate gelten, die aber selbst nicht in Beziehung steht zu einer magmatischen, an leichtflüchtigen Bestandteilen angereicherten granitischen Endlösung.

In wie weit der Granat-Sillimanit-Gehalt als übernommener Nebengesteinsgemengteil anzusehen ist, der in einer etwa vorausgegangenen Metamorphosierung oder -phase im Sinne Eskola'scher Auffassung [11] unter Anreicherung von Al und Mg und teilweise auch Si und Abwanderung von Alkalien (Kinzigite, Sillimanitgneise, Anthophyllitgneise, Quarzite) angelegt wurde, kann jetzt noch nicht eindeutig ausgesagt werden. Auf jeden Fall hat eine innige stoffliche Mischung der Magmalösung mit sedimentogenem Material stattgefunden; für die erste zeugt der konstante beträchtliche Ti-Gehalt, für das zweite neben dem bedeutenden Granat- der ständige Graphitgehalt sowohl der anorthositischen wie auch der basischeren reineren Eruptivgesteine und der häufig eingeschalteten Kalziphyre.

Das Erkennen der wahren Natur der granatanorthositischen Gesteine wird weiter dadurch erschwert, dass in diesem Gebiete weit-

ausgedehnte höchst ähnlich aussehende Granatplagioklasgneise mit sedimentmetamorphem Chemismus (besonders im Gebiet zwischen Tosa, Monte Capio und Cervarolo) mit völlig übereinstimmender Streichrichtung auftreten und ferner ebenfalls mit gleichverlaufenden Streichen an die Granatanorthosite feinkörnige Pyroxengneise und ähnliche Gesteine sich anschliessen, (oberes Stronatal, mittleres Mastellonetal) „Stronalite" MELZIS, die oft einen birkremitischen Mineralbestand und einen entsprechenden, aber auch natronlamprosyenitischen, dioritischen oder auch einen mit keinem Magmatyp befriedigend übereinstimmenden Chemismus aufweisen. In diesen gneisig aussehenden Gesteinstypen erscheinen auch parallellagige Injektionen von noritischer und gabbroider Natur, die sich oft gänzlich in dem Nebengestein auflösen (Mastellonetal, oberes Stronatal); sie alle zusammen können so ihrerseits wieder das Nebengestein von basischeren Eruptivgesteinen, die deutlich disruptiv auftreten, darstellen. Zu letztern gehören die basischen und ultrabasischen Gänge und Stöcke, besonders des westlichen Randes (Peridotite zwischen Balmuccia und Bettola-Isola), der Peridotite und Pyroxenite südlich des Monte Capio und nördlich davon in der Gegend von Campello im obern Stronatal und in der Nähe von Premosello im Tosatal; sie sind die Träger der Nickelerze.

Der petrographisch mannigfaltigste Teil der ganzen Zone gliedert sich nordöstlich an den auf der Karte als vorwiegend einheitlich zusammengesetzt dargestellten dioritischen Hauptkomplex zwischen Tosa, Monte Capio und Cervarolo an. Ausser den schon erwähnten pyroxengneisigen Gesteinen, die mit kalziphyrischen aufs engste wechsellagern, sind dort granatführende Pyroxen-Amphibolite mit wechselnden Pyroxen- und Feldspatmengen sehr bezeichnende und herrschende Gesteine. Der wechselnde Mineralbestand bedingt ein recht verschiedenartiges Aussehen; sehr bezeichnend sind grosse Granate führende Glieder mit Granatkristallen von mehr als 5 cm Durchmesser (Tal des Enderwassers unterhalb Rimella, und Piana di Forno im Stronatal). Pyroxengranulite, Granatplagioklasgneise, Granatsillimanit- und Sillimanitgneise, Sillimanitquarzite, Kalziphyre und reine Marmore ergänzen die Mannigfaltigkeit der „Kinzigit- oder westlichen Stronagneiszone".

Nach Osten und Südosten tritt der Bändercharakter immer mehr zurück und Gesteine von noritischem, gabbrodioritischem bis dioritischem und glimmerdioritischem Aussehen

gewinnen die Übermacht, Gesteine, die immer mehr die normalen Strukturverhältnisse von echten, nicht metamorphen Eruptiven aufweisen; sie kennzeichnen die Gegend zwischen Cravagliana und Varallo im Mastellonetal und sind weitverbreitet im Val Grande (Sesiatal), im Val Sessera, bis in die Umgebung von Ivrea.

Die westliche Flanke der ganzen Zone ist durch zwei Umstände charakterisiert:

1. Durch die scharfe Abgrenzung gegen die nordwestlich gelegene Sesiazone mit ihren alpinotypen Glimmerschiefern und -Gneisen. Diese scharfe Abgrenzung entspricht einer tektonischen Linie allerersten Grades, entlang welcher die anorthositgabbroiden Ivreagesteine in ein tachylitisches Material verwandelt wurden. Diese tachylitische Ausbildung besitzt oft Mächtigkeiten bis mehrere 10 m, kann aber auch nur in einzelnen anastomosierenden gangartigen Systemen noch hunderte von m von der Hauptdislokationslinie entfernt die sonst unveränderten Gesteine durchziehen. Die Dislokationslinie in der eben erwähnten Ausbildung ist aus der Gegend nördlich Ivrea (Donato) bekannt und zieht über Sagliano nördlich Biella, dann weiter über Scopa und Balmuccia im Sesiatal, um, südlich von Cervatto und Fobello (Mastellonetal) vorbeistreichend, im obern Stronatal Campello zu tangieren. Von dort wendet sie sich nach Rumianca im Valle d'Ossola, erreicht hier zwischen Vogogna und Premosello die nördliche Talseite, um dann in ostnordöstlicher Richtung weiterzuziehen. Durch diese Linie ist jeder kontinuierliche Zusammenhang zwischen Gebieten alpinotyper Gesteinsprägung einerseits und Arealen, welche keine alpine Verformung erfahren haben, entzweigeschnitten.

Sobald diese Linie in das Centovalli-Gebiet einmündet, scheint sich ostwärts eine engere Verschweissung der Areale nördlich und südlich einzustellen, so dass fortan die südlich dieser Linie sich anschliessenden Komplexe zusammen mit den unmittelbar nördlichen in ein Wurzelsystem zusammengefasst werden können (Gebiet der Deckenkulmination, Bellinzoneser Zone).

2. Durch die Häufigkeit des Auftretens basischer und ultrabasischer Gesteine, stets auf der Innen- = südöstlichen Seite der Dislokationslinie. Eine kontinuierliche Reihe von Differentiationsprodukten vorwiegend um den basischen Pol treten vor allem hier an der westlichen Grenze auf: peridotitische, pyroxenitische, pyroxenitperidotitische und peridotitpyroxenitische, hornblenditische und hornblenditpyroxenitische, gabbroide und noritische Gesteine treten hier als Durchbrüche und Nachschübe auf.

Die natürlichen, sowie auch die neuen bergmännischen Aufschlüsse für die italienische Nickelgewinnung in der Gegend von Balmuccia (Sesiatal) und der Umgebung von Campello-Monti (oberes Stronatal) fördern ein deutliches Belegmaterial, wonach die Peridotite zu den ältesten Durch- und Aufbrüchen gehören und diese selbst von pyroxenitischen, hornblenditischen und gabbroiden Intrusionen durchsetzt werden. Die Magmenförderung hauptsächlich dieser jüngern, saureren Glieder, geschah unter syntektonischen Bedingungen; paralleltexturierte, häufig völlig gneisige Beschaffenheit, welche den ältern ultrabasischen Gliedern durchaus fehlt, ist für diese jüngern Nachschübe kennzeichnend. Man erhält den Eindruck, dass die ältern Glieder als kompakte Blöcke wirkten, starren Schraubstockbacken gleich, zwischen welchen die jüngern azideren Nachschübe unter Aufnahme gerichteter Textur hindurchgepresst wurden; dabei mag auch ein differentielles Verschieben der bereits erstarrten älteren Magmaprodukte gegen die noch nicht verfestigten saureren Restmagmen eingetreten sein. Die gabbroiden Fraktionen liefern nicht selten feldspatreiche pegmatitische Derivate, die sich bis zu quarz- und karbonatreichen (z. T. autometamorphen) Endgliedern entwickeln können.

Im Profil des Tosatales und des Val di Strona schliessen sich nach Osten an die Pyroxengneise, Granatpyroxengneise, Granulite und Kinzigite kristalline Schiefer an mit Mineralien niedrigerer Bildungstemperaturen und merklichen Gehalten an leichtflüchtigen Bestandteilen. Glimmerreiche Schiefer, injizierte Schiefer mit saureren Plagioklasen, K-Feldspat, Quarz und grosse Turmalinmengen in zahlreichen, z. T. mächtigen Pegmatiten gelangen zur Dominanz.

Im Querschnitt des Sesiatales hat die Kinzigitserie nur mehr geringere Mächtigkeit, da sie nach Osten hin nach 2—3 km Breite durch die Granitmassen von Borgosesia abgelöst wird.

Weiter östlich klingt die Beeinflussung durch leichtflüchtige Agentien ab, gleichzeitig ist damit eine geringere Kristallinität des gesamten vorwiegend tonigen (glimmerreichen) Materials verknüpft. Am Westufer des Lago Maggiore treffen wir von Lesa im Süden über Stresa hinauf bis an den Monte Rosso, dann über die Gegend von Intra hinweg entlang dem Nordwestufer bis in die Gegend von Cannobio und auch auf der gegenüberliegenden Seeseite bei Luino und nördlich Maccagno diese monotonen glimmerreichen Schiefer an, die gerade mit ihrem stetigen fein verteilten, schon ohne Lupe sichtbaren Turmalingehalt stark an Casannaschiefer erinnern. Sehr häufig

stellen sich in diesen Glimmerschieferkomplexen Zentren von Feldspatisationen ein, bald im Zusammenhang mit parallel eingeschalteten quarzfeldspatreichen Lagen (schapbachgneisartigen Typen), öfters von pegmatitischem Charakter, bald ohne solchen, in Form von zahlreichen isolierten Porphyroblasten (Augen). Bei fortgeschrittener Feldspatisation entstehen völlig granitisch aussehende Gesteine (östl. Cannero, Maccagno, nördlich Premeno, zwischen Ghiffa und Ogebbio). Auch dürften hieher die prächtigen Augengneise des untern Stronatales zu zählen sein.

Als Übergangsglied zur Kinzigitserie, die in ihrem östlichen Teil stark aplit- und pegmatitdurchsetzt ist, trifft man einen Zug von Biotit-Muskovit-Gneisen (häufig mit Granat), für welche nicht selten boudinageartiges Auftreten von Silikathornfelsen typisch ist. Sehr schön sind sie entwickelt unter der letzten Strassenbrücke des bei Intra ausmündenden Val Grande unterhalb der Ortschaft Cicogna und mehrfach an der Strasse zwischen der schweizerisch-italienischen Grenze des Val Mara und Cannobio. Es sind dieselben Erscheinungen, die auch vom Monte Ceneri-Durchbruch bekannt geworden sind und weiter bei Magadino in Steinbrüchen angetroffen werden. Erhöhte Quarz-Feldspatgehalte, wie sie z. B. südlich Stresa bei S. Giovanni auftreten, möchte ich in erster Linie auf primäre lithologische Verschiedenheit (ursprüngliche Sandsteine und Arkosen) zurückführen.

Die Zone des „Stronagneises" und die Zone der „Kinzigite" gehören tektonisch zusammen, da die Übergänge in der Metamorphose kontinuierlicher Natur sind und durch keine tektonische Linie getrennt werden. Eine Einteilung in Kinzigit- und Stronazone (= Seengebirge) bedeutet nur eine angenäherte Gegenüberstellung von hochgradiger und schwächerer Metamorphose, in Wirklichkeit sind die Verhältnisse wesentlich komplexer.

Im allgemeinen kommt die Gegenüberstellung dadurch zum Ausdruck, dass in der Stronazone alpinotype Metamorphose vorherrscht — ob sie alpines Alter hat, sei zunächst ganz dahingestellt — im Gefüge gekennzeichnet durch Bewegung, Verscherung, Auswalzung, Rotation der Einzelkomponenten und nachfolgende Rekristallisation (teilweise Abbildungsrekristallisation) mit typischen lagenhaften postdeformativen Quarzabscheidungen (an Ort und Stelle mobilisiert oder während der Gesamtaktion herantransportiert) zwischen Ebenen stärkster Verscherung, die durch Glimmerführung oder durch schwach rekristallisiertes Feldspat-Granatzerreibsel charakterisiert sind. Dies und dann vor allem das Hinzutreten von reliktischem Silli-

manit erhärten vollends die Ansicht, dass die Stronazone nicht nur durch vorwärtsschreitende Metamorphosierungserscheinungen gekennzeichnet wird, sondern dass an ihrem Aufbau auch Anteile mit Retromorphosen beteiligt sind.

Der Kinzigitzone fehlen Anzeichen der Bewegung und Tektonisierung keineswegs, sie haben jedoch einen andern Charakter; das ausgesprochen lagenhafte Gefüge tritt zurück und macht einer weitausgereiften Blastese mit Paralleltextur oder Fältelung magmatektonischer Natur Platz. Das statisch-kristalloblastische Moment tritt in den Vordergrund, die Mineralparagenesen entsprechen Graden höchster Temperaturen, gesteigerter Drucke. Retrometamorphosen sind stark lokalisiert und oft extrem in Trümmerzonen und -Bändern entwickelt und stellen meist allerjüngste Bildungen ohne jegliche chemisch umbildende Begleitwirkung, also rein mechanische Effekte dar.

Die weiter oben erwähnte pneumatolytoide Durchsetzung der östlichen Kinzigitzone steht in Zusammenhang mit der Auslösung eines Transportes alkalireicher, leichtflüchtiger Komponenten, wodurch neben Na-reichen Feldspäten auch beträchtliche K-Feldspatmengen zum Absatz gelangten. K-Feldspäte sind bezeichnenderweise im westlichen Kinzigitgebiet, abgesehen von den Granuliten, kaum anzutreffen. Dieser Stofftransport dürfte verursacht worden sein durch das Nachsacken der teilweise bereits erhärteten, teilweise noch plastischen Migmatitkomplexe in solche tiefere Bereiche, in welchen alkalienhaltige und an leichtflüchtigen Bestandteilen angereicherte Lösungen von unten her nach oben hin sich angesammelt hatten und so, vielfach sicher aber auch durch eigene Spannkraft, auf Klüften, Fugen und Korngrenzen sich auf Wanderschaft begaben. Schöne Beispiele hiefür liefern die pegmatitisierten Biotitgneise und die Pyroxen-Amphibolgneise in der weitern Umgebung von Ornavasso im Tosatal und im Umkreis von Massiola im Stronatal. Der Zusammenhang der Erscheinungen geht wohl noch weiter und wird verständlich, wenn auf die Nähe der durch und durch feldspatisierten Gneise des untern Stronatales und auf die Injektionssysteme in der Nachbarschaft stark feldspatisierter Gesteine der Seengebirgszone hingewiesen wird.

Es liegt die Annahme dann auch weiter nicht mehr fern, dass diese Feldspatisierungszentren und Durchaderungssysteme mit den Granitkomplexen von Baveno-Omegna, des Monte Orfano, von Quarna und demjenigen, der sich zwischen Ortasee und dem Sesia-

tal ausdehnt und sich ja noch bis in die Gegend von Biella hin fortsetzt, in direktem genetischen Zusammenhang stehen. Diese alle gehören einer grossen Einheit an und haben mit tertiären Bergelleranaloga nichts zu tun, da sie ja von permischen Quarzporphyren durchadert werden.

Nach dieser petrographisch-geologischen Orientierung sollen einzelne Vorkommen herausgegriffen, charakterisiert und untersucht werden, in wie weit sie in den hier skizzierten Rahmen eingeordnet werden können.

1. Die gabbroiden Gesteine von Anzola

Geographische Lage des Vorkommens. 300 m ostwärts vom Dorfeingang Anzola hat ein sehr hoher und breiter Steinbruch der Firma Fornaroli u. Strada S.-A. in Mailand den südlichen Hang des Tosatales zur Gewinnung von Ornament- und Bausteinen aufgeschlossen.

Bisherige Benennung und Verwendung des Gesteins. Die Handelsbezeichnung für dieses Gestein, das in ganz Italien in neuerer Zeit an Monumentalbauten, aussen und innen, sehr viel verwendet wird, lautet: „Diorit von Baveno" [27]. Es hat aber, trotzdem es in der italienischen Literatur nach den Zitaten von PENTA [27] mehrfach angeführt wird, nie eine eingehendere wissenschaftliche Behandlung erfahren. PENTA gibt an, dass nach NOVARESE ein entschieden eruptives Gestein vorliege, das allerdings infolge dynamischer Veränderungen leicht schiefrig geworden und auch etwelche mineralische Veränderungen erfahren habe.

Geologische Situation und makroskopisches Aussehen. Wie auch die geologische Kartierung (Blatt Varallo 1:100 000) erkennen lässt, handelt es sich um eine 100—250 m breite Paralleleinschaltung in den hochmetamorphen kristallinen Schiefern, die von der Tosa zwischen Vogogna und Mergozzo durchschnitten werden und die, im einzelnen wechselnd, nach NNO auf die nördliche Talseite hinüberstreichen. Nach W grenzen die gabbroiden Gesteine von Anzola an Plagioklas-Granatgneise („Kinzigite"), mit deutlicher Bänderung in der Streichrichtung, hervorgerufen durch vorwiegend aus Granat und vorwiegend aus Feldspat zusammengesetzten Lagen; nach Osten vermitteln granatreiche Lagen, Schlieren und Linsen den Übergang zu Granatfelsen, die ihrerseits in Hornblende-Pyroxengneise mit reichlicher Amphibolführung übergehen.

Das Gestein, von ganz ungewöhnlicher Frische und mit starkem Glanz aller beteiligten Mineralien, mit dunklen Hornblende- und Pyroxenkristallen und dazwischen gelagerten etwas rundlich-elliptisch geformten völlig weissen Feldspäten (Photo 1), lässt zunächst

deutlich Paralleltextur erkennen[4]). Dazu kommt aber eine schlierige Beschaffenheit (Photo 2, 3, 4 und Zeichnung Textfig. 2), ja häufig ein migmatitisches Aussehen, die vor allem den Farbwechsel hell-dunkel sehr angenehm beleben, wodurch das Gestein zu einem überaus geschätzten und monumental verwendbaren Dekorationsstein gestempelt wird. Die schlierige Beschaffenheit geht auch in eine leicht gewundene Bänderung über, stets den Ausdruck einer gewissen Bewegung und Mobilität verratend (Photo 4 und 5).

In gleicher Weise, wie sich aus dem parallel gefügten Feldspat-Hornblende-Pyroxengemenge über mehrere cm, ja mehrere dm mächtige Feldspatschlieren und gangförmige Anreicherungen entwickeln können (Photo 2, 3, 4 und 5), ist dies auch für Hornblende und besonders für Pyroxen der Fall; die erstern erscheinen schneeweiss bis grauweiss, die letztern tiefdunkelgrün, beide oft scharf voneinander getrennt oder sich graduell mischend.

Das belebt die dekorative Wirkung des Gesteins noch um ein ganz erhebliches weiter.

Das Herausspriessen, Herauskeimen grobkörniger Kristallaggregate aus dem parallelgefügten Kristallgemenge, die Autoentwicklung solcher „pegmatitischer" Fazien = „pegmatitoider" Kristallate aus dem Gestein heraus ist eine ganz charakteristische und eine für die Entwicklungsgeschichte dieses gabbroiden Gesteins ebenso bezeichnende Erscheinung. Auf sie ist später noch zurückzukommen. Nicht selten treten solche pegmatitischen Kristallansammlungen aus der Ebene der „Kristallisationsschieferung" heraus, betreten eigene Wege und verhalten sich gewissermassen disruptiv wie echte magmatische Nachschübe (Photo 6, Zeichnung Textfig. 2). Feldspat- und Pyroxenkristalle können dabei über dm gross werden. Begleitung von Kupferkies, Magnetkies oder Pyrit stellt sich dabei verschiedentlich ein, nie aber in grössern Mengen.

Das Gestein zeigt keinerlei Klüfte und Schieferungsebenen, es ist mit seiner deutlicheren, bald weniger deutlicheren Paralleltextur vorwiegend massig; es lassen sich aus ihm enorme Blöcke gewinnen; eine Teilbarkeit parallel und senkrecht der vorerwähnten Paralleltextur begünstigt das Zerteilen der riesigen durch Sprengung gewonnenen Blöcke durch Keile.

Nachstehend folgt die petrographische Charakterisierung unter Aushaltung von 3 Typen: 1. Normale Ausbildung (Mittel von nor-

---

[4]) Es ist notwendig, eine makroskopische Beschreibung über eine rein terminologische Bezeichnung wie „kristallisationsschiefrig" oder „paralleltexturiert" hinaus zu führen.

malkörniger Entwicklung), 2. Pyroxenreiche pegmatitische Ausbildung und 3. feldspatreiche pegmatitische Ausbildung mit oder ohne Pyroxen. Anschliessend folgen Bemerkungen über die Granatfelse der östlichen Grenzzone.

1. Normale Ausbildung.

Die mineralische Zusammensetzung ist eine einfache. Zeigt schon eine aufmerksame makroskopische Betrachtung an, dass die Schliffbilder bei der schlierig-bänderigen bis lagigen Beschaffenheit ungleich ausfallen werden, so ist man überrascht, auch bei einigermassen maskrokopisch übereinstimmend aussehenden Varietäten doch erhebliche Unterschiede im Mineralbestand feststellen zu müssen.

4 verschiedene Schliffe (I—IV), jeweilen von 4 verschiedenen, aber ähnlich aussehenden Handstücken stammend, zeigen folgende Integrationstischvermessung, Zahl in Vol. %.

	I	II	III	IV	Mittel der 4 Anal.
Hornblende	38	32,7	45,9	46	40,9
Klinopyroxen	27,0	30,0	20,1	9,4	21,6
Orthopyroxen	0,5	1,8	0,3	0,6	0,8
Plagioklas	34,5	35,1	32,1	42,6	35,6
Erz		0,3	1,5	0,9	0,9
Apatit		0,1	0,1	0,4	0,2

Zu bemerken bleibt, dass Apatit und Erz als kleine Akzessoria neben grossen Kristallen von Feldspat, Pyroxen und Hornblende, von der Vermessung nie völlig erfasst werden, und dass Probe IV schon makroskopisch durch erhöhten Feldspatgehalt auffällt. Die Integrationstischvermessung lässt vor allem Schwankungen im Hornblende-Pyroxenverhältnis erkennen, der Feldspatgehalt bleibt konstanter.

Die Hornblende zeigt

n_γ (olivgrün) = 1,6800 } — Δ = 0,0241
n_α (hellgelb) = 1,6559 }
n_β (olivgrün) = 1,6700
Mit Berekkompensator (Mittel verschiedener Messungen) = 0,0240
$2V_\alpha$ = 80°—84°; aus Mallardscher Formel = 80°.
c/γ = 18°–20°.

Verzwillingung fehlt, vereinzelt gute Absonderung // (010). Deshalb dürfte es sich nach den Angaben WINCHELLS — genügend genaue Korrelationen zwischen optischen Daten und chemischen Zusammensetzungen eigentlich gesteinsbildender Hornblenden stehen ja noch nicht in hinreichendem Masse zur Verfügung — um eine Ca-Mg-Fe-reiche Hornblende mit relativ geringem Na-Gehalt han-

deln, wobei der Fe-Gehalt in nicht unwesentlichem Masse Al^{III} ersetzen wird.

Pyroxen wird in erster Linie durch eine diopsidische Klinopyroxenvarietät dargestellt.

$n_\gamma = 1{,}7147$, $n_\alpha = 1{,}6895$ } schwach grünliche Färbung, Pleochroismus kaum wahrnehmbar.
$-\Delta$ aus Lichtbrechung $= 0{,}0252$
Δ mit Berek besimmt $= 0{,}0253$
$2V_\gamma = 60^0$, $c/_\gamma = 43^0$.

Prismatische Spaltbarkeit ist ganz vorzüglich entwickelt und steht hinter der sehr vollkommenen Absonderung nach (100), die zwillingslamellenartig ausgebildet ist, nur wenig nach. Diese Trennbarkeit nach (100) beruht höchstwahrscheinlich auf einer feinlamellaren Fremdeinlagerung, deren Natur der Feinheit wegen nicht näher bestimmt werden kann. Dadurch, dass die feinen Lamellen gegen den Rand der Klinopyroxenkristalle ausdünnen oder ganz ausbleiben, erwächst dieser Vermutung jedoch keine höhere Beweiskraft. Gelegentlich stellt sich noch eine äusserst feine ähnliche Lamellierung nach (010) ein. Selten sind Ilmeniteinlagerungen nach (110). Häufig ist eine weitere feine Fremdkörpereinlagerung, einer feinen kurzen Strichelung gleichsehend, in einer Ebene der Zone [010] ca. 14 bis 16^0 zu (100) nach oben geneigt.

Nach den optischen Daten handelt es sich um ein Mischglied der Reihe Diopsid-Hedenbergit mit der Zusammensetzung $Di_{65}He_{35}$.

Nur gelegentlich stellt sich noch ein Orthopyroxen ein; es ist ein Fe-reicher Hypersthen mit $2V_\alpha = 62^0$. Absonderung nach (100) ähnlich beschaffen wie bei Klinopyroxen, häufig aber mit feinen Ilmenittäfelchen besetzt von Rhomben- oder Parallellogrammumriss

n_γ = hellgrün 1,7108
n_α = rötlich 1,6938
$-\Delta = 0{,}0170$
nach Berek $\Delta = 0{,}0170$
n_β = schwach gelblich.

Hypersthen bildet entweder selbständige Kristalle oder homoaxe randliche Umwachsung von Hornblende oder Klinopyroxen. Hypersthen beteiligt sich aber auch in feinster wurmartig gekrümmter Verwachsung mit Feldspat am Aufbau eines Umwachsungskranzes um Hornblende oder Pyroxen (reaction rim, synanthetic rim).

Mit der Erscheinung einer Reaktion zwischen Hornblende- oder Klinopyroxen einerseits und Feldspatsubstanz andererseits, wie sie sich aus den homoaxen Umwachsungen und symplektitischen Rän-

dern ergibt, steht auch das ausgiebige Auftreten von Hypersthen in pegmatitoiden Schlieren und Gängen in Übereinstimmung.

Wir treffen die Tatsache an, dass in der Ausscheidung auf Klinopyroxen Hornblende und auf diese selbst wiederum Pyroxen und zwar Orthopyroxen folgt. Dies dürfte auf anomale Bildungsbedingungen zurückzuführen sein, mit welchen auch die gneisig-schlierigen texturellen Verhältnisse in Beziehungen stehen, die nicht ohne weiteres gestatten, das Gestein als Produkt normaler Magmenerstarrung oder als Metamorphit anzusprechen.

Der Plagioklas ist stets wasserklar und nach Albit- und Periklingesetz verzwillingt. Die Zwillingslamellen beider Gesetze sind bald fein, aber dann relativ weit distanziert, bald breit und im allgemeinen durch die ganzen Kristalle geradlinig durchsetzend, wodurch eine nennenswerte undulöse Auslösung zurücktritt, im Gegensatz zu andern gabbroiden Gesteinen, die wir noch kennen lernen werden. Weder qualitativ noch quantitativ ist ein Zwillingsgesetz gegenüber dem andern bevorzugt.

Die Projektionspunkte der Flächenpole auf der Migrationskurve [REINHARD] für (010) fallen in die Gegend zwischen 70—80 An, für (001), und für die Spur der Periklinlamellen machen sich grössere Streuungen geltend, stets aber weisen die beiden letztern bedeutende Entfernungen voneinander auf. Ganz allgemein liegen die Streuungspunkte unter der Periklin- und der (001)-Kurve.

Auslöschung von n_a zur Spur von (010) in Richtung [100]	= 38°—41°.
„ „ „ „ „ der Periklin Lamellen	= 40°—44°.
$2V_a$ im Mittel	= 86°

Mithin Bytownit mit An_{75-83}.

Teile mit gröberem Feldspatkorn entsprechen der obern Basizitätsgrenze, ebenso ist dies der Fall für Aussenzonen von Feldspatkristallen, die im allgemeinen aber nur selten und undeutlich zonar sind. Die Plagioklase führen ausserdem ein Entmischungssystem von äusserster Feinheit, von dessen Existenz erst die Verwendung des Drehtisches Kenntnis gibt. Die „Spindeln" oder „Lamellen", vornehmlich zentrale Feldspatteile besetzend, sind so fein und so dicht gereiht, dass über ihre weitere Natur leider gar nichts ausgesagt werden kann; sie gehen oft ins sub- und ultramikroskopische über. Am deutlichsten erscheinen sie, wenn in der Zone [100] mit einer Neigung von 16—20° zu (010) beobachtet wird.

Nicht durchwegs, aber nicht selten, entstehen an der Grenze Feldspat/Pyroxen oder Feldspat/Amphibol Reaktionsränder, wie schon angegeben.

Ilmenit und Apatit treten als Akzessoria auf, Ilmenit besonders an Korngrenzen von Hornblende (Extraktion) und in den reaction rims. Neben diesen Typen stellen sich solche ein, deren Feldspäte einer An 60-Zusammensetzung entsprechen, ohne dass dabei nach optischen Untersuchungen auf Änderungen der Mafite zu schliessen wäre.

Textur: Sie kann am ehesten mit kristallisationsschiefrig bebezeichnet werden, was aber keineswegs eine befriedigende Bezeichnung bedeutet, wie eingangs auf Seite 342 erwähnt wurde.

Struktur: homöoblastisch, mit Mosaikcharakter. Pyroxene und Amphibole weisen rundliche und weitbuchtige Gestaltung auf und werden von pflastrig gefügter Feldspatmasse, die einer etwas jüngern Bildungsperiode angehört, zusammengehalten. Durchschnittliche Korndurchmesser in der Richtung der ‖-Textur 1,5—2 mm. (Vergl. Mikrophoto 11a, b.)

Chemisch-mineralogische Betrachtung.

	Gew.%	At. Zahl	Basis 100			Katamolekularnorm 100		
SiO_2	46,04	767	Kp	0,7	L = 32,6	Or	1,2	Feldsp. = 54,0
TiO_2	0,65	8	Ne	10,7		Ab	17,8	
Al_2O_3	16,35	320	Cal	21,2		An	35	
Fe_2O_3	3,00	38						
FeO	8,10	113	Cs	10,4	M = 41,7	Wo	14	Py = 20,7
MnO	0,19	3	Fs	3,2		Hy	6,7	
MgO	8,80	218	Fa	9,8				
CaO	14,00	250	Fo	18,3		Fo	18,3	Ol = 21,6
Na_2O	1,98	64	R	0,4	Q = 26,0	Fa	3,3	
K_2O	0,22	4	Q	25,6		Mt	3,3	
P_2O_5	0,08	1				Ru	0,4	
H_2O^+	0,28							
H_2O^-	0,05		si	94		k	0,06	
	99,74		al	19,7		mg	0,59	qz - 10,2
			fm	45,4		ti	1,0	c/fm 0,67
Analytiker:			c	30,6		p	0,07	
Ingr. Fz. Stachel.			alk	4,2				

Chemismus:
arièg itisch

d = 3,05

Modalbestand

Hornblende	40,0
Klinopyroxen	21,6
Orthopyroxen	0,8
Plagioklas An_{75}	35,6
Erz	0,9
Apatit	0,2

Die Darstellung der mineralogisch-chemischen Eigenschaften dieses Gesteins im QLM-Dreieck (Niggli) [23] zeigt den Projektionspunkt (●) im Teildreieck PRF unter der Sättigungslinie PF

und zwar gerade in der Nähe des Schwerpunktbereiches der Hornblenden (×), wie den Ausführungen von H. S. WANG zu entnehmen ist [37]. Die Nähe am Punkt R, der zum Teildreieck RML gehört, in welchem auf alle Fälle nur teilweise Silizierung für L und M möglich wird, steht mit der negativen Quarzzahl in Übereinstimmung, aber ohne dass Olivin beobachtet werden konnte.

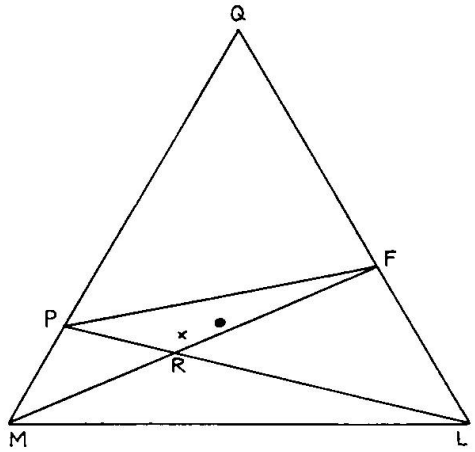


Fig. 1

Bringt man die Katamolekularnorm (NIGGLI) [23] in Beziehung zum Modalbestand, so ergibt sich, dass wesentliche Abzüge vom Feldspatbetrag = 54 vorgenommen werden müssen, um die durch die Integrationsvermessung gewonnene Hornblendemenge zu erhalten. Der Chemismus der Hauptbestandteile Hornblende, Pyroxen und Plagioklas ist optisch für die Plagioklase weitgehend, für die Pyroxene einigermassen befriedigend zugänglich. Die Diskussion WANG's [37] zeigt, dass die verschiedenen Hornblenden, metamorphe und eruptive, fast ausnahmslos recht kompliziert und wechselvoll zusammengesetzt sind. Die Alkaligehalte (Kp + Ne) sind, wie aus der WANG'schen [37] Übersicht hervorgeht, ganz allgemein für die Hornblenden grösser, als man gewohnt ist anzunehmen. Der Kp-Gehalt der Gesamtanalyse (0,7) des Gesteins mit seinem mehr wie $1/3$ Feldspatgehalt steht weit unter dem Durchschnitt des Kp-Gehaltes der Hornblenden. Die in die basischen Feldspatmengen mit An_{75} nicht mehr unterzubringenden Kp- und Ne-Werte können daher leicht zusammen mit dem cal, das fast restlos aufgebraucht wird, in der Hornblende untergebracht werden; alles übrige verteilt sich auf einen diopsidischen Mischkristall Diopsid-Hedenbergit.

Dem Modalbestand entsprechend, da femische Gemengteile $> 5/8$ (NIGGLI) [22], handelt es sich hier um einen mafitischen diopsid-

führenden Hornblendegabbro, wenn das Gestein genetisch als Eruptivgestein angesprochen werden kann.

Das Gestein weist nach der NIGGLI'schen Systematik [24] am ehesten ariègitischen Chemismus auf (I. m. 2.). Zum Vergleich dient folgende Tabelle:

	si	al	fm	c	alk	k	mg
Hornblendegabbro Anzola	94	19,7	45,5	30,6	4,2	0,06	0,59
ariègitisch	80	19	49	31	1	—	0,8
normalgabbroid	108	21	51	22	6	0,2	0,5
c-gabbroid	100	25	46	25	4	0,1	0,7
Anorthitissit TRÖGER 403	75	19,5	48	27	5	0,07	0,48

Am besten ist die Übereinstimmung mit ariègitisch, obwohl die Übertragung des Namens eines in den Pyrenäen auftretenden, sehr wechselnd zusammengesetzten und von Lacroix mit Ariègit — es bestehen allein 12 verschiedene Ariègitanalysen — bezeichneten Gesteins zur Charakterisierung eines Magmas nicht gerade vorteilhaft erscheint [5]).

WANG [37] beschreibt aus der Bellinzoneser Zone chemisch ähnliche Gesteine, besonders sind es die Granatamphibolite zwischen Scalate und Gordemo mit miharaitischem Chemismus (pag. 40 u. 41) und Typen des grossen Amphibolitlagerganges zwischen Monti di Ditto und Monti Casletto mit c-gabbroidem (pag. 87) oder auch wieder miharaitischem Charakter (pag. 91).

Die Heteromorphie kommt in grösserem Hornblende- und niedrigerem An-Gehalt, Fehlen der Pyroxene und stetiger Quarz- und teilweise Granatführung der Tessiner Vorkommen gegenüber unsern Mineralassoziationen von Anzola zum Ausdruck.

2. Die pegmatitischen pyroxenreichen Ausbildungen [6]).

Die Verbandsverhältnisse dieser Gesteinsfazien zu den normalen sind schon eingangs klargelegt worden. Von genetischer Bedeutung erscheint die Tatsache, dass sich vereinzelt gangförmiges Auftreten,

---

[5]) Die Ariègite, durch Abwesenheit von Feldspat und Olivin und die konstante Assoziation Klino- oder Orthopyroxen oder beider mit Spinell, Granat und Hornblende gekennzeichnet, erwecken Verdacht, nicht rein magmatische Differentiationsprodukte darzustellen. Ariègit dürfte einem ultrametamorphen oder einem hybriden Mischgesteine entsprechen.

[6]) Eine restlos befriedigende Bezeichnung stellt das Wort „pegmatitisch" nicht dar, da die genetischen Verhältnisse des Anzola-Gesteins noch nicht endgültig geklärt sind. Sollte es ein Metamorphit sein, so wäre die Bezeichnung „pegmatitoid" vorzuziehen.

ja sogar mit disruptivem Charakter einstellt; dabei kann es sich weniger um Extraktionen als viel eher um nachschubartige Ausbildungen pyroxenitischer Magmen handeln (vergl. Textfigur 2 u. Photo 6). Die Gesteinskomponenten der pegmatitisch-sekretionshaften Anrei-

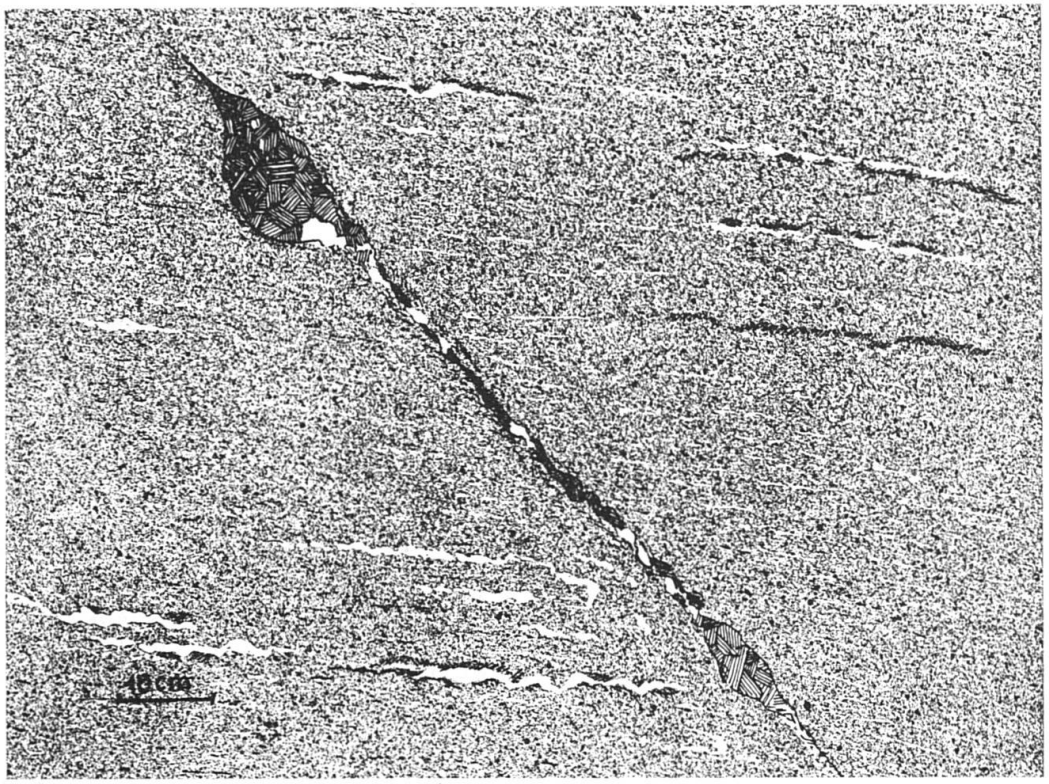


Fig. 2
Nesterartig sich ausweitender diskordanter grobkörniger Pyroxenitgang. Er führt vereinzelte Plagioklasanreicherungen. Im parallelstruierten Nebengestein Schlieren von grobkörnigem Pyroxen und Plagioklas.
Grobkörniger Pyroxen = schraffiert, grobkörniger Feldspat = weiss.

cherungen zeichnen sich durch erhöhten Eisengehalt ihrer silikatischen Zusammensetzung aus. Bezeichnend ist die ausgesprochene Dominanz der Pyroxenführung, die allerdings nicht fehlende Hornblende tritt sehr zurück. Die Kristallate dieser Aussonderungen können leicht über dm-Länge erreichen.

Klinopyroxen zeigt ganz ähnliche optische Daten und kristallographische Merkmale wie im normalen Gestein. Ein Abfallen der Axenwinkelgrösse (56—55°) und ein leichtes Ansteigen der Auslöschungsschiefe (44—45°) spricht für eine etwas erhöhte Hedenbergitbeteiligung. Die Ilmeniteinlagerungen sind häufiger, besonders auf der (100)-Absonderungsebene. (010)-Absonderung ist äusserst feinlamellar.

Orthopyroxen tritt quantitativ sehr hervor und kann lokal sogar überwiegen. Nachstehend seine charakteristischen optischen Daten:

n_γ (graugrün) †	= 1,7146	n_β (blassrötlich) = 1,7046
n_α (rot)	= 1,6969	$2V_\alpha$ = 56°—60°, also etwas grösser als bei Hypersthen des normalen Gesteins
$-\Delta$	= 0,0177	
mit Berekkompensator	= 0,0180	† Schliffdicke = 0.025 mm.

(100) zeigt feinlamellaren Bau; man ist geneigt, in diesen feinen Lamellen mit gegenüber dem Wirtskristall etwas abweichender Auslöschung Entmischungen von Klinopyroxen (Diopsid) zu erblicken; dies umso eher, als die Lamellen hauptsächlich die zentralen Teile des Kristalles einnehmen; ausserdem ist (100) noch mit Ilmenittäfelchen besetzt. (001)-Spaltbarkeit ist gut entwickelt, auch (010)-Absonderung, leztere führt auch Ilmenit. Es handelt sich um relativ Fe-reiche Glieder der Enstatit-Hypersthen-Reihe mit ca. 40 Mol % $FeSiO_3$; damit steht auch der oben angegebene Axenwinkel über α in Übereinstimmung. Nach Hess [16] sind diese Axenwinkelverhältnisse nur bei metamorphen und nicht rekristallisierten Vorkommen zu beobachten, in magmatischen Assoziationen und in metamorphen, aber rekristallisierten, sollen sich normale, also grössere (über α) einstellen. Hier kommt postkristalline Deformation auf keinen Fall in Betracht. Von C. Burri [7] sind die neuesten Daten über Optik und Chemismus der Orthopyroxene zusammengestellt worden; daraus ist ersichtlich, dass unsere Pyroxene unweit von dem bei 50 Mol % $FeSiO_3$ befindlichen flachen Scheitelpunkt der Axenwinkelkurve liegen. Die für die Konstruktion der Axenwinkel- und Brechungsindiziskurve benützten Werte basieren aber alle auf der Annahme von Ca-, Mn-, Ti-Freiheit. Für uns darf aber die Anwesenheit dieser Elemente, wie paragenetische Beziehungen andeuten, nicht von der Hand gewiesen werden. (Diopsidreichtum, Ilmeniteinlagerungen, Mn-Gehalt von Granat und von Klinopyroxen mancher pegmatitischer Ausbildungen.)

Hess [16] gibt an, dass diopsidische Entmischungslamellen in Orthopyroxenen vulkanischer Entstehung und in metamorphen Gesteinen mit Rekristallisationstemperaturen unter 600° fehlen. Im ersten Fall wegen zu rascher Abkühlung, im zweiten Fall wegen zu geringer Temperatur für die Lösungsfähigkeit des Orthopyroxens gegenüber dem Ca. Sollten die Lamellen // (100) diopsidische Entmischungseinlagerungen darstellen, so dürfte es sich um echt plutonisch-magmatisch oder ultrametamorph hochtemporierte Verhältnisse handeln.

In derselben Arbeit hebt HESS noch eine andere Beziehung hervor: die Abhängigkeit des Achsenwinkels von der Gesteinsdeformation, wonach diese mit der Deformation wachsen soll (Adirondacks, Labrador), wogegen mit starker Rekristallisation sich wieder die normalen Winkelbeträge einstellen; es lägen also in unserem Falle widersprechende Einflüsse bezüglich der optischen Eigenschaften vor.

In einem soeben erschienenen Aufsatz von N. F. M. HENRY [15] wird die Lamellarstruktur der Orthopyroxene dahin gedeutet, dass es sich um feine Lamellen derselben Zusammensetzung und Optik handelt, die mit ihrer ca-Ebene gegenüber dem Wirtskristall desorientiert sind. Diese Verhältnisse liessen sich nicht nur optisch mit dem Mikroskop, sondern auch röntgenographisch bestätigen und scheinen sich allgemein unter katazonalen Bedingungen sowohl bei eruptivem wie auch bei metamorphem Gestein einzustellen.

3. Feldspatreiche pegmatitische Ausbildung mit oder ohne Pyroxen.

Allgemeines. Wie sich aus dem strukturell und mineralisch normal zusammengesetzten Gestein pyroxenreiche Ausbildungen entwickeln können, so ist dies auch der Fall für feldspatreiche Varietäten, die, wie es auch für die letzteren zutrifft, schlieren- oder gangförmig, oder als langgezogene, meist mit der Paralleltextur des Hauptgesteins konform verlaufende Nester auftreten. Trotz wechselnden Feldspatgehaltes und trotz beträchtlicher Änderung im Chemismus des Feldspates ändern die Pyroxene ihre optischen Eigenschaften und somit ihre Zusammensetzung nur sehr wenig. Bezeichnend ist, dass mit der Feldspatführung der grobkörnigen pegmatitischen Ausbildungen sich stets Mineralien mit leichtflüchtigen Komponenten, wie Apatit und Skapolith einstellen.

Wie der An-Gehalt der Plagioklase im normalen Gestein nicht unerheblichen Wechseln unterworfen sein kann, so ist es auch hier [7]; von einer Plagioklaszusammensetzung An_{75-83} des normalen Gesteins bis herab zu An_{12} sind alle Mischungsverhältnisse möglich. Die beobachteten maximalen Ab-Gehalte von 51—58 % treten besonders mit Quarz, der sich aber selten einstellt, vergesellschaftet auf. Die Plagioklase zeigen dieselben Verzwillingungsmerkmale wie im normalen Gestein. Am häufigsten sind Mischungen An_{60-70}, Randzonen von Plagioklasindividuen sind im allgemeinen Ab-reicher.

[7]) Die Plagioklaszusammensetzung wurde stets nach verschiedenen Methoden ermittelt (Messung der Auslöschung auf (001)-Spaltblättchen, Migrationskurven von (010) und von Periklinlamellen sowie Zonenmethode).

Es liessen sich bis jetzt zweierlei Ausbildungsarten feststellen:

a: Eine sehr feldspatreiche mit nur wenig Pyroxen und relativ viel Apatit; das Auftreten ist typisch gangartig, zum Teil wird die Paralleltextur des Hauptgesteins schief durchsetzt mit ausgesprochenen Auflösungserscheinungen des letztern durch die feldspatreiche jüngere Bildung. Die Feldspäte werden bis 7 cm lang und erscheinen bald völlig glasig und dunkel wie Obsidian oder Morion, bald milchweiss, trübe mit guter Spaltbarkeit.

Die Feldspäte sind ausschliesslich Plagioklase mit denselben Zwillingseigenschaften, wie sie das Hauptgestein aufweist.

An-Gehalt liegt bei 55—58 %.

Vielfach finden sich auch Individuen mit An_{52} im Kern und An_{45} am Rand. Ausserdem stellen sich Individuen ein, die ausschliesslich An_{42-45}, somit schon Ab-Gehalt von 58 % aufweisen. Die dunkle Färbung rührt von feinstverteilten Ilmeniten her, die als enggescharte Blättchen oder linealförmige Gebilde mit kristallgraphischer Orientierung eingelagert sind.

Pyroxen: Gemäss der schon früher erwähnten Tatsache, dass im Hauptgestein die jüngern Pyroxenbildungen orthopyroxenischer Natur sind, sind die bis mehrere cm lang werdenden dunkeln Pyroxene vielfach orthorhombisch.

Die optischen Daten entsprechen durchaus den auf Seite 350 erwähnten der pegmatitisch-pyroxenreichen Ausbildungen. Der Pleochroismus ist etwas stärker.

Einlagerungen von Ilmenittäfelchen // (100) sind sehr häufig, desgleichen lamellarer Einbau, wie schon auf Seite 349 erwähnt. In den durch die pegmatitische Fazies nebulitisch aufgelösten Anteilen des Hauptgesteins zeigt sich deutliche homoaxe Umwachsung des Klinopyroxen, gelegentlich homoaxe Verwachsung von Klino- und Orthopyroxen mit braungrüner Hornblende durch Ferropyroxen, wobei b = $n\beta$ Klinopyroxen = $n\beta$ Hornblende = $n\alpha$ Orthopyroxen wird (vergl. Textfigur 3). Ausser der oliv- bis braungrünen Hornblende des normalen Gesteins trifft man noch eine bläulich-grüne Karinthin-Varietät an, welche jedoch nur als Umrandung von Orthopyroxen auftritt. Es ergibt sich deshalb als Bildungsfolge vom normalen Gestein bis zu den pegmatitischen jüngern Bildungen Klinopyroxen → Hornblende → Orthopyroxen → Hornblende. Letztere dürfte erhöhten Alkaligehalt aufweisen; das Ganze zeigt hin- und herpendelnde Gleichgewichtseinstellung, was ja auch in den Wechseln der Plagioklaszusammensetzungen zum Ausdruck kommt.

Gelegentlich zeigen Pyroxene in pegmatitischen Adern einen

sehr ausgesprochen zonaren Bau. Ein scheinbar dunklerer und massiverer Kern ist von einer glänzenden, heller erscheinenden Schale umgeben (Photo 8). Die Untersuchung auf dem Drehtisch zeigt, dass es sich bei diesen über mehrere cm lang werdenden Pyroxenen um die übliche diopsidische Verbindung handelt ohne geringsten chemischen Unterschied zwischen Kern und Schale.

Fig. 3
Homoaxe Verwachsung von Hornblende mit Klino- und Orthopyroxen.
Vergrößerung = 40 ×. (Bilddurchmesser = 2,5 mm.)
Hornblende = schraffiert, Klinopyroxen = hell mit starkem Relief, Orthopyroxen = punktiert, Plagioklas = hell mit schwachem Relief und haardünnen geraden Spaltrissen.

Die Trennung zwischen Kern und Schale ist eine ausschliesslich physikalische Eigenschaft; die Schale zeigt eine unerwartet vorzügliche, sich blättrig wiederholende „Absonderung" nach (100); ausserdem eine vorzüglich entwickelte nach (010); beide machen aber am Kern scharf Halt. Dadurch entstehen die oben angegebenen verschiedenen optischen Wirkungen in Schale und Kern. Hierbei scheint es sich um Spannungseffekte zu handeln, die sich im Laufe des Ausscheidungsprozesses in verschiedenem Grade bemerkbar machten.

Wir stossen somit mehrfach auf Erscheinungen, die auf geänderte Bedingungen während des Bildungsprozesses hinweisen.

In diesem Zusammenhange sei darauf aufmerksam gemacht, dass in der mineralogischen Literatur der Begriff „Absonderung" eine präzisere Fassung

vermissen lässt und auch nirgends auf Zusammenhänge mit der Kristallstruktur hingewiesen wird. Rein phänomenologisch scheint Absonderung schon mehr als nur einen quantitativen Unterschied gegenüber der Spaltbarkeit darzustellen.

Apatit ist ein in relativ bedeutenden Mengen auftretender sehr charakteristischer akzessorischer Gemengteil in Form von Prismen mit mehreren cm Länge und bis 1 cm Dicke und spargelgrüngelber Farbe.

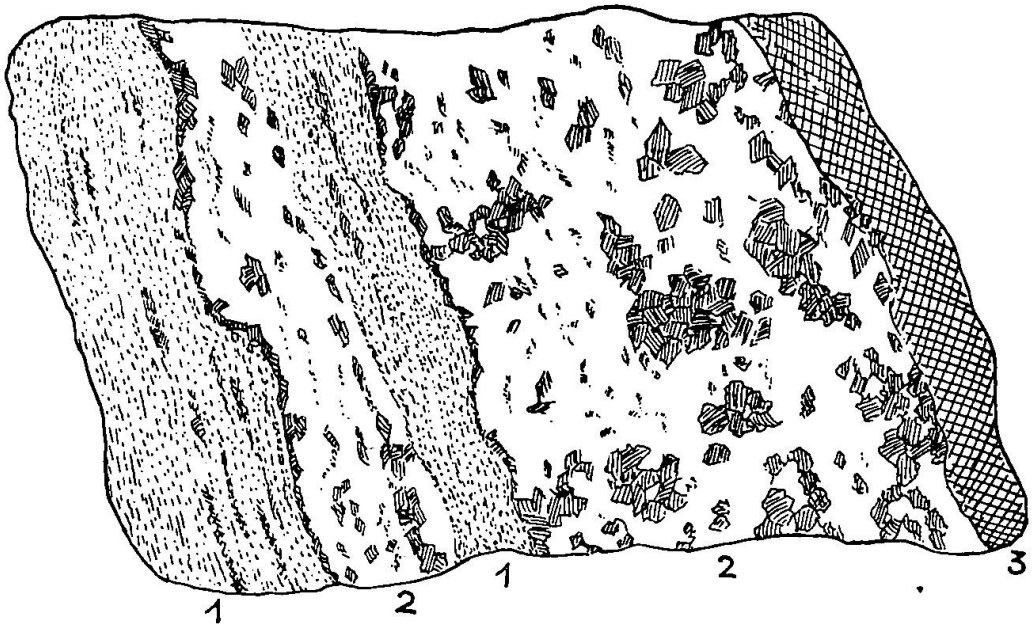


Fig. 4
Alternieren von normalem gabbroidem Anzolagestein mit skapolithpegmatitischer Ausbildung. Länge des Blockes = 50 cm.
1 = normales //-texturiertes gabbroides Gestein, 2 = skapolith-pyroxenpegmatitisches Gestein mit grosskörnigen Pyroxenen, 3 = Pyroxenfels mit Marmor.

Es zeigt sich, dass in diesen pegmatitischen Bildungen bei Stoffzufuhr unter Aufnahme von Bestandteilen aus dem Hauptgestein sich eine Fe-, Ti- und Alkalien-, Si- und Cl-Anreicherung (Apatite) eingestellt hat.

b) Eine skapolithreiche Ausbildung sieht makroskopisch aus wie eine feldspatreiche, stark pyroxendurchsetzte pegmatitische des normalen Gesteins. Sie wurde auch als grobkörnige Lage, die mehrfach mit dem normalen deutlich parallelstruierten Gestein wechsellagert, an welcher Wechsellagerung sich auch Granat-Diopsidfelse und Marmore beteiligen, angetroffen. (Vergl. beiliegende Skizze Textfig. 4.) Auch hier stellt sich das frühere Bild wieder ein, nach welchem auf Zonen mit vermehrter Zirkulation von leichtflüchtigen Bestandteilen eine stoffliche Extraktion aus dem normalen Ge-

Fig. 5
Pyroxen-Skapolith-Pegmatit, reich apatitdurchwachsen. Vergrößerung ∼ 10 ×. Die diopsidischen Pyroxene sind an der vorzüglichen (001)- und (100)-Absonderung kenntlich. Apatite idiomorph bis hypidiomorph. Zwischen Pyroxen und Apatit ist Skapolith (geringes Relief und häufig rechtwinklige Spaltbarkeit). Skapolithe kalzitisiert (Kreuzschraffur) oder zoitisiert (Nester mit schwarzen Tupfen).

stein unter Steigerung der Kristallisationsfähigkeit (grosse Pyroxene) sich vollzogen hat. In einer weissen, zum Teil glänzende Spaltrisse aufweisenden Grundmasse sind über mehrere cm grosse Pyroxene eingebettet, die eine starke Durchspickung mit weissen leisten-

förmigen Kristallen aufweisen. (Vergl. Zeichnung des mikroskopischen Bildes.) Die weisse Grundmasse ist grösstenteils Skapolith. Dieser zeigt

$n_\omega = 1{,}5755$
$n_\varepsilon = 1{,}5505 - \Delta = 0{,}0250$ entsprechend $\sim$ 58 % Mejonit.

Ob es sich um primären Skapolith oder um solchen handelt, der durch Verdrängung ursprünglichen Plagioklases entstanden ist, konnte nicht entschieden werden; eindeutige Anhaltspunkte für die zweite Auffassung wurden wenigstens nicht festgestellt. Am Rande von Pyroxenen besonders und auch an andern Stellen beobachtet man Zoisitierung in äusserst dicht filziger Aggregierung, was vielleicht mit ursprünglichem Plagioklas in Zusammenhang gebracht werden könnte. An manchen Stellen ist der Skapolith kalzitisiert, an wieder andern zeigt er sich feldspat- und quarzdurchsetzt. Infolge der Kleinheit der Individuen können jedoch diese Feldspäte trotz ihrer Frische nicht näher bestimmt werden.

Die Pyroxene sind ausschliesslich Klinopyroxene mit ähnlicher Optik und ähnlicher Zusammensetzung wie diejenigen im normalen Hauptgestein. Sie zeigen allerdings eine stärkere Färbung, die eine fleckige Verteilung mit unterschiedlicher Tönung, bald mehr ins Grünliche, bald mehr ins Rötliche spielend, aufweist.

Kristallographisch ist die extrem gut entwickelte (100)- und (001)-Absonderung bemerkenswert. Ilmeniteinlagerungen sind sehr gering und dann // (110). Die Pyroxene sind sehr stark von Flüssigkeits- und Gasfahnen durchsetzt.

$n_\gamma = 1{,}724$
$n_\alpha = 1{,}697$
$-\Delta = 0{,}027$
$c/\gamma = 47—48^\circ$
$2V_\gamma = 52^\circ$
ϱ schwach $> \nu$

Die hellen Leisten, welche die Pyroxene zahlreich durchspicken, sind Apatitsäulchen. In gleicher Weise durchsetzen sie den weissen Skapolith, treten dort aber makroskopisch nicht hervor.

Über cm-grosse hellbraune Titanitkristalle gehören weiter zu dieser bezeichnenden Mineralassoziation.

Die oben skizzierten Verbandsverhältnisse lassen 2 Merkmale hervortreten:

1. Die grobkörnigen Anteile diopsidisch-skapolithischer Zusammensetzung machen nicht den Eindruck von eigentlichen Pegmatiten im Sinne von magmatischen Nachschüben.

2. Der pegmatitische Charakter ist durch die grobkörnige Struktur und durch die Anteile leichtflüchtiger Bestandteile gegeben. Letztere vermochten nicht nur aus dem Nebengestein Stoffe zu extrahieren, sondern sie besassen auch die Fähigkeit, kornvergrössernd zu wirken. Nach besonders an andern Stellen des Vorkommens zu machenden Beobachtungen stellen die Pyroxenfelse metamorphe Produkte kalkiger Sedimente dar, mit welchem sie auch hier durch Marmore und Granatfelse verknüpft sind.

Leicht ist man geneigt, in den vorliegenden Verbandsverhältnissen ursprüngliche lithologische Gesteinswechsel von Sedimenten zu erblicken.

3. Es sind vor allem leichtflüchtige Komponenten, welche die vorliegende Mineralassoziation (Feldspat)-grobkörniger diopsidischer Pyroxen-Skapolith-Apatit-Titanit entstehen liessen.

4. Granat-Pyroxenfelse und feldspatreiche pegmatitische Durchaderungen.

In der südöstlichen Flanke des grossen Steinbruches kurz oberhalb der in den felsigen Abhang wenige m über dem Talboden eingebauten Wasserfassung trifft man beträchtliche Mengen von Granatfels an, welche bald feldspat-, bald pyroxendurchsetzt sind.

Auch hier können sich pegmatitische Ausbildungen entwickeln, an welchen sich Granat, Feldspat oder Pyroxen, entweder jeweils allein oder 2 oder gar alle 3 Komponenten beteiligen.

Die Granatfelse fallen durch ihre ziegelrote Farbe auf; angewittert, sind sie graubraun.

Vom normalen Gestein her erfolgt der Übergang gewöhnlich zunächst in einer verstärkten Paralleltextur und Bänderung sauerbasisch und dann in allmählicher Granataufnahme (Photo 7). Dies ist jedoch keine feststehende Norm, es können auch durch Feldspatsubstanz sehr stark aufgelöst erscheinende Gabbrotypen bis unmittelbar an die Granatfelse herantreten. Eventuell kann auch reines grobkörniges Pyroxenmaterial die unmittelbare Grenze bilden. Die Granatfelse selbst bestehen aus kleinen, ca. 0,3—0,5 mm Durchmesser aufweisenden stark glänzenden und facettierten Granatkörnchen (Photo 9); für diese sind (110) habitusbestimmend, dazu tritt (100), ganz zurücktretend ist (111). Besonders bei feldspatpegmatitischer Durchsetzung können aus diesen kleinkörnigen Individuen mehrere cm im Querschnitt messende Kristalle entstehen (Photo 10). Die Sammelkristallisation von Granat und Pyroxen auf Kosten kleinerer Individuen und der Stoffumtransport im Zusammenhang mit

zirkulierenden jüngern Lösungen sind sehr deutlich, wie die beigefügten Bilder zeigen.

Die rotbraune Durchsichtsfarbe der Granate lässt Spessartin vermuten, die Anwesenheit von Mn kommt ferner auch zum Ausdruck in der Rotfärbung der die Granatfelse durchsetzenden thulitisch zoisitisierten Feldspäte.

Der Granat weist folgende Daten auf

$$D = 4{,}2$$
$$n = 1{,}794$$

Nach der Winchell'schen Tabelle dürfte es sich demnach um ein spessartinreiches Glied der Granatmischkristallreihe handeln. Der Granat ist sehr stark rutildurchsetzt und weist grössere Mengen prächtiger Gas- und Flüssigkeitsfahnen auf, wie man sie besonders von natürlichen Edelsteinen zu sehen gewohnt ist; dies bezieht sich vor allem auf die pegmatitischen feldspatreichen Ausbildungen.

Der Pyroxen mit relativ gut entwickelter (010)-Absonderung zeigt:

n_γ graugrün	$= 1{,}709$	
n_α rötlich (bräunlich)-grün	$= 1{,}681$	Dies in Paragenese mit
$-\Delta$	$= 0{,}028$	Hypersthen und Feldspat.

In Paragenese mit Granat wurde gemessen:

$n_\gamma = 1{,}716$	$n_\gamma = 1{,}714$
$n_\alpha = 1{,}686$	$n_\alpha = 1{,}685$
$-\Delta = 0{,}030$	$-\Delta = 0{,}029$
$2V_\gamma = 56—60°$	$c/_\gamma = 46°$

Dispersion $\varrho \geqslant \nu$; in Schnitten $\perp \gamma$ schwach anomale Interferenzfarben von blaugrau zu braungrau. $d = 3{,}45$.

Der Pyroxen weist folgenden Chemismus auf:

	Gew. %	Mol. Zahl
SiO_2	51,34	854,8
TiO_2	1,14	17,8
Al_2O_3	0,31	3,1
Fe_2O_3	2,95	37,0
FeO	11,10	154,5
MnO	0,37	5,2
CaO	20,47	365,0
MgO	10,60	262,9
Na_2O	0,02	0,3
K_2O	0,75	8,0
H_2O^-	0,03	
H_2O^+	0,55	Anal. Dr.
P_2O_5	0,01	G. Beck
	99,64	

Mol. Werte Niggli	
si	104
al	0,4
fm	55
c	43,6
alk	1
mg	0,57
k	0,9
c/fm	0,79

Unter Vernachlässigung der relativ kleinen Werte für TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO und Alkalien liegt auch hier ein Mischkristall der Diopsid-Hedenbergitreihe vor, dem eine ähnliche Zusammensetzung $Di_{65}He_{35}$ zugeschrieben werden kann, wie dies schon der Fall war für Klinopyroxen als Hauptgemengteil des normalen Anzolagesteins und welche optisch ermittelt worden war. Die hier etwas veränderten optischen Verhältnisse (Farbe und Dispersion) dürften auf zunehmenden Mn-Gehalt zurückzuführen sein; es lässt

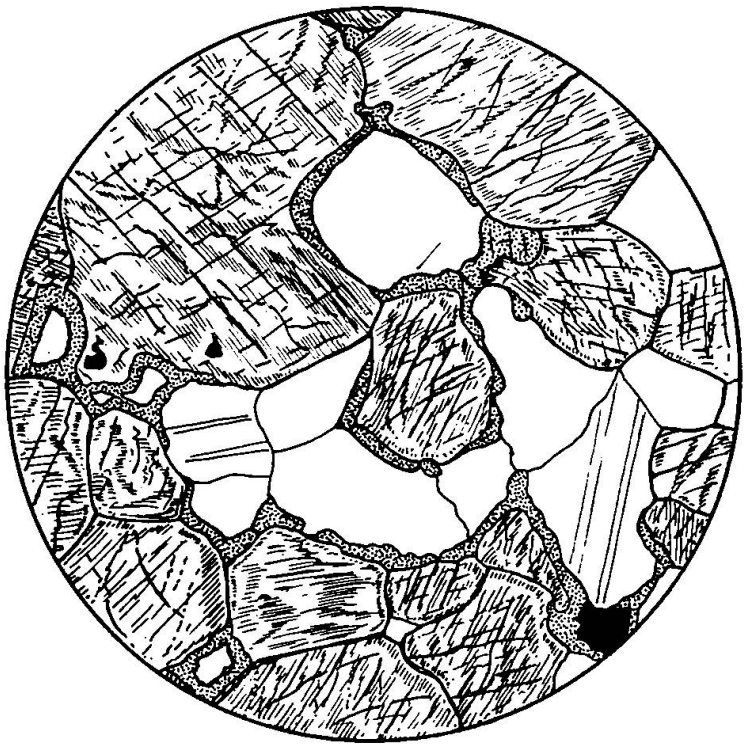


Fig. 6
Feldspatisierung des Granat-Pyroxenfelses. Plagioklas verdrängt Granat. Granat an den Pyroxengrenzen reliktisch noch erhalten geblieben. Vergr. ca. 40 ×. Schraffiert mit starkem Relief = Pyroxen. Punktiert = Granat. Helle Flächen mit vereinzelten geraden Linien = Plagioklas. Schwarz = Magnetit.

sich auch eine Steigerung der Doppelbrechung bei denjenigen Individuen feststellen, die in inniger Verknüpfung mit Granat stehen.

Gesteinsanteile, die aus der Übergangszone zwischen dem normalen Hauptgestein und dem Granat-Diopsidfels stammen, zeichnen sich oft durch eine schwache, durch kleine Granätchen verursachte Rotpigmentierung aus. Mikroskopisch bestehen diese Übergangsglieder vorwiegend aus Pyroxen und Feldspat; beide Mineralien weisen polygonale Umgrenzung in einem pflastrig-körnigen Gefüge auf. Der zurücktretende Granat bildet an der Grenze zum Pyroxen schmale Säume um die Plagioklase, wodurch ein Bild entsteht, wie bei der

Ausfüllung der Fugen eines Strassenpflasters durch Asphalt. Dieses Bild ist als Verdrängung des Granates aus einem Granat-Pyroxengemisch durch Feldspat zu deuten; Granat ist dabei bis auf die randlichen Begrenzungspartien gegen Pyroxen zurückgedrängt worden. (Vergl. Textfigur 6.) Die feinkörnigen Granatfelse lassen häufig, oft nur noch andeutungsweise, in abwechselnden Pyroxen- und Granatlagen eine alte Sedimenttextur erkennen, die besonders durch eine schwache, hellhervortretende Feldspatimprägnation noch betont wird. (Vergl. Photo 9.) Auch hier macht sich der Feldspat schon megaskopisch als verdrängende Substanz bemerkbar.

Pyroxen und Granat besitzen dieselben optischen Eigenschaften, wie sie in den eigentlichen Granatpyroxenfelsen angetroffen werden; sie werden daher auch chemisch nicht wesentlich geändert erscheinen.

Bemerkenswert ist die hohe Basizität der granatumsäumten Plagioklase, die bis zu 95 % An ansteigen kann. Feldspäte im Granatdiopsid- oder Diopsidfels ohne Granatsaum sind wesentlich saurer (55—75 % An), und solche endlich mit pegmatitischem Aussehen, die grobkörnige Pyroxen- oder Granatfelse durchadern, können An-Gehalte von nur 20—32 % besitzen.

Diese granatfeldspatpegmatitischen Bildungen zeigen dann sehr oft zweierlei Plagioklase: 1. einen glasklaren mit An_{58-60}, mit breiten Periklin- und Albitlamellen und 2. einen milchig trüben, der alle Grade der Durchsetzung mit schuppigen und strahligen bis stengligen Prehnitaggregaten aufweist.

Die diagnostischen optischen Merkmale für Prehnit sind folgende: anomale Interferenzfarben, maximale Doppelbrechung = 0,030—0,033, mittlere Brechung = 1,62; $2V_\gamma = 60—70^0$. Zwillingslamellierung.

Radialstrahlige Aggregation, typische Prehnitparkettierung ist selten. Kristallumgrenzung ist leider allgemein schlecht und ganz unregelmässig, schuppig, filzig. Gegenüber mitauftretendem Zoisit ist die geringere Lichtbrechung entscheidend.

Träger der Prehnite ist eine albitreiche Plagioklasmischung mit nur 20—32 % An. Dieser alkalireiche Plagioklas dringt auf feinsten Adern und Klüften in die An-reichere Mischung ein und verdrängt diese.

Bei der Umwandlungsdifferentiation Plagioklas → Prehnit + alkalireicher Plagioklas muss die alkalireichere Plagioklasphase die mobilere geblieben sein; die im basischen Plagioklas entstandene Prehnitsubstanz ist an Ort und Stelle zurückgeblieben, ohne in be-

nachbarte basische Plagioklase einzudringen; es ist sehr wohl denkbar, dass die Zerlegung des Plagioklases durch hydrothermale alkalireiche wässerige Feldspatlösungen selbst hervorgerufen wurde; die albitische Durchaderung nicht prehnitisierter Plagioklase, ausgehend von prehnitisierten mit albitreicher Grundmasse, ist sehr deutlich. Schematisch können die Reaktionen folgendermassen dargestellt werden.

$$\left\{\begin{matrix} 4\,Na_2O\cdot Al_2O_3\cdot 6\,Si_2O_2 \\ 6\,CaO\cdot Al_2O_3\cdot 2\,SiO_2 \end{matrix}\right. + 4\,(Na_2O\cdot Al_2O_3\cdot 6\,SiO_2) + 3\,H_2O \rightarrow 2\,(3\,SiO_2\cdot Al_2O_3\cdot 2\,CaO\cdot H_2O)$$

Ca-Plagioklas Albit Wasser Prehnit

$$+\left\{\begin{matrix} 8\cdot Na_2O\cdot Al_2O_3\cdot 6\,SiO_2 \\ 2\,CaO\cdot Al_2O_3\cdot 2\,SiO_2 \end{matrix}\right. + \underbrace{H_2O + Al_2O_3 + 2\,SiO_2}$$

alkalireicher Plagioklas gehen in Zoisit + Serizit.

5. Schlussfolgerungen über Natur und Genesis.

Es stellen sich folgende Fragen:

1. Ist das Gestein ein primär //-struiertes Eruptivgestein?
2. Ist es ein nachträglich metamorphosierter, vergneister Gabbro?
3. Liegt ein ultrametamorphosiertes Sediment vor?

Die vielen im Vorausgehenden erwähnten Erscheinungen sind als Stütze für die 3 verschiedenen Auffassungen mit ungleichen Werten in Rechnung zu setzen. Für die an zweiter und dritter Stelle gegebene Interpretierung lassen sich Tatsachen aufführen, welche mindestens keine hohe Wahrscheinlichkeit besitzen, die gestellte Frage zu bejahen, Tatsachen, die jedoch auch nicht strikte dagegen sprechen. Für die unter Punkt 1 angeführte Frage trifft dies nicht zu, obschon auch bei ihrer Beantwortung im positiven Sinne noch manches ungewohnt und nicht völlig abgeklärt erscheinen muss.

Wir werden im Gebiete der Ivrea-Verbanozone noch mehrfach an typischen magmatischen Erstarrungsprodukten primäre Paralleltextur antreffen als Ausdruck der tektonischen Einwirkung auf den zwischen starren Massen sich bewegenden magmatischen Schmelzfluss. Dabei kommen die texturellen und teilweise auch strukturellen Verhältnisse dieser Produkte weitgehend solchen gleich, die man an metamorphen zu beobachten gewohnt ist.

Der schlierige Charakter des Anzola-Gesteins, der oft mit einer mehr oder weniger ausgesprochenen Bänderung oder Lineartextur verknüpft ist, kann auf Differentiationserscheinungen zurückgeführt werden. Die Peridotite und Pyroxenite von Balmuccia und Campello zeigen ganz analoge Lagentexturen. Die etwas jüngern gabbroiden, feldspat- und hornblendereichern Differentiationsprodukte

fügen sich als lagenhafte Nachschübe in völlig gneisiger Ausbildung zwischen die monomineralischen regellos gefügten Frühkristallate ein. Im Falle von Anzola geht die Differentiationsbreite nicht so weit; wir haben es in der Hauptsache nur mit Pyroxen als basischem und mit Feldspat als saurem Differentiationsprodukt zu tun. Die Hornblende tritt nur im normalen Gestein, dagegen weder in saurem noch in basischer Ausbildung auch nur einigermassen hervor; ihr Zurücktreten und fast gänzliches Verschwinden in den grobkörnigen pegmatitischen Varietäten ist sehr bezeichnend. Die schlierigen, dunklen und meist auch grobkörnigen Partien, Nester und Linsen können als in der Erstarrung begriffene oder zum Teil schon erstarrte, durch die Restschmelze auseinandergerissene Differentiationslagen angesehen werden. Eine ruhige gravitative Kristallisationsdifferentiation dürfte durch gleichzeitig stattfindende tektonische Bewegungen dauernd gestört worden sein; die leichtflüchtigeren Anteile konnten nicht entweichen und sorgten einerseits für kräftige Konvektionsströmungen, andererseits für Kornvergröberung, besonders an den Durchströmungsstellen der schon ausgeschiedenen Pyroxenphasen. Feldspatanreicherungen sind denn auch ohne Ausnahme mit grösserer Kornentwicklung des Pyroxens verknüpft. Das kontinuierlieche Entwickeln pegmatitischer Ausbildungen aus dem normalen Gestein heraus ist nur zu erklären aus völliger Durchmischung der magmatischen Ausscheidungsprodukte mit einer an leichtflüchtigen Bestandteilen angereicherten Restlösung, die sich immer wieder nach Ausscheidung weiterer Pyroxenmengen in vermehrtem Masse bilden musste.

Man könnte versucht sein, die enge räumliche und zeitliche Verknüpfung der pegmatitischen Ausbildungen als Ausschwitzungen und Ausblutungen, als Anzeichen des Mobilwerdens bei hohen Temperaturgraden in grösserer Erdtiefe anzusehen, die sich im Laufe einer ultrametamorphen Vergneisung des Gabbros eingestellt hatte. (Frage 2.)

Mit dieser Auffassung sind zwei Erscheinungen nur schwer in Einklang zu bringen:

a) Das Auftreten von reinen grobkörnigen Pyroxenitgängen, schief oder quer zur allgemeinen Gesteinstextur.

b) Eine anatektische Umlagerung im vorstehend angeführten Sinne müsste auch in dem benachbarten Gesteine zu beobachten sein, was nicht der Fall ist.

ad a) Im allgemeinen sind infolge relativ geringerer zeitlicher Unterschiede die pegmatitischen Ausbildungen aufs engste mit dem

Hauptgestein verknüpft, in seltenen Fällen können sie jedoch als wahre Nachschübe disruptiv auftreten und sogar feldspatpegmatitische Schlieren und Aussonderungen durchbrechen (Textfig. 2). Ein solches Verhalten ist bei Annahme einer anatektischen Entstehung nur schwer vorstellbar. Die Lagerstättenuntersuchung der letzten Jahre hat deutliche Beispiele geliefert, dass Frühausscheidungsprodukte wie Peridot, Titaneisen, Chromit, Pyroxen usw. nicht nur als „Bodensätze" auftreten, sondern während der langen Phasen der Frühausscheidung selber in pegmatitischer Form gangartig, nachschubartig, die schon festgewordenen Kristallate durchsetzen. In unserem Falle hätten sich solche Pyroxenitgänge noch nach beendeter tektonischer Einwirkung durch die schon festgewordenen paralleltexturierten Ausscheidungen hindurchgedrängt und sind hernach mit richtungslosem Gefüge erstarrt. Bei einer spätern allgemeinen anatektischen Umarbeitung wären sie aber kaum erhalten geblieben.

ad b) Die unmittelbar südlich an das Anzolagestein mit seinen Granatpyroxenfelsen angrenzenden gangartig auftretenden Hornblendefeldspatgesteine weisen gar keine Anzeichen einer pegmatitischen Ausschwitzung auf; auch die Granatfeldspatgneise nicht, welche nördlich das gabbroide Anzolagestein begrenzen.

Bezüglich Frage 3 muss als auffällige Tatsache die weitgehende chemische Übereinstimmung des Pyroxens aus den randlichen Granat-Pyroxenfelsen mit dem Pyroxen als normalen Gemengteil des gabbroiden Anzolagesteins erwähnt werden, welche die Vermutung aufkommen lassen kann, die Pyroxenschlieren seien Reaktionsprodukte zwischen sauren magmatischen Lösungen und kalkig-dolomitischen Sedimenten. Ihre lagenhafte Anordnung entspräche den früheren lithologischen Wechseln und der alten Schichtstruktur. Mit einer solchen Auffassung können aber dann die mehrfach beobachteten und oben schon erwähnten gangartigen Pyroxenvorkommen nur sehr schwer in Einklang gebracht werden.

Es bleibt deshalb von den verschiedenen genetischen Möglichkeiten, die dem Anzolagestein zugeschrieben werden können, in ihm ein parallelstruiertes, schlierig-lagiges und gneisiges Gestein mit Primärcharakter zu erblicken, als diejenige übrig, welche den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit besitzt.

Eine solche Entwicklung dürfte in Zusammenhang stehen mit einer syntektonischen Intrusion. Bestimmte Phasen dieses orogenetisch-tektonischen Formungsprozesses führten zur Umprägung der sedimentären Nebengesteine zu dem kinzigitischen Gneiskomplex, andere wieder mochten gleichzeitig von Magmenintrusionen begleitet ge-

wesen sein, wie wir dies für den vorliegenden Fall anzunehmen geneigt sind.

Der weitere Vorgang war wohl dadurch charakterisiert, dass eine stark zu Bändertextur neigende Kristallisationsdifferentiation während dieses langsam vor sich gehenden Prozesses unter immer deutlicher werdender Mitwirkung leichtflüchtiger Anteile durch die gleichzeitigen tektonischen Bewegungen empfindlich gestört wurde. Es resultierten so völlig geradlinig texturierte, fast tektonitartig aussehende Bändergneise einerseits, andererseits sehr migmatitisch gefältelte Gesteine von unregelmässigem Korn und betonter Tendenz zu pegmatitischer Ausbildung in Linsen- und Schlierenform. Im Gefolge der tektonischen Bewegungen dürften aber auch die chemischen Gleichgewichte mehrfach gestört worden sein, was sich in häufig rückläufigen Ausscheidungsfolgen dokumentiert. Sind die Frühkristallate einfach und wenig wechselnd in ihrer Zusammensetzung (Pyroxene und Hornblenden), so trifft dies für die jüngern Ausscheidungsprodukte (Feldspäte, Skapolithe, Prehnite) nicht mehr zu; die Plagioklase welchseln ihre Azidität von 80 % An im normalen Gestein bis zu 20 % An in den jüngsten Phasen; die extrahierende Wirkung der feldspatisch angereicherten Restlösung auf schon ausgeschiedene Pyroxene (und Hornblenden) und eine Anreicherung des Fe-Gehaltes, wahrscheinlich ebenfalls durch Extraktion (Hypersthene in Pegmatiten), ist ebenso bezeichnend, wie die Wirkung einer „potenzierten Metamorphose" (gross entwickelte Pyroxene und Granaten in pegmatitischen Adern.

LITERATURNACHWEIS

1. Artini, E. und Melzi, G.: Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia. R. Ist. Lombard. Milano, 1900, 219—390.
2. Balk, R.: Structural geology of the Adirondack anorthosite. Tscherm. Min.-Petr. Mitt. XLI, 1931, 308—438.
3. Barth, T. F. W.: The large precambr. intrusive bodies in the southern part of Norway. Rep. XVI. Intern. geol. Congr. Wash. 1933, 297.
4. Bowen, N. L.: The behavior of inclusions in igneous magmas. Journ. Geol. Suppl. XXX, 1922, 513.
5. — Crystallisation-differentiation in igneous magmas. Journ. Geol. XXVII, 1917, 393.
6. Buddington, A. F.: Adirondacks igneous rocks and their metamorphism. Geol. Soc. Am. Mem. 7, 1939.
7. Burri, C.: Zur optischen Bestimmung der orthorhombischen Pyroxene. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XXI, 1941, 181.
8. Burri, C. und de Quervain, F.: Über basische Ganggesteine aus der Umgebung von Brissago (Tessin). Schweiz. Min. Petr. Mitt., XIV, 1934, 507—517.

9. DALY, R. A.: Bushveld Igneous Complex of the Transvaal. Bull. geol. soc. Am., XXX, 1928, 303—368.
10. DIENER, C.: Der Gebirgsbau der Westalpen, Wien 1891.
11. ESKOLA, P.: On the origin of granitic magmas. Tscherm. Min. Petr. Mitt., LXII, 1932, 455—481.
12. GASTALDI, G.: Studi geologici sulle Alpe occidentali. Mem. R. Com. geol. It. I, 1871.
13. GERLACH, H.: Die Penninischen Alpen. Abgedruckt aus Neue Denkschriften d. S. N. G. Beitr. geol. Karte, Schweiz, XXVII, 1883.
14. HALL, A. L.: The Bushveld igneous complex of central Transvaal. Geol. Surv. S. Afr. Mem. 28, 1932.
15. HENRY, N. F. M.: Lamellar structure in orthopyroxenes. Min. Mag., XXVI, 1942, 179.
16. HESS, H. H. und PHILLIPS, A. H.: Optical properties and chemical composition of magnesian orthopyroxenes, Am. Min., 25, 1940, 271—285.
17. VAN HORN, F. R.: Petrograph. Untersuchungen über die noritischen Gesteine der Umgebung von Ivrea in Oberitalien. Tscherm. Min. Petr. Mitt., XVII, 1898, 391—420.
18. HUTTENLOCHER, H. F.: Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XIV, 1934, 22—144.
19. KOLDERUP, C. F.: The anorthosites of western Norway. Rep. XVI intern. geol. Congr. Wash. 1933.
20. — Entstehung grosser Granate in Anorthositgabbro. Berg. Mus. Arbok, Natwid. rek. 1930, Nr. 11.
21. MITTELHOLZER, A. E.: Beitrag zur Metamorphose in der Tessiner Wurzelzone mit besonderer Berücksichtigung des Castionezuges. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XVI, 1936, 19—183.
22. NIGGLI, P.: Die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XI, 1931, 296.
23. — Über Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XVI, 1936, 295.
24. NIGGLI, P.: Die Magmatypen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XVI, 1936, 335—399.
25. NIGGLI, P. und LOMBAARD, B.: Das Bushveld als petrogr. Provinz. Schweiz. Min. Petr. Mitt. XIII, 1933, 110—187.
26. NOVARESE, V.: La Formazione diorito-kinzigitica in Italia. Boll. R. Uff. geol. Ital., LVI, 1931, 7.
27. PENTA, F. und IPPOLITO, F.: Marmi ornamentali, adoperati nel nuovo palazzo delle poste di Napoli; Marmi, Pietre, Graniti, Nr. 1, Carrara, 1937.
28. PORRO, C.: Geognostische Skizze der Umgebung von Finero. Inaug. Diss. math. naturw. Fak. Univ. Strassburg. Berlin 1896.
29. REUNING, E.: Verbandsverhältnisse und Chemismus der Gesteine des „Bushveld Igneous Complex" Transvaals und das Problem seiner Entstehung. Neues Jahrb. Min., B. Bd., LVII, 1927, Abt. A, 631—664.
30. ROLLE, F.: Erläuterungen und Profile zur geologischen Karte der Umgebungen von Bellinzona im Kanton Tessin und von Chiavenna in Italien. Beitr. geol. Karte Schweiz, XXIII, 1881.
31. SCHAEFER, R. W.: Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiet des Mastellone-Thales. Tscherm. Min. Petr. Mitt., XVII, 1888, 495—517.

32. STUDER, B.: Geologie der Schweiz. Bern 1851.
33. SUZUKI, JUN.: Über einen Skapolith-Amphibolit von Losone bei Ascona (Tessin). Schweiz. Min. Petr. Mitt., X, 1930, 133—139.
34. TARAMELLI, T.: Note geologiche sul bacino idrografico del fiume Ticino. Boll. soc. geol. It. 1885, Roma.
35. TRAVERSO, S.: Geologia dell'Ossola, Genova 1895.
36. WAGNER, P. A.: The platinum deposits and mines of South Africa. London 1929.
37. WANG, H. SH.: Petrographische Untersuchungen im Gebiete der Zone von Bellinzona. Schweiz. Min. Petr. Mitt., XIX, 1939, 21—199.
38. ZELLER, H. R.: Ein geologisches Querprofil durch die Zentralalpen. Inaug.-Diss. Phil. Fak. Univ. Bern, Bern 1895.

R. Ufficio geologico d'Italia, Carta geologica d'Italia. Blätter 1:100000. Nr. 42 Ivrea, Nr. 43 Biella, Nr. 30 Varallo, Nr. 15 Domodossola, Nr. 16 Cannobio.

— Carta geologica delle Alpi occidentali 1:400000. Roma 1908.

Eingegangen: 2. November 1942.

Tafel I

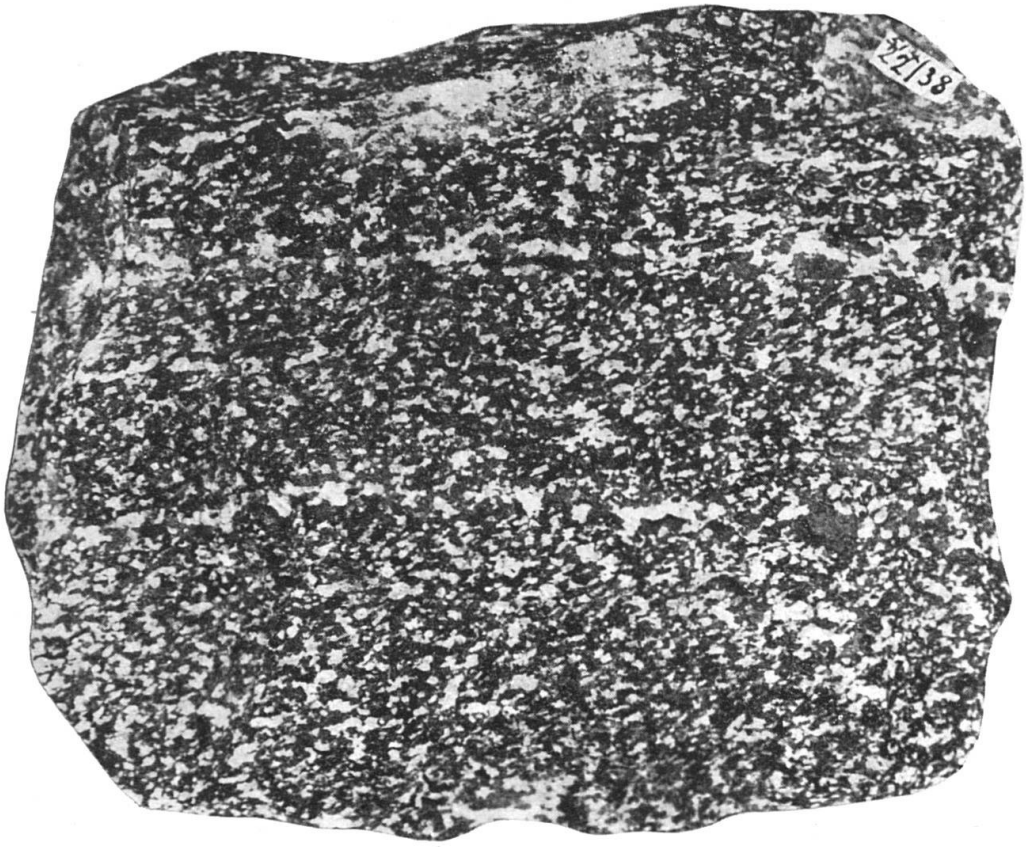


Photo 1. Normalkörnige Ausbildung des Anzolagesteins. Zeigt schwache Paralleltextur mit schwach diskordant dazu verlaufenden Plagioklasschnüren. Weiss = Plagioklas, dunkel = Pyroxen und Amphibol. 10 cm der Photo entsprechen 13,7 cm.

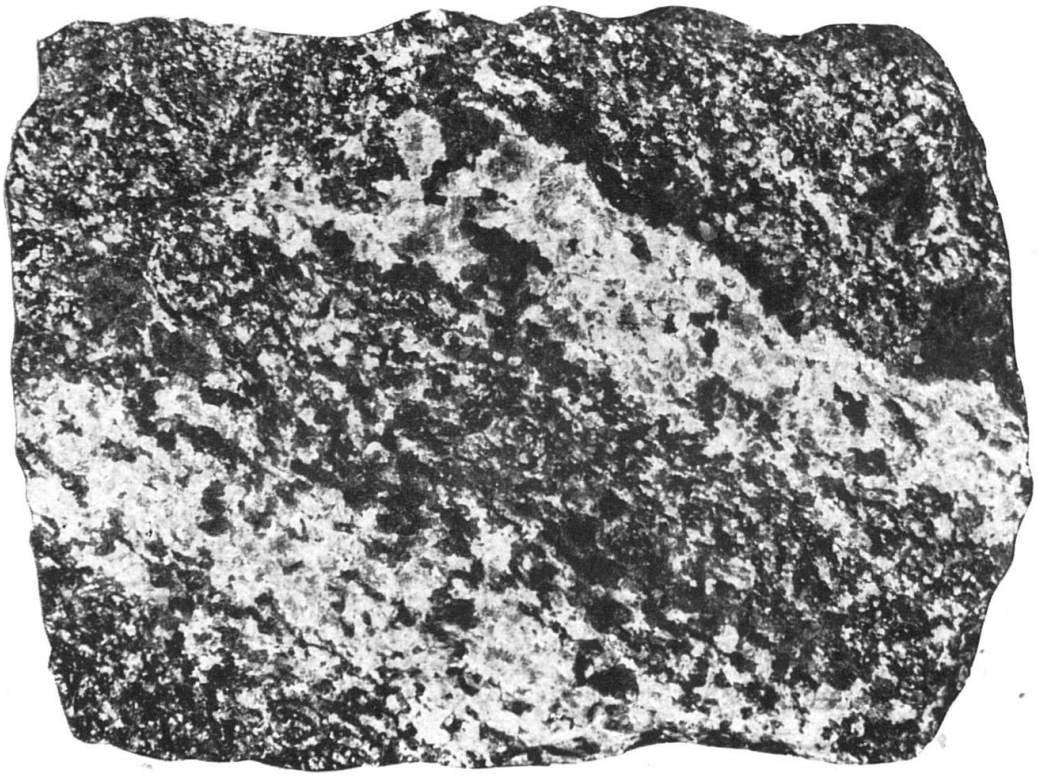


Photo 2. Schlierige Ausbildung des Anzolagesteins. Die hellen Feldspatschlieren sind umsäumt von gröber entwickelten Pyroxenen. Plagioklas glasig durchscheinend wie Quarz. 10 cm entsprechen 14,0 cm.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Tafel II

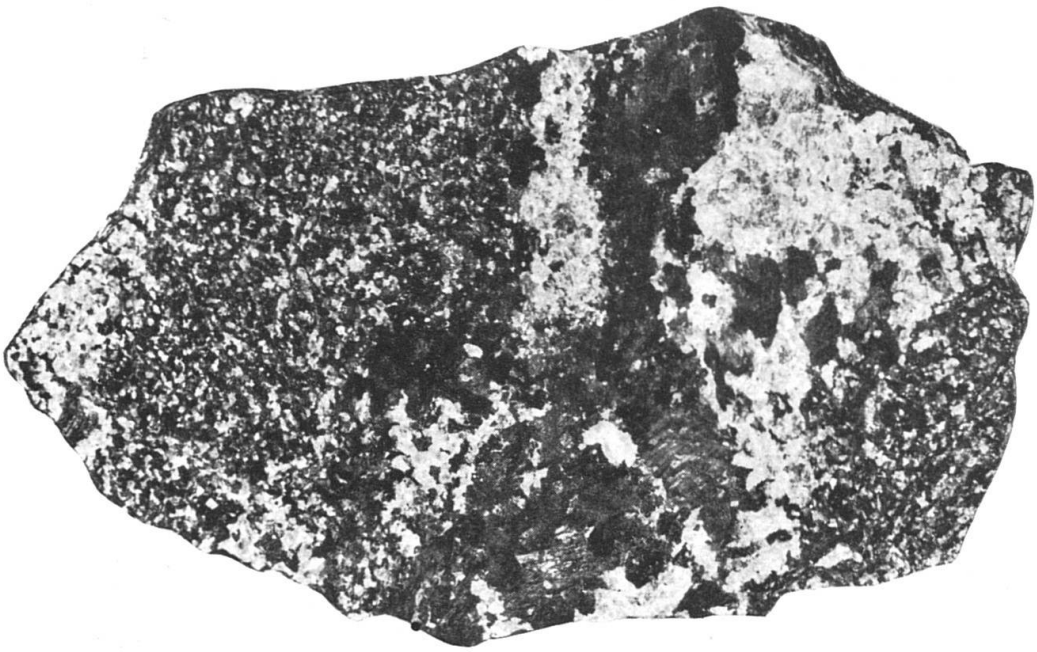


Photo 3. Grobkörnigere Schlierenausbildung als in Photo 2. 10 cm entsprechen 15,9 cm

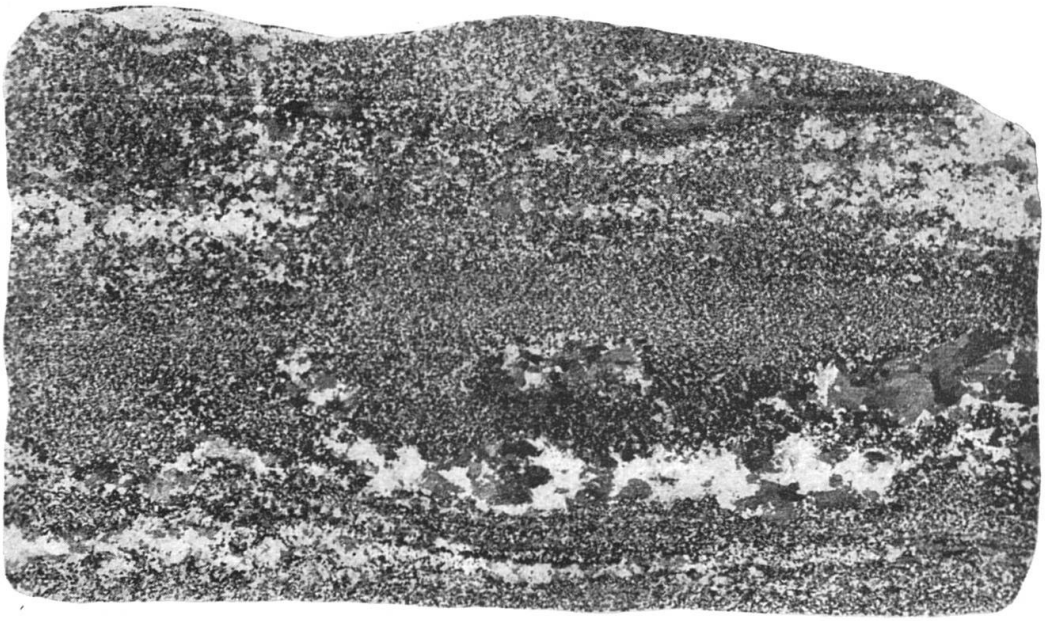


Photo 4. Alternierung normalkörniger, schwach parallelstruierter Lagen mit grobkörnigen, aus Pyroxen und Plagioklas bestehenden, von schlierig-pegmatitischem Charakter. Die Bildlänge entspricht 75 cm.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Tafel III

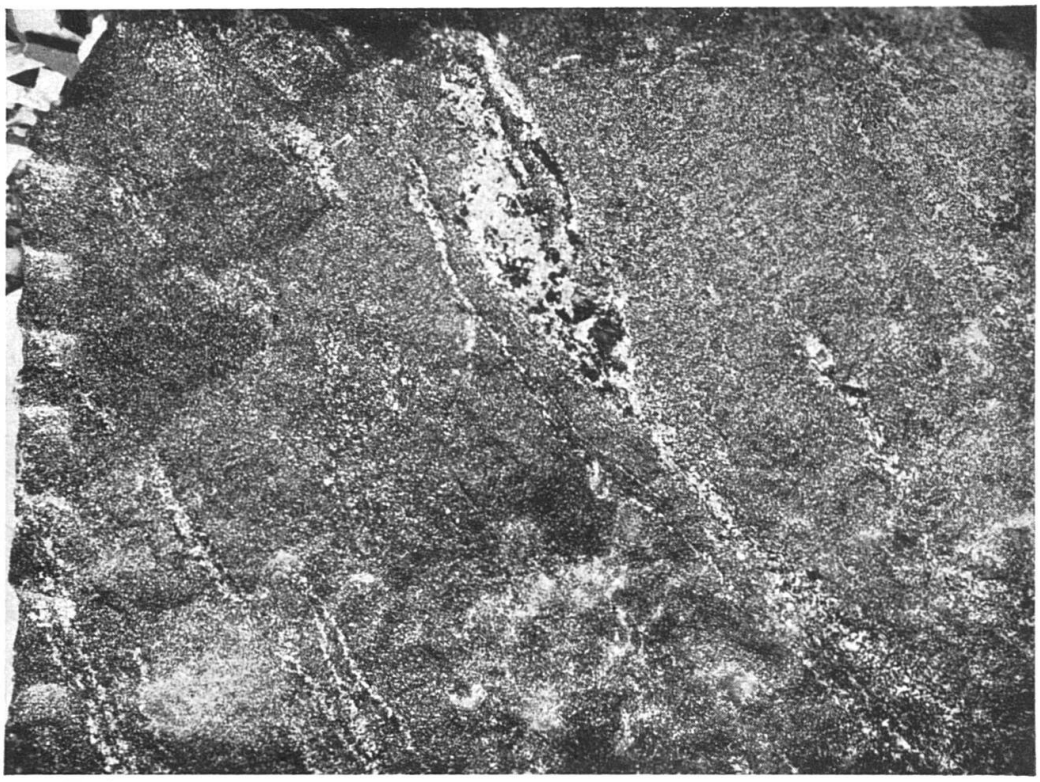


Photo 5. Schlierig-migmatitisches Aussehen des gabbroiden Anzolagesteins. Die Bildlänge entspricht 1 m.

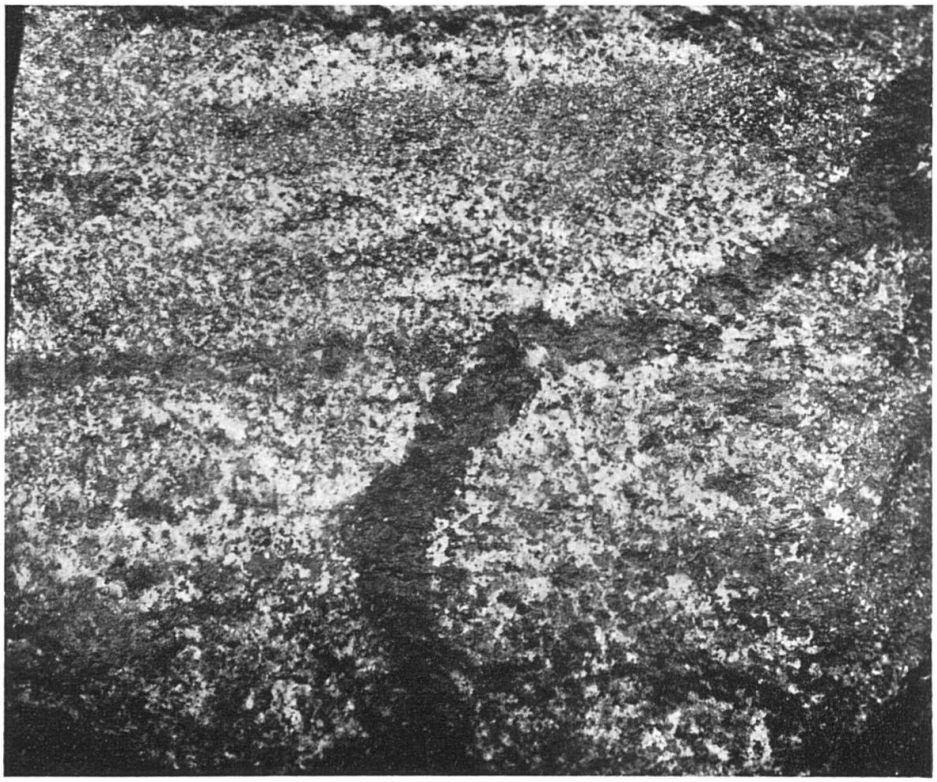


Photo 6. Grobkörniger Pyroxenitgang jünger als sauer-basische Bänderung und pegmatitische Schlierung. Die Bildlänge entspricht 40 cm.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Tafel IV

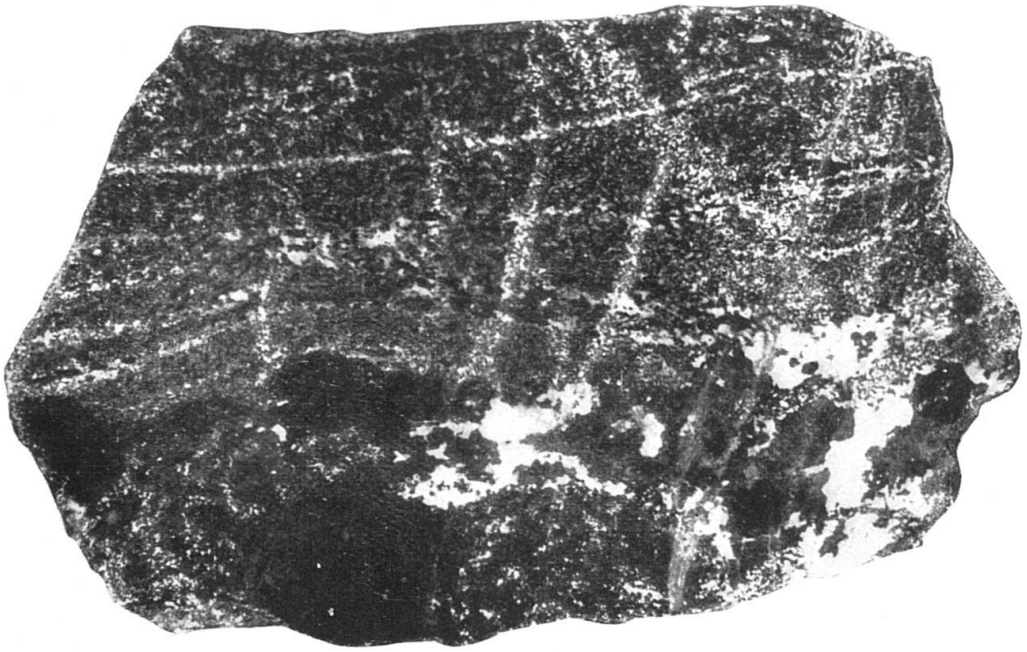


Photo 7. Normalkörnige Ausbildung im Uebergang zu Granat-Pyroxenfels. Das kleinere Korn unmittelbar am Kontakt zum Granat-Pyroxenfels ist durch kleine Granatrelikte bedingt. Mit gröberem Feldspatkorn stellt sich Gröberwerden der Granate ein. Die hellen Adern quer zur Paralleltextur entsprechen Kluftsystemen mit Zersetzungsmineralisierung. 10 cm entsprechen 18,2 cm.

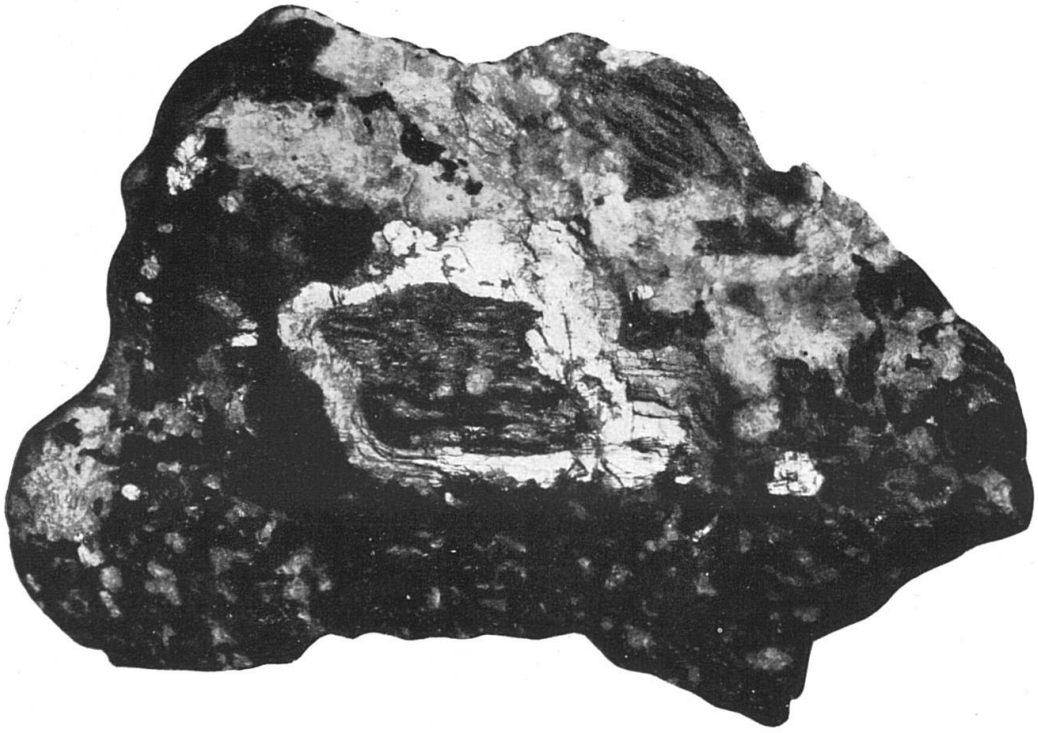


Photo 8. Diopsidischer Pyroxen mit Schalenstruktur. In der Mitte des Pyroxenkristalls spiesst Apatit durch. Natürliche Grösse.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Tafel V

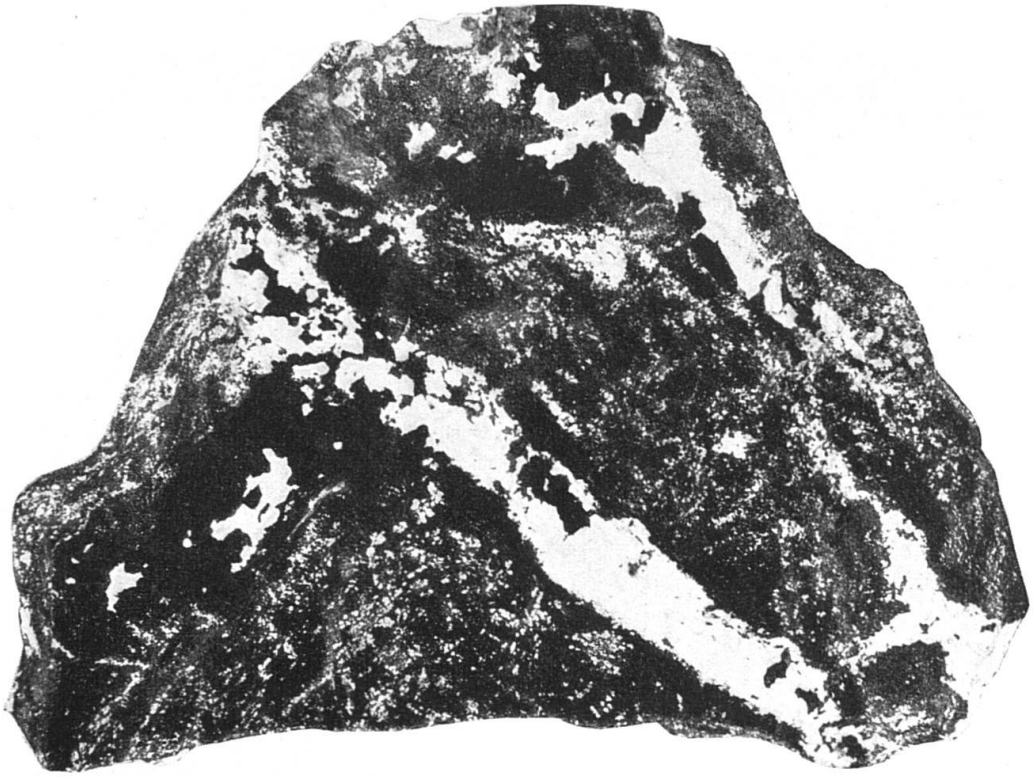


Photo 9. Granatfels, pegmatitisch durchadert. Oben und seitlich rechts und links feinkörnige Spessartine, unten links in etwas grobkörnigerem Spessartinfels zeigt feldspatische Durchsetzung Schichttextur der ursprünglichen Sedimente. 10 cm entsprechen 24 cm.

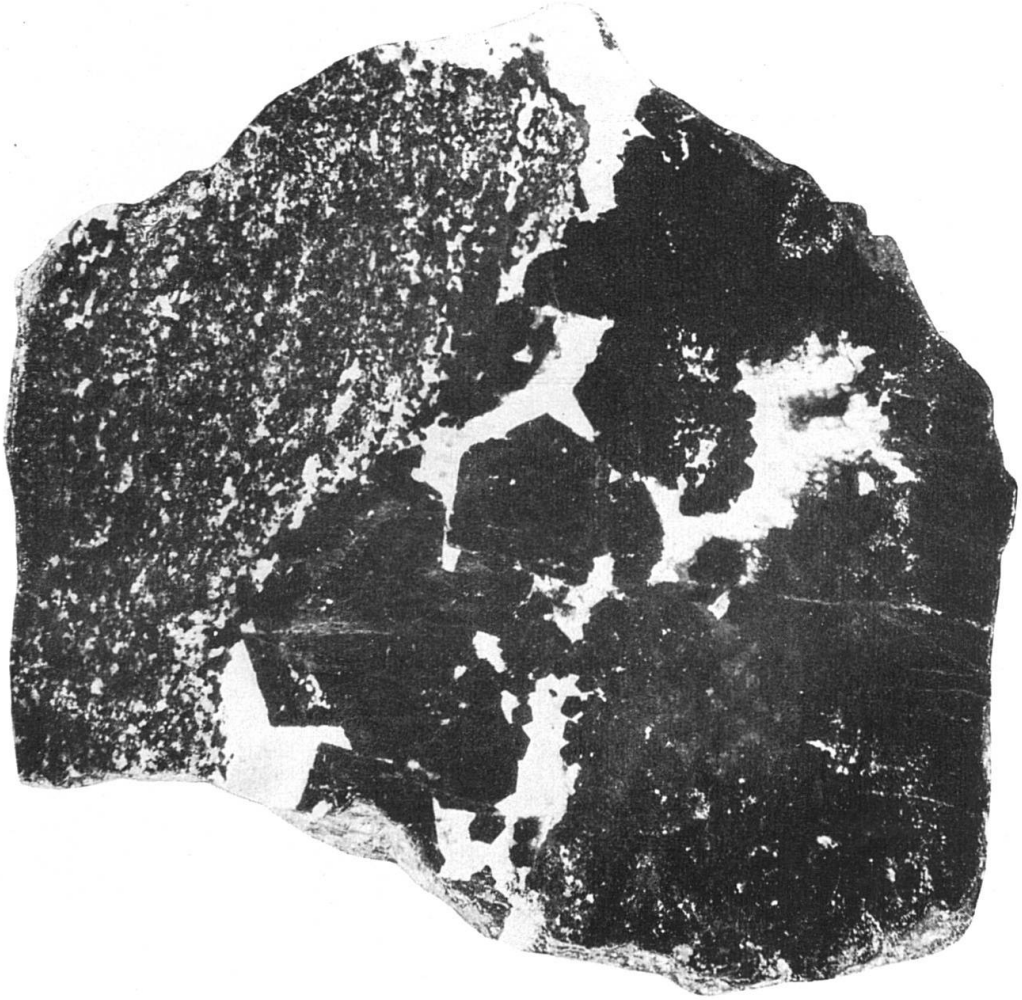
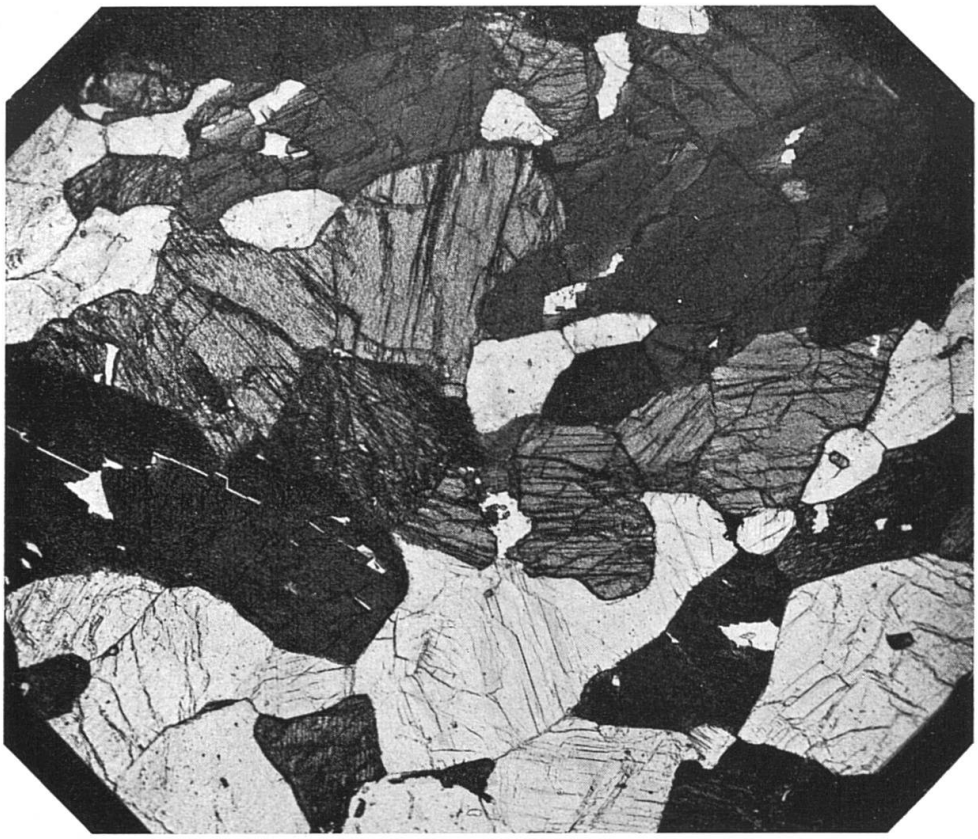


Photo 10. Grosskörnige Spessartine in pegmatitischer Ader zwischen gabbroidem //-struiertem Gestein links und Granatpyroxenfels rechts. 10 cm entsprechen 18,3 cm.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Schweiz. Mineralog.-Petrogr. Mittlgn.,
Bd. XXII, Heft 2, 1942

Tafel VI



Photos 11 a und b. Mikrophoto des gabbroiden Anzolagesteins.
a) Nur mit Polarisator: hell = Plagioklas, hellgrau = Pyroxen, dunkelgrau = Hornblende. //-Textur im Bilde NO—SW verlaufend.

b) Mit × Nicols: derselbe Schliffausschnitt wie bei a, Plagioklase zeigen einfache Zwillingslamellierung. Vergrösserung 10 ×.

Leere Seite
Blank page
Page vide