Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 14 (1916)
Heft: 5

Artikel: Petrographische Untersuchungen im Val Piora u. Umgebung
Autor: Krige, Leo J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-157609

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: 12.12.2025

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

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Petrographische Untersuchungen im Val Piora u. Umgebung.

Von Leo J. Krige.

Mit drei Tafeln.

Einleitung.

Das Val Piora ist ein Muldental zwischen dem Gotthardmassiv und dem Molaremassiv (Heim, Lit. 16) oder Lucomagnomassiv (Argand, Lit. 1 u. 2). Die Schenkel dieser Mulde bestehen aus Rauhwacke, der Kern aus hochmetamorphen Gesteinen, die zum Komplex der Bündnerschiefer gehören. Diese streichen dem Gotthardmassiv entlang und setzen sich nach beiden Seiten weiter fort. Westlich des untersuchten Gebietes bilden sie die Bedrettomulde, welche sich bei Airolo in zwei Aeste gabelt, in deren Winkel sich das Lucomagnomassiv einschaltet. Eine dieser Mulden verläuft unter dem Alluvium des Tessintales bis Fiesso, wo sie nach Süden umbiegt und sich verflacht; die andere ist die Pioramulde.

Soweit das Gotthardmassiv hier in Betracht kommt, besteht es wesentlich aus zentralen Granitgneisen und einer südlichen Randzone, deren Gesteine z. T. eruptiver, z. T. sedimentogener und z. T. gemischter Herkunft sind.

Das Lucomagnomassiv besteht in der Hauptsache aus Orthogneis, neben welchem noch Para- und Mischgesteine auftreten, besonders am Nordrand des Massivs. Wegen der grossen Aehnlichkeit, die zuweilen zwischen den Paragesteinen und denen andern Ursprungs besteht, können die Grenzen oft nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Auch konnte ich leider das Lucomagnomassiv nicht überall so gründlich untersuchen, wie ich gewünscht hätte; daher wird die Karte da und dort vielleicht kleine Fehler aufweisen. Diese dürften sich auf einen kleinen Streifen zwischen Madrano und der Alpe Chierra beschränken und nur nebensächliche Bedeutung haben.

Während der Alpenfaltung wurde das Lucomagnomassiv gegen Norden vorgeschoben. Durch diesen Schub wurde das Gotthardmassiv zusammengepresst, so dass es Fächerstruktur annahm, während die mesozoischen Sedimente südlich davon zwischen beiden Massiven eingeklemmt wurden und sich zu Mulden entwickelten. Meine Untersuchungen führen mich zu der Auffassung, dass das Gotthardmassiv neben der alpinen auch noch eine ältere Faltung aufweist.

Stratigraphie.

Das Alter der Gesteine, die die Pioramulde bilden, kann mit ziemlicher Sicherheit festgestellt werden. Die tiefsten Schichten bestehen aus Gips und Rauhwacke. Bankiger, zuckerförmiger Dolomit kommt auch vor, aber nur selten und ich habe ihn auf der Karte nicht von der Rauhwacke trennen können. Diese Verbindung von Gips, Rauhwacke und Dolomit wird gewöhnlich zur mittleren Trias gerechnet und hier wird diese Auffassung wohl auch stimmen.

Die Mächtigkeit der Rauhwacke ist sehr verschieden. Beim Lago Tom erreicht sie etwa 250 m, südlich des Fongio ist sie scheinbar auf Null reduziert.

Am Osthang des Val Canaria, wo Gips stratigraphisch unter der Rauhwacke liegt, erreicht er eine Mächtigkeit von anscheinend 300 m. Am Westhang kommt Gips auch als Einlagerung in der Rauhwacke vor. Im Val Piora kommt kein Gips an der Oberfläche zum Vorschein, ausgenommen an einer Stelle östlich des Pian'alto. Es ist aber sehr gut möglich, dass er hie und da in der Tiefe vorhanden ist, zumal da von Fritsch auf seiner Karte östlich von Pian Murinascio Gips angibt.

Als Hangendes der Rauhwacke treten die Bündnerschiefer auf. Alb. Heim beschreibt sie folgendermassen (Lit. **15**, S. 251):

« Sie stellen im Ganzen einen mächtigen vorherrschend kalkig-tonschiefrigen Schiefer- und Schichtencomplex dar, in welchem dunkelgraue, braune und besonders schwarze Farben überwiegen. Als reichliche Einlagerungen treten innerhalb dieser Masse der grauen Thonschiefer zahllose Abänderungen auf, welche Glieder sind aus den Reihen vom kalkfreien schwarzen Tonschiefer bis zum Kalkstein oder Sandstein. Ferner erscheinen grüne, selten rote Schiefer. Alle Abänderungen werden in einzelnen Regionen mehr und mehr kristallinisch umgewandelt, so dass sie in Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer, Granatglimmerschiefer, Zoisitschiefer und Marmor allmählich übergehen.

» Der Bündnerschiefer ist ein Schichtensystem, nicht eine einheitliche Facies. Es enthält verschiedene Gesteinsfacies, freilich stets unter Vorherrschen der kalkig-tonschiefrigen Ausbildung. So viele Abänderungen man auch unterscheiden mag, bleibt es doch unmöglich, den Bündnerschiefer stratigraphisch zu gliedern, und diese Gliederung über grössere Strecken durchzuführen. Er erscheint dem aufnehmenden Geologen stets als ein untrennbares Ganzes, das überall leicht von den umgebenden, nicht dazu gehörigen Gesteinen geschieden werden kann. »

Nun hat VAN HOLST PELLEKAAN im Scopigebiet ein Glied von diesem Komplex abgetrennt und es als Quartenschiefer aufgefasst. Er schreibt (Lit. **19**, S. 6):

« Das Hangende des Dolomits wird im Scopigebiet und auch weiter südlich durch stark gefaltete, grünlichweisse Schiefer gebildet, stellenweise wechsellagernd mit Serizit-Quarzitbänken. Darüber folgen grauschwarze, Dolomitbrocken führende Kalkphyllite, wechsellagernd mit mehr oder weniger mächtigen rostbraunen Sandsteinquarziten.

» Die Kalkphyllite sind reich an Echinodermenresten. Königsberger unterschied neben den von Heim schon erwähnten *P. tuberculatus* weiter noch *P. basaltiformis* und *P. psilonoti* Quenstedt. Durch diese Petrefaktenfunde wird ihr unter-liasisches Alter bestimmt. Die grünen Schiefer rechne ich aber im Anklang mit den Arbeiten von M. Blumenthal und P. Niggli noch zur Trias, wovon sie den oberen Teil, den Quartenschiefer bilden.

» Ueber den grauen Kalkphylliten folgen dann die schwarzen Schiefer verschiedener petrographischer Beschaffenheit, welche die Hauptmasse des Bündnerschiefers am Scopi bilden. Sie sind bekannt durch ihren Reichtum an Belemniten (*B. paxillosus*). Vereinzelt wurden auch schlecht erhaltene Cardinien und Arietiten (Arietiten mit einfachen Rippen) gefunden, wodurch auch ihr unter-liasisches Alter zweifellos festgestellt werden konnte. Dass noch jüngere Bildungen, wie Lias, durch die Bündnerschiefer des Scopi vertreten sind, scheint mir nicht wahrscheinlich, weil es eben die höchstgelegenen Schiefer sind, welche am häufigsten diese Fossilien führen. Wir unterscheiden am Scopigebiet also :

Schwarze Bündnerschiefer Echinodermen u. Dolomitbrocken führende Kalkphyllite	Lias
Quartenschiefer Dolomit Quarzit (= Triassandstein)	Trias. »

Im Pioragebiet ist eine strenge Durchführung dieser Gliederung der Bündnerschiefer unmöglich. Trotzdem fand ich es zweckmässig die unteren von den oberen Bündnerschiefer zu unterscheiden. Im Pioratal und weiter östlich, soweit meine Untersuchungen reichen, besteht das Hangende der Rauhwacke aus grünlichen, grauen Glimmerschiefern und Phylliten und hellen Dolomitglimmerschiefern. Weisse Quarzitbänke, einige Meter mächtig, kommen häufig vor. Ich schliesse mich der Auffassung von VAN HOLST PELLEKAAN an, dass diese Gesteine das Aequivalent der Quartenschiefer sind. Nach zwei meiner Analysen bestehen die Dolomit-Glimmerschiefer zu über 50 % aus normalem Dolomit mit $MgO : CaO = 1 : 1$. Hierdurch dürfte ihr ober-triasisches Alter sicher gestellt sein, denn bis jetzt wurden Dolomitschichten im Lias in den Schweizeralpen nur vereinzelt in den ostalpinen Decken im Berninagebiet gefunden (siehe A. SPITZ und G. DYHRENFURTH, Die Triaszonen am Berninapass usw., *Verh. der k. k. geolog. Reichsanstalt*, 1913, Nr. 16). Die Quartenschiefer sind stark metamorphosiert und zeigen eine viel grössere Mannigfaltigkeit von Gesteinsarten, als die schwarzgrauen oberen Bündnerschiefer. Ihre Mächtigkeit scheint im mittleren Pioratal etwa 200 m zu erreichen, ist aber gewöhnlich bedeutend kleiner.

Ueber den Quartenschiefern folgen graue bis schwarzgraue granatführende Schiefer oder rostbraune und graue Gesteine, die in der Hauptsache aus Kalzit und Quarz bestehen und als Kalkglimmerschiefer, Marmore oder Quarzite ausgebildet sind. Sie mögen als «obere Bündnerschiefer» zusammengefasst werden. Die dunklen Farben sind feinverteilter kohliger Substanz zuzuschreiben. Die karbonatreichen Gesteine wechsellagern häufig mit den schwarzgrauen Granatschiefern, und ich glaube nicht, dass man hier diese beiden als zu verschiedenen stratigraphischen Horizonten gehörig ansehen darf. Diese Verschiedenheit im Gesteinscharakter bedeutet nicht verschiedenes Alter, sondern nur eine Aenderung in der Art des Sediments.

Im Dünnschliff eines Kalkglimmerschiefers (bis Serizitmarmor), der vom Südufer der Murinascia südlich des Lago Cadagno stammt, fand ich Echinodermenreste, die sich nicht weiter bestimmen lassen und meinen einzigen Fossilfund im Pioragebiet darstellen. (Taf. XII, Fig. 6.)

Die Granatschiefer sind grau bis schwarzgrau, nicht so kohlschwarz wie am Scopi. Die Kalkglimmerschiefer und Marmore sind gewöhnlich rostbraun bis schwarzgrau im mittleren Val Piora; nach Westen werden sie aber heller und westlich von Alpe di Lago und Pian'alto wiegen hellbraune und hellgraue

Farben vor. Der Gehalt an kohliger Substanz ist verschwindend klein, während der Kalkgehalt zugenommen hat. Die Kalkglimmerschiefer grenzen hier direkt an die Rauhwacke; Quartenschiefer scheint nicht vorhanden zu sein. Dieser kommt im unteren Val Canaria vermutlich wieder zum Vorschein, konnte auf der Karte aber nicht ausgeschieden werden, da nach meinem ersten Besuch dieser Gegend in 1914 die Militärbehörden weitere Untersuchungen nicht gestatten wollten. Die maximale Mächtigkeit der oberen Bündnerschiefer mag im Pioragebiet etwa 150 m, vielleicht 200 m, betragen.

Zwischen der Rauhwacke und den prätriasischen Gesteinen des Gotthard- und des Lucomagnomassivs findet sich ein weisser Serizitquarzit oder quarzreicher Phyllit bis Muskowitschiefer. Es scheint, dass sein Kontakt mit der Rauhwacke konkordant ist und dass er der unteren Trias zuzurechnen ist. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 50 cm und etwa 2 m, ausgenommen beim Hotel Piora und am Südufer des Lago Ritom, wo sie ungefähr 20 m erreicht. Hier zeigt der Quarzit zuweilen noch deutlich, dass er aus einem Konglomerat mit erbsen- bis haselnussgrossen Geröllen entstanden ist. Er wurde nur an diesen Stellen auf der Karte angegeben, weil seine Mächtigkeit sonst zu gering und seine Aufschlüsse zu selten sind.

Im Pioragebiet wird das Mesozoikum also durch folgende Gesteine vertreten :

4.	Schwarzgraue Granatschiefer Kalkglimmerschiefer und Marmor	= Obere Bündnerschiefer = Lias
3.	Quartenschiefer = Untere Bündnerschiefer	Trias.
2.	Rauhwacke und Gips	
1.	Serizitquarzit	

Aus seiner Stellung in der Legende der Karte ist ersichtlich, dass ich den Quarzit beim Lago Ritom zuerst zum Paläozoikum gerechnet habe. Erst nach dem Probedruck wurde « untere Trias » hinzugefügt. Eigentlich hätte es von einem Fragezeichen begleitet sein sollen, denn ich kann seinen Horizont nicht mit Sicherheit feststellen. Seine scheinbare Konkordanz mit dem Dolomit spricht für untere Trias, das häufige Vorkommen von Turmalin für Pneumatolyse, die vermutlich die Intrusion des Granits, der den Augengneis lieferte, begleitete oder unmittelbar darauf folgte und prätriasisch war.

Im Norden grenzen die Triasgesteine diskordant an die südliche Randzone des Gotthardmassivs. Diese besteht in der

Hauptsache aus Gneisen verschiedenen Ursprungs und sedimentogenen Glimmerschiefern und Hornblendegesteinen. Das Alter der Sedimente, die das Ausgangsmaterial für die Bildung dieser Gesteine waren, ist nicht mit Sicherheit festzustellen. Sie können nicht jünger als die hercynische Faltung sein, denn sie sind von dieser auch ergriffen worden. Weiter nach Westen, zwischen Pusmeda und Giubing, fand J. Königsberger (Lit. **21**) in dieser Zone schwarze Granatschiefer, die er zum Karbon rechnet. Er bestimmte ihren Kohlengehalt und fand 4 %[1].

Der Kontakt zwischen der Randzone und dem Eruptivgneis im Val Cadlimo ist kein scharfer; es besteht eher ein allmählicher Uebergang. Die Sedimente, aus welchen die Paragesteine der Randzone entstanden sind, müssen deshalb älter sein, als die Intrusion des Cadlimogneises. Das Fehlen typischer kontaktmetamorpher Mineralien und Gesteine scheint gegen diese Annahme zu sprechen; aber die spätere Dynamometamorphose dürfte wohl imstande gewesen sein, die Kontaktmetamorphose zu verwischen.

Die Injektion der Randzone scheint mir älter zu sein als ihre Faltung; sie dürfte mit der Intrusion des Cadlimogneises zusammenhangen. Diese und andere Gründe, wie z. B. der Parallelismus zwischen den Hornblendegesteinen und der Nordgrenze der Randzone, sowie das Vorkommen von Mulden im Cadlimogneis, die gleich alt scheinen, wie die Falten der Randzone, führen mich zu der Auffassung, dass die Gneisintrusion vor oder im Anfang der hercynischen Faltung stattfand. Sie dürfte dem späteren Karbon oder Perm zuzurechnen sein.

Oestlich des Pizzo Scai endet die Randzone, und Medelser Protogin und Cristallinagranit treten auf. Diese sind nicht mit dem Orthogneis des Val Cadlimo und des nördlichen Scai zu verwechseln, sondern müssen, wegen der Art ihres Auftretens und ihrer schwächeren Metamorphose, als eine jüngere Intrusion betrachtet werden — jünger auch als die Faltung der Randzone, älter aber als die Triasgesteine, die keine Kontaktwirkungen aufweisen. Die Intrusion der Gottharderuptiva erfolgte also in zwei Phasen, einer ersten vor oder während der hercynischen Faltung und einer zweiten nach dieser, aber vor der Triaszeit.

[1] Die sedimentogenen Gesteine der Mulde im nördlichen Val Cadlimo führen auch oft kohlige Substanzen (siehe Graphitoidphyllit) und dürften vielleicht ebenfalls zum Carbon gehören.

Das Lucomagnomassiv taucht im Osten (im Val Blenio) und anscheinend auch im Westen (bei Sotto Nante) unter die Triassedimente, die keine Spur von Kontaktmetamorphose zeigen, wo sie an Eruptivgneise grenzen. Sowohl Ortho- wie Paragesteine müssen deshalb prätriasisch sein. Ich vermute, dass sie ungefähr gleich alt sind wie die Gotthardgesteine.

Tektonik.

Wie schon gesagt, ist der geologische Bau des Val Piora muldenförmig. Am Aufbau der Mulde nehmen nur die mesozoischen Sedimente teil. Die älteren Gesteine sind im Norden und im Süden nicht die gleichen.

Im unteren Val Canaria, nördlich von Valle, bilden Rauhwacke und Bündnerschiefer die Schenkel resp. den Kern einer einfachen, isoklinalen Mulde, die SW-NE streicht. Bei der Garegna biegt das Streichen plötzlich um etwa 45° in die W-E Richtung um, während das Nordfallen steiler wird und oft in Vertikalstellung übergeht. Gleichzeitig spaltet sich der Bündnerschiefer in mehrere schmale Streifen, die sich weiter nach Osten wieder vereinigen, um den Kern der breiten Pian'altomulde zu bilden. Nördlich dieser liegt die Camoghèmulde, südlich einige kleine Synklinalen und vielleicht auch Schuppen, welche ich zusammen als Fongiomulde bezeichnen möchte.

Die Frage, ob der Bündnerschiefer der Camoghèmulde mit dem der Canariamulde unter dem Schutt, oder durch die Luft zu verbinden sei, oder ob er nach Westen auskeile, konnte nicht gelöst werden, da keine Aufschlüsse vorhanden sind.

Zwischen der Pian'altomulde und den anderen zwei Synklinalen bilden Rauhwacke und Gips Antiklinalen, die im Westen breit sind, nach Osten aber allmählich schmäler werden und südlich der Cima di Camoghè auskeilen. Hier vereinigen sich die Bündnerschiefer der drei Mulden, um anscheinend den Kern einer einzigen Synklinale zu bilden. Auffallend ist, dass die Rauhwackestreifen bei Alpe di Lago und Bucca di Fongio nach SE, resp. nach NE scharf umbiegen, während die mesozoische Zone als Ganzes ihren W-E Verlauf unverändert beibehält. Das Streichen und das Fallen der Bündnerschiefer stehen in keiner Beziehung zu der Richtung dieser Rauhwackestreifen, sondern bleiben konstant W-E, resp. circa 40° Nord.

Die Fongiomulde besteht, wie schon erwähnt, aus kleineren

Teilmulden und vielleicht stellenweise aus Schuppen. Ich möchte hier ihren Bau etwas genauer betrachten. Ihr südlicher Teil besteht aus einer kleinen Synklinale, die nach beiden Seiten, bei Valle und Ruten, in die Luft geht. Nördlich dieser befindet sich eine Antiklinale, deren Verlauf SW des Fongio durch drei kleine Rauhwackefenster angedeutet wird. Es folgt eine kleine Synklinale, deren Rauhwackekern an ihrem Ostende, südlich des Hotels Piora, die Form eines spitzen Keiles hat. Nach Westen setzt sie sich unter dem Fongio fort. Beim Ausfluss des Lago Ritom ist Quarzit muldenförmig im Gneis eingeklemmt. Mit diesem Quarzit ist der westlich des Hotels auf dem Seeboden verbunden zu denken und bildet mit der darüberliegenden Rauhwacke die östliche Fortsetzung der Mulde. Die drei Buchten am Südufer des Sees entsprechen kleinen Synklinalen. Den Beweis hierfür liefern die Umbiegungen der Grenze zwischen Orthogneis und Granatglimmerschiefer weiter südlich, sowie der Umstand, dass in jede Bucht ein Tälchen einmündet, das sich unter dem Wasserspiegel fortsetzt. Auf der topographischen Karte des Lago Ritom 1 : 5000 der Schweizerischen Wasserwirtschaft, kommen diese subaquatischen Tälchen sehr deutlich zum Ausdruck. Die Kerne der Synklinalen bestanden aus Rauhwacke usw., welche jetzt wegerodiert ist. Nur an einer Stelle ist noch ein Fetzen Rauhwacke vorhanden, nämlich bei 1860 m südlich des tiefsten Punktes des Sees. Die Muldenachsen gehen nach ESE rasch in die Höhe, und östlich des Lago Ritom ist keine Spur von der Fongiomulde mehr zu sehen.

Mit diesen drei Synklinalen dürften die Rauhwacke und der Quartenschiefer, die als Fenster aus dem Gehängeschutt am Westende des Sees hervortreten, in Verbindung stehen, vielleicht auch noch der Kalkglimmerschiefer und der Rauhwackestreifen weiter westlich. Wie die Rauhwacke zwischen der Pian'alto- und der Fongiomulde, verlaufen auch diese Gesteinsstreifen in der SW-NE Richtung. Wegen der spärlichen Aufschlüsse ist es nicht möglich zu sagen, ob Rauhwacke und Bündnerschiefer hier gefaltet oder geschuppt sind. Am wahrscheinlichsten scheint mir eine Mischung von Faltung und Schuppung. Die Gipsmasse am Osthang des Canariatales bildet eine Antiklinale, weshalb die Rauhwacke an ihrem Südrand als westliche Fortsetzung der Fongiomulde angesehen werden muss.

Die Fongiomulde besteht also aus sechs kleinen Teilmulden, an deren Aufbau die prätriasischen Gesteine des Lucomagno-

massivs auch noch beteiligt sind, m. a. W. sie gehört zum Lucomagnomassiv.

Oestlich des Lago Ritom ist nur eine Synklinale vorhanden. Diese entspricht den vereinigten Camoghé- und Pian'altomulden. Allem Anschein nach entwickelt sich ihr Südschenkel unter dem Seeboden zu einer Antiklinale, die sich westlich des Sees mit der zwischen der Pian'alto- und der Fongiomulde vereinigt. Das Auskeilen des von der Bucca di Fongio kommenden Rauhwackestreifens scheint nur oberflächlich zu sein, und nicht nur Rauhwacke, sondern auch Gips dürfte sich unter dem See als Nordgrenze der Fongiomulde fortsetzen. Oestlich des Pian'alto bei 2050 m, in einer Entfernung von nur 400 m vom Seeufer, kommt Gips noch neben Rauhwacke vor. Dass er in der Tiefe weiter ostwärts noch vorhanden ist, scheint mir ziemlich sicher zu sein, denn wie im Canariatal deutlich sichtbar ist, wird die Gipsmasse nach der Tiefe zu immer breiter.

Die Hauptsynklinale des Val Piora entsteht aus der Vereinigung der Camoghè- und der Pian'altomulde und bildet die Grenze zwischen Gotthard- und Lucomagnomassiv. Sie hat einen einfachen, fast geraden Verlauf über die Kapelle von San Carlo, den Passo Sole und die Hütten von Frodalera und Bronico, bis zu der Ostgrenze meiner Karte. Nach Osten ist ihr Verlauf weniger klar, denn die Bündnerschiefer, welche bis hierher nur einen schmalen Muldenkern gebildet haben, erreichen jetzt eine gewaltige Breite und grosse Mächtigkeit, was das Entziffern der Tektonik erschwert. Gips und Rauhwacke, die zu ihrem Südschenkel gehören, sind südlich des Brenno bei Camperio und Olivone aufgeschlossen. Bis hierher zeigt der Fluss die ungefähre Nordgrenze des Lucomagnomassivs an.

Kleine Rauhwackefenster erscheinen zuweilen im Quartenschiefer des Muldenkerns, so z. B. zwischen Lago Tom und Lago Ritom, und bei Passo Sole. Die Rauhwacke wird häufig von einer Reibungsbrekzie begleitet, was für Schuppung oder Ausquetschung spricht. KÖNIGSBERGER (Lit. **22**, S. 854 u. Lit. **23**, S. 644) hat diese Reibungsbrekzie in der Schlucht SE der Alpe Carroreccio, wenn ich seine etwas undeutliche Lokalitätsangabe recht verstehe, für ein Konglomerat angesehen. Er behauptet, dass die Quartenschieferbrocken, die in der Brekzie vorkommen, Gerölle von prätriasischen Gesteinen sind. Diese Auffassung kann einer eingehenden Untersuchung nicht standhalten.

Zwischen Passo Columbe und Stabbio Nuovo (südlich von

Casaccia) befindet sich auch noch eine kleine Mulde. Nach Osten setzt sie sich vermutlich über den Pizzo Corvo fort (man vergleiche die Karte von VAN HOLST PELLEKAAN, Lit. 19). Die isoklinale Stellung der Rauhwackeschichten und das Fehlen von Quartenschiefer (sein Vorkommen am Südufer der Murinascia unterhalb Piano dei Porci ist fraglich) haben den Verlauf dieser Mulde westlich des Passo Columbe unsichtbar gemacht. Doch spricht die Breite des Rauhwackezuges dafür, dass sie sich etwa bis Pian Murinascio fortsetzt. Im Osten ist die Mulde nach beiden Seiten von Cristallinagranit und Medelser Protogin begrenzt; sie gehört also zum Gotthardmassiv.

Auffallend ist, dass sowohl diese als auch die Fongiomulde nur eine geringe Tiefe besitzen, während für die Hauptsynklinale alles auf eine grosse Tiefe hindeutet. Das ist gerade was zu erwarten war, denn diese trennt zwei Massive, von denen jene Teile bilden.

Die Mächtigkeit der Rauhwacke wechselt stark im Pioragebiet. Im Nordschenkel der Synklinale von Passo Columbe beträgt sie z. T. nur wenige Meter. In der Fongiomulde ist sie, soweit ersichtlich, auch nur gering, stellenweise sogar auf Null reduziert. Der Südschenkel der Hauptmulde ist immer bedeutend weniger mächtig als der Nordschenkel. Diese Unterschiede in der Mächtigkeit sind z. T. tektonischen Vorgängen (Ausquetschung und Stauchung) zu verdanken; z. T. sind sie aber primär, d. h. beruhen auf Ungleichheiten bei der Sedimentation.

Eine auffallende Erscheinung ist die plötzliche Umbiegung in der Streichrichtung der Mulde im Val Canaria. Leider konnte ich die Umgebung von Airolo und den Westhang des Canariatales bei Pautan nicht mehr untersuchen, da die Militärbehörden es nicht gestatten wollten. Soviel ist aber klar, dass der Nordschenkel der Bedrettomulde nördlich von Valle nach NE umbiegt und bei Pautan durch einen scharfen Knick die W-E Richtung wieder annimmt. Die Erklärung hierfür dürfte folgende sein: Bei der Alpenfaltung wurde das Lucomagnomassiv mit den ihm vorgelagerten Sedimenten von Süden nach Norden vorgeschoben. Durch den Schub wurden die mesozoischen Gesteine zu einer isoklinalen Mulde, das Gotthardmassiv zu einem Fächer zusammengepresst. Die Schubkraft wie auch der Widerstand waren nicht überall gleich gross, weshalb die Bewegung nach Norden zuweilen ungleichmässig war. So kam es, dass die Rauhwacke am Nordrand der Pioramulde östlich der Garegna um etwa

1,5 bis 2 km weiter vorgeschoben wurde, als nördlich von Airolo und Valle. Vermutlich ist hier eine Querverschiebung, deren Richtung dem Garegnabett entspricht, vorhanden; sichere Belege dafür habe ich aber nicht gefunden. Sei dem wie es will, die Tatsache bleibt, dass die prätriasischen Gesteine des Gotthardmassivs am NW-Hang des unteren Val Canaria einen SW-NE verlaufenden starren Widerstand darstellten, gegen welchen die mesozoischen Sedimente sich nur tangential in die NE-Richtung bewegen konnten. Durch diese Bewegung wurde ein W-E gerichteter Druck erzeugt, der neben dem S-N-Druck auf die Pioragesteine wirkte. Die Umbiegung der Rauhwackestreifen nach NE, resp. SE bei der Bucca di Fongio und beim Lago di Lago müssen dem Einfluss dieses Druckes zugeschrieben werden.

Die schmalen parallelen Bänder von Rauhwacke und Bündnerschiefer, die zwischen dem Pian'alto und dem Lago Ritom sich befinden, verlaufen SW-NE, während die Schieferungsebene ungefähr W-E streicht und mit etwa 40° nach Norden einfällt, d. h. unverändert bleibt. Es scheint also, dass der S-N-Druck die Schieferung erst erzeugt hat, nachdem durch den seitlichen Druck ein Zusammenschub in der W-E-Richtung schon stattgefunden hatte. Im petrographischen Teil werde ich auf diesen Punkt, bei der Besprechung der Glimmerschiefer mit quer zur Schieferung gestellten Biotitblättern, zurückkommen.

Westlich des Scai besteht der südliche Teil des Gotthardmassivs wesentlich aus Glimmergneisen verschiedener Herkunft, Granatglimmerschiefern und hornblendeführenden Gesteinen. Die Hornblendegesteine sind sedimentogenen Ursprungs und werden von hornblendefreien Paragneisen und Glimmerschiefern begleitet, mit denen sie in zwei parallelen Zonen auftreten. Die nördliche Zone ist schmal, die südliche breit. Diese scheint sich im Val Canaria in zwei zu spalten, jene keilt nach unten westlich der Poncioni Negri aus. Sie verhalten sich also ganz wie Mulden, und mir scheint die Annahme berechtigt, dass das südliche Randgebiet des Gotthardmassivs aus isoklinalen Falten besteht mit Hornblendegesteinen als Synklinalkernen und Glimmergneisen als Antiklinalkernen. Für diese Auffassung spricht ferner der Parallelismus zwischen dem Cadlimogneis und den Hornblendezonen, sowie der Umstand, dass diese sedimentogen sind, während die südlichen Gneise z. T. eruptiv oder injiziert sind. Im nördlichen Val Cadlimo und südlich des Piz Borel finden sich auch noch zwei isoklinale Mulden im Orthogneis.

Diese bestehen ebenfalls aus Gneisen verschiedener Herkunft, von Glimmerschiefern begleitet, und führen oft im Kern noch sedimentogene Hornblendegesteine. Von den drei unterschiedenen Gesteinsgruppen sind die Orthogneise von Val Cadlima die tiefstgelegenen, die Amphibolite und ihre Begleitgesteine stratigraphisch die höchsten. Die Gneise und Glimmerschiefer der südlichen Randzone sind mit denen der Mulden im Cadlimogneis durch die Luft zu verbinden, die Hornblendegesteine ebenfalls.

Die Gesteine der Randzone keilen von Westen nach Osten gegen die Trias der Pioramulde aus; zuerst verschwinden die südlichsten Gneise, dann die südlichen Hornblendegesteine, nachher die mittleren Gneise, m. a. W., die Trias grenzt diskordant an den gefalteten Südrand des Gotthardmassivs. Diese Faltung ist also prätriasisch, wahrscheinlich hercynisch. Wie schon gesagt, ist die Intrusion des Medelser Protogins und des Cristallinagranits jünger als die Faltung.

Das Lucomagnomassiv ist ein nördlicher Lappen des Tessinermassivs, das sich im Westen mit den Simplondecken vereinigt, im Osten die Aduladecke bildet. Die mesozoische Zone, welche sich zwischen Gotthard- und Tessinermassiv erstreckt, ist am schmalsten im Pioragebiet, wo sie eine Breite von 400 m bis 2 km aufweist, gegen 3 bis 8 km an anderen Stellen. Trotz ihrer geringen Breite muss die Pioramulde eine grosse Tiefe haben, denn der Bündnerschiefer, der ihren Kern bildet, ist überall vorhanden und es hat nirgends den Anschein dass sie nach unten bald auskeile.

Die Gotthard- und Lucomagnogesteine zeigen oft grosse Aehnlichkeit und man könnte geneigt sein anzunehmen, dass sie mit einander verbunden sind; meine Untersuchungen führen mich aber zum Schluss, dass die Orthogneise, wie die Para- und Mischgesteine beider Massive doch verschieden sind. Gotthardmassiv und Tessinermassiv bilden zwei verschiedene Einheiten.

Die Unterscheidung zwischen Ortho- und Paragesteinen ist im Lucomagnomassiv gewöhnlich sehr schwierig und oft im Terrain überhaupt nicht durchzuführen, weshalb meine Kartierung da und dort Fehler aufweisen wird; diese dürften aber ohne Einfluss auf die Deutung der Tektonik sein.

Die Paragesteine bei der Alpe Chierra sind in der Form einer spitzen Mulde mit überkippem Nordschenkel im Gneis eingekeilt. Vielleicht ist diese Mulde im Westen in der Gegend von Quinto mit der Synklinale, die dem Tessinlauf folgend die Südgrenze des Lucomagnomassivs bildet, zu verbinden.

Am Nordrand des Massivs haben die Gesteine wieder ihre normale Reihenfolge, Orthogneis usw. unten, Paragesteine oben. Es muss deshalb zwischen Alpe Chierra und der Pioramulde eine Antiklinale vorhanden sein. Die isoklinale Stellung der Gneisplatten macht die Wahrnehmung dieser Antiklinale unmöglich, aber trotzdem darf ihr Bestehen als Tatsache gelten. Das Lucomagnomassiv hat also bei der Alpenfaltung einen ganz bedeutenden Zusammenschub erlitten. Sein nördlicher Teil wurde zu einer Antiklinale und einer Synklinale gefaltet und zusammengepresst bis die Gesteine eine isoklinale Stellung annahmen.

Im Westen kommt nur noch die (isoklinale) Antiklinale, die den Nordrand des Massivs bildet, zum Vorschein, weil südlich des Tessins alles mit Bündnerschiefer bedeckt ist. Dieser trennt die Lucomagnodecke von der höheren Decke, die den Pizzo Massari bildet. Im Osten treten viele kleine Falten an die Stelle der Synklinale der Alpe Chierra und der Antiklinale nördlich davon. Nördlich und östlich des Passo Predelp sind kleine Zickzackfalten, deren Grösse zwischen wenigen Dezimetern und vielen Metern schwankt, sehr häufig. Diese verhalten sich immer so, dass der obere Teil einer früher ebenen Schieferplatte im Vergleich zum unteren nach Norden vorgerückt ist, m. a. W. die (topographisch) höheren Teile des Nordrandes der Decke sind relativ weiter nach Norden vorgeschoben worden als die tieferen. Das ist eine Folge davon, dass die Granitgneise der Selva Secca dem Vordringen der Decke einen grösseren Widerstand leisten konnten als der darüberliegende Dolomit und Bündnerschiefer.

Warum ist der nördliche Teil des Lucomagnomassivs zu isoklinalen Falten zusammengeschoben worden, während die Gneise weiter südlich von der Faltung kaum berührt wurden? Nur eine Antwort scheint auf diese Frage möglich, nachdem festgestellt worden ist, dass das Lucomagnomassiv einen Teil des Tessinermassivs bildet und unabhängig vom Gotthardmassiv ist : das Lucomagnomassiv ist eine Decke, allem Anschein nach die tiefste Tessiner Decke. Bei der Alpenfaltung wurde die Lucomagnodecke nach Norden gegen das Gotthardmassiv vorgeschoben. Durch den Schub wurde das autochthone Massiv vom Stirnrand der Decke getroffen und fächerförmig zusammengepresst, während der nördliche Teil der Decke, dort, wo sie am dünnsten und schwächsten war, in isoklinale Falten gelegt wurde, die sich dem Gotthardfächer anpassten.

Nach dieser Auffassung biegt die Pioramulde in der Tiefe

nach Süden um und wird von der Lucomagnodecke überlagert, zu welcher ihr Südschenkel gehört. Der Nordschenkel muss zum Gotthardmassiv gerechnet werden. Es ist jetzt leicht die kleinen Falten südlich des Lago Ritom zu erklären. Sie sind durch den Schub der Stirnzone der Decke dort entstanden, wo sie den Widerstand des Gotthardmassivs nicht überwinden konnten.

Es ist mir nicht ganz klar geworden, wie das wiederholte Auftreten von Amphiboliten in schmalen Streifen am Nordrand der Lucomagnodecke zu deuten ist. Vielleicht entsprechen sie einer Faltung oder Schuppung, vielleicht nicht. Soweit meine Untersuchungen reichen, sind alle Hornblendegesteine hier sedimentogen. Wie die anderen Paragesteine werden sie oft von Orthogneisen begleitet. Diese sind älter als die Alpenfaltung. Vielleicht waren die sedimentogenen Gesteine zur Zeit der Intrusion schon gefaltet oder geschuppt und ist die Häufigkeit der Amphibolitstreifen diesem Umstand zuzuschreiben.

Quartäre Bildungen.

A. *Glaziale Erscheinungen.*

Die diluvialen Gletscher haben im Pioragebiet deutliche Spuren hinterlassen in Form von polierten Flächen, Rundhöckern und Moränen. Moränenwälle, die Rückzugsstadien des Pioragletschers entsprechen, befinden sich hauptsächlich in der Umgebung der Alpen Piora und Pian Murinascio. Vermutlich ist auf dem Boden des Lago Ritom auch ein Moränenwall vorhanden, denn es besteht hier eine nach Westen gekrümmte wallförmige Erhebung, die auf der Karte 1 : 5000 (der Schweizerischen Wasserwirtschaft) deutlich zum Ausdruck kommt und sich mit dem Moränenschutt bei der Alpe Ritom in Verbindung bringen lässt.

Die zwei Wälle südlich des Lago Cadagno entsprechen Rückzugsstadien eines vom Lago del Stabbio herunterkommenden Armes des Cadlimogletschers. Das Eis floss hier in einem ziemlich mächtigen Strom über die Wasserscheide, denn beim Seelein östlich des Lago del Stabbio liegen die Moränen etwa 110 m höher als das Niveau dieses Sees. Der Cadlimogletscher selber hat nur einen grösseren Moränenwall zurückgelassen, durch welchen der Lago Lisera abgedämmt wurde.

Die Umgebung des Passo dell'Uomo ist zum grossen Teil

nicht mit Alluvium bedeckt, wie meine Karte angibt, sondern mit Moränen.

In der Valle Leventina werden erratische Gotthardgesteine, die von dem Tessingletscher dorthin gebracht wurden, gelegentlich angetroffen.

Rundhöcker und geschliffene Flächen sind häufig am Gotthard- wie am Lucomagnomassiv. Die schönsten Rundhöcker finden sich nördlich des Grates zwischen Pizzo Sole und Pizzo di Campello. Sie wurden von kleinen Gletschern geschaffen, die sich vom Grat nordwärts bewegten.

B. *Bergstürze.*

Im Val Canaria liegen zwischen Cè di Dentro und Pian'alto Bergsturztrümmer, deren Inhalt auf drei bis vier Millionen Kubikmeter geschätzt werden muss. Diese Masse ist nicht in einem einzigen Bergsturz heruntergegangen, sondern in mehreren. Bei Cè di Dentro ist der Boden mit Wiesen bedeckt und kaum als Bergsturzgebiet erkennbar. Auch findet man hier Gneis- und Amphibolitblöcke, die vom oberen Val Canaria stammen und durch Gletschertransport hierher gelangten, auf dem Bergsturzmaterial liegen. Zwischen Buc~~c~~o di Fongio und Cè di Fuori liegt ein kleiner Moränenwall auf den Bergsturztrümmern. Ein Teil des Bergsturzes ist also sehr alt, ein anderer Teil ist aber ganz jung und jetzt noch stürzen fortwährend Steine herunter. Oestlich der Abbruchstelle sind mehrere N-S verlaufende Risse vorhanden, die in der Zukunft hier auch noch grössere Bergstürze erwarten lassen. Südwestlich des Pian'alto ist der Ruhezustand schon lang eingetreten und man erkennt kaum mehr die Abbruchstellen, die jetzt mit Rasen bewachsen sind. Westlich des Pian'alto, wo die jüngeren Stürze stattfanden und die künftigen zu erwarten sind, ist die Ursache des Bergsturzes deutlich ersichtlich. Die Unterlage der Kalkglimmerschiefer, die den Pian'alto aufbauen, besteht aus Rauhwacke und Gips. Durch Auslaugung des Gipses entstehen Hohlräume unter den daraufliegenden Gesteinen, die sich senken um die Hohlräume auszufüllen. Hierdurch wird ihr Verband gelockert, und wenn der Prozess weit genug fortgeschritten ist, stürzen sie herunter. Die Schichten streichen hier W-E und fallen schwach nach Norden ein, was für Bergsturzbildung nicht ungünstig ist.

Gegenüber Pautan in Val Canaria ist ein kleiner Bergsturz von der steilstehenden Rauhwackewand heruntergegangen.

Die Ursache dürfte auch hier Auslaugung der Gipsunterlage sein.

Südwestlich des Lago del Stabbio liegen die Trümmer eines kleinen Bergsturzes, der von der Ostflanke des Taneda herunterkam.

Der Lago di Dentro ist durch einen Bergsturz, der vom südwestlichen Grat des Pizzo dell' Uomo stammt, abgedämmt.

Gegenüber der zerstörten Hütte von Stabbio di Mezzo liegen Gneisblöcke in grosser Menge. Sie stammen nicht etwa vom Corandoni, sondern von Norden aus der Richtung des Piz Blas. Sie liegen bis etwa 70 m über dem Medelser Rhein. An dieser Stelle gehen viele Lawinen herunter und ihr Schnee bleibt z. T. das ganze Jahr liegen. Die Gneisblöcke sind wahrscheinlich mit einer oder mehreren Lawinen heruntergekommen und bilden deshalb keinen eigentlichen Bergsturz.

Am Nordrand des Lucomagnomassivs liegen die Trümmer von drei kleinen Bergstürzen, die aus der Richtung P. 2523 (Bassa Prodoroduccio), P. 2545 (NW vom Passo Predelp) und Pizzo di Campello gekommen sind. Wie die schon erwähnten, gehören auch diese zu den Felsstürzen.

Südwestlich des Pizzo Pettano, westlich des Gipfels mit Kreuz (P. 2666), finden sich grosse klaffende Spalten, die vom Anfang der Schlucht unterhalb den Lawinenverbauungen nach Norden verlaufen. Die Felsen am Westufer der Schlucht und nördlich davon sind gelockert und bröckelig. In der Zukunft sind hier grössere Felsstürze zu erwarten.

Die Umgebung von Freggio, Vigera und Osco und die Gegend nördlich dieser Dörfer bilden ein Rutschgebiet. Die Lagerung des Gneises, der gewöhnlich weniger steil nach Süden einfällt, als die Böschung der Oberfläche, hat die Entstehung von Fels- und Erdschlipfen begünstigt. Das Gebiet scheint mir noch keinen stabilen Gleichgewichtszustand erreicht zu haben. In der Zukunft sind weitere Erdschlipfe zu erwarten.

C. *Seen.*

Das Val Piora und seine Umgebung sind reichlich mit Seen gesegnet. Mit der Frage nach ihrer Entstehung haben sich verschiedene Autoren befasst. Am eingehendsten hat wohl Garwood das Problem studiert. Seine Arbeit *The Tarns of the Canton Ticino* (Lit. 9) enthält neben mehreren Photographien auch noch Karten von den Seen Cadagno, Tom, Scuro und del Stabbio im Massstab 1 : 5000 und vom Lago

Ritom 1 : 6667. Die Isohypsen hat der Autor nach eigenen Lotungen konstruiert.

Mit den Ansichten von GARWOOD bin ich im allgemeinen einverstanden. Nach ihm ist die Entstehung der Seen Ritom, Tom und Cadagno durch die geologische Struktur der Gegend bedingt, indem die Vertiefungen durch die Auslaugung von Rauhwacke geschaffen wurden. Durch alle drei Seen streicht Rauhwacke. Dass unter dem Lago Ritom auch Gips vorhanden ist, ist sehr wahrscheinlich, denn in einer Entfernung von nur 350 m vom Seeufer östlich des Pian'alto kommt er zum Vorschein, und wie im Val Canaria, wird er wohl auch hier nach der Tiefe breiter werden. Nach den Untersuchungen von E. BOURCART (Lit. 5) enthält das Wasser des Lago Ritom in der Tiefe pro Liter 1,4 g SO_3, 0,7 g CaO und 0,2 g MgO neben 0,06 g anderen Substanzen. Wie der Autor bemerkt, muss das Sulfat von der Auflösung von $CaSO_4$ und $MgSO_4$ stammen und durch subaquatische Quellen in den See gelangen. Das Vorkommen von Gips unter dem Seeboden scheint also sichergestellt zu sein.

Die diluvialen Gletscher haben wahrscheinlich bei der Bildung dieser drei Seen mitgeholfen. Ihre Arbeit dürfte darin bestanden haben, das lose Material von dem Seeboden fortzuschaffen. Nach meiner Ansicht haben Wasser und Eis zusammengearbeitet, um die Seebecken zustande zu bringen. Das Wasser hat das lösliche Material durch Auslaugung entfernt. Hierdurch wurden die unlöslichen Gesteine, die das Hangende der Rauhwacke bildeten, untergraben, bis sie in Form von losen Blöcken herunterstürzten. Diese Blöcke wurden vom Eis abtransportiert. Der Lösungsprozess ging immer weiter, während das Becken durch den Gletscher frei von Trümmer und Schutt gehalten wurde. Durch Untergrabung infolge der Auslaugung würde ein solcher See sich langsam in der Fallrichtung der Gesteine bewegen, oder sich wenigstens nach dieser Richtung hin erweitern. Dies scheint hier auch tatsächlich der Fall gewesen zu sein, denn das Nordufer aller drei Seen befindet sich weit nördlich der Nordgrenze der Rauhwacke. Natürlich wird gleichzeitig der Seeboden, vielleicht auch das Wasserniveau, tiefer gelegt. Die Seebecken scheinen sich zuweilen schneller nach Norden bewegt zu haben, als die Rauhwacke auf ihrem Boden aufgelöst wurde. Dass das Südufer des Lago Tom aus Rauhwacke besteht, dürfte eine Folge dieses Umstandes sein.

In der nächsten Zeit soll das Wasser des Lago Ritom zur Gewinnung elektrischer Kraft für die Gotthardbahn benutzt

werden. Bereits zu Anfang dieses Jahres (1917) wurde der See durch einen Anstichstollen auf circa 1800 m angezapft. Wie ich vernommen habe, wird das Wasser um etwa 7 m gestaut werden. Ich sehe keinen Grund zu befürchten, dass der See diese Stauung, oder auch eine bedeutend höhere, nicht aushalten würde.

Das Seelein bei Passo Columbe liegt auch in der Rauhwacke. In der Nähe des Ostufers befindet sich ein kleiner Versickerungstrichter, der anscheinend ab und zu verstopft wird. Dieser Trichter und die Auslaugung der Rauhwacke dürften zur Entstehung des Beckens beigetragen haben. Nach Westen aber ist es durch Schutt abgedämmt.

Das Seelein östlich des Passo Sole liegt ebenfalls im Streichen der Rauhwacke. Es scheint durch Auslaugung und Gletschererosion entstanden sein.

Lago di Lago scheint allseits von Bündnerschiefer umgrenzt zu sein; am Westufer aber kommt Rauhwacke in Form eines kleinen Fensters zum Vorschein. Dieses Vorkommnis lässt vermuten, dass Rauhwacke unter dem Seeboden auch vorhanden ist. Ihre Auslaugung durch Sickerwasser und das Einsinken ihrer Bündnerschieferbedeckung dürften zur Entstehung dieses Sees geführt haben, vielleicht mit Hilfe eines kleinen Kargletschers vom Nordhang des Pian'alto.

Lago di Dentro ist durch Bergsturztrümmer abgedämmt, wie Garwood hervorhebt.

Lago Lisera verdankt seine Entstehung einem Moränenwall.

Lago Chierra scheint mir ein Karsee zu sein. Oestlich vom Ausfluss sind deutliche Gletscherschrammen vorhanden. Sie gehen von Norden nach Süden in die Höhe und beweisen dadurch, dass das Eis sich beim Verlassen des Sees gegen die Schwerkraft bewegte. Durch die Moräne am Südufer ist das Wasserniveau etwas höher gelegt worden; aber es besteht kein Zweifel, dass der See ein wahres Felsbecken ist. Der kleine See SE von Lago Chierra ist auf die gleiche Art entstanden.

Lago Pettano ist z. T. durch Moränenschutt abgedämmt, dürfte aber doch vielleicht ein Karsee sein.

Es bleiben noch zwei ziemlich grosse Seen, Lago Scuro und Lago del Stabbio. Beide sind Felsbecken und beide haben eine grosse Tiefe im Vergleich zu ihrer Ausdehnung. Lago Scuro ist fast rund, besitzt einen Durchmesser von etwa 300 m und eine Tiefe von 42 m. Lago del Stabbio ist etwa 550 m lang, 200 m breit und 43 m tief.

Für Garwood blieb die Entstehung dieser Seen ein Rätsel;

mit aller Bestimmtheit sagt er aber, dass sie nicht durch Eiserosion entstanden sein könnten. Er glaubt, dass ihr Vorkommen am Kontakt von verschiedenartigen Gesteinen in erster Linie ihre Entstehung bedingt hat. In beiden Seen fand er eine Axe grösster Tiefe, welche mit der Gesteinsgrenze ungefähr zusammenfällt. Beim Lago Scuro verläuft diese Linie maximaler Tiefe E 30° N, beim Lago del Stabbio E 15° S.

Lautensach (Lit. **24** u. **25**) behauptet, dass diese Seen und auch Lago Piatt, östlich vom Corandoni, durch Gletschererosion entstanden seien. Ich habe bei beiden Seen vergebens nach Spuren von Gletscherwirkungen gesucht. Rundhöcker sieht man hier kaum. Die Felsen im Seebett und am Uferrand sind rauh und eckig, mit scharfen Kanten, nicht glatt geschliffen.

Den Fall des Lago del Stabbio möchte ich etwas eingehender besprechen. Wie schon gesagt (S. 532), floss ein Arm des Cadlimogletschers mit einer Mächtigkeit von mindestens 100 m über dem Sattel, in welchem dieser See liegt. Das Eis ist hier von N oder NNW gekommen. Wie es imstande sein sollte das Seebecken auszuhobeln, ohne die Erhöhung, die das Südufer bildet, wegzunehmen, ist mehr als ich verstehen kann. Entstehung durch Eiserosion ist hier ausgeschlossen, bei Lago Scuro ebenfalls.

In dieser Gegend sieht man oft an der steilen Südabdachung einen treppenartigen Bau. Auch nimmt das Fallen von N nach S immer ab, vom Cadlimogneis bis in die Nähe der Rauhwacke (Vergl. Lit. **8**, S. 147, Lit. **35**, S. 15). Am Gipfel des Corandoni z. B. ist das Fallen 50° und bei 2200 m am Südhang desselben ist es im Mittel nur etwa 20° z. T. sogar 10° oder 5°. Woher kommt dieser schnelle Wechsel? Ich glaube, dass es eine sekundäre Erscheinung ist und dass die Gesteinsplatten jetzt flacher liegen als ursprünglich.

Am wenig steilen Nordhang des Corandoni, in der Nähe des Gipfels, sind kleine Wassertümpel, einige Meter im Durchmesser, sehr häufig. Ihr Südufer wird durch die Gneisplatten gebildet, ihr Nordufer durch deren Köpfe (wie bei den Seen). Sie sehen aus, als wären sie durch differentiale, gleitende Bewegung der Gneisplatten entstanden. Das Liegende scheint relativ zum Hangenden nach Süden gerutscht zu sein (Rutschschrammen habe ich aber keine gesehen). Wenn diese Tümpel die Folge solcher Rutschungen sind, ist es wohl berechtigt, die gleiche Entstehungsart für die Seebecken anzunehmen.

Derartige Rutschungen könnten als Folge vertikaler Be-

wegungen stattfinden. Hier würden sie entstehen, wenn die Südabdachung des Grates eine Senkung (oder die Nordabdachung eine Hebung) erleiden würde. Eine Senkung könnte verursacht werden durch die Auslaugung des Dolomits, der unter den kristallinen Gesteinen in den Berg hinein fällt. Es ist aber sehr fraglich, ob eine solche Auslaugung in grossem Masse stattfinden könnte. Auch ist es nicht wahrscheinlich, dass der Dolomit sich weit nach Norden fortsetzt; eher dürfte er nach der Tiefe allmählich ein steileres Fallen annehmen, um nachher senkrecht zu stehen und nach Süden umzubiegen. K. von Fritsch (Lit. **8**, S. 147-149) und F. M. Stapff (Lit. **35**, S. 15) waren auch der Ansicht, dass das rasche Abnehmen des Fallwinkels von N nach S (und von einem Quertal nach einem benachbarten Grat) nicht ursprünglich vorhanden war, sondern erst entstanden ist als die Gebirgsbildung schon vollendet war. Sie führen es zurück auf die Biegung der Gesteinsplatten unter dem Einfluss der Schwerkraft, nachdem die Stütze des südlich gelegenen Dolomits und Gipses durch ihre Erosion entfernt wurde.

Beim Passo Predelp und beim Pass 2447 m, weiter westlich, befindet sich je eine Vertiefung. Auch hier nimmt das Fallen von Norden nach Süden ab. Die Felsen zeigen oft grosse Spalten, meistens W-E verlaufend, und es ist klar, dass ihre jetzige Lagerung eine gestörte ist. Die Vertiefung beim Passo Predelp befindet sich direkt auf dem Grat, neben dem Fussweg. Ihre Tiefe beträgt etwa 20 m. Zur Eiszeit war der Pass mit Firnschnee bedeckt, der nach beiden Seiten abfloss. Dieser hatte keine Erosionskraft. Seine einzige Wirkung war, das Loch mit losem Material z. T. wieder zu füllen. Diese Vertiefungen müssen die gleiche Entstehungsart gehabt haben, wie die Seen Scuro und del Stabbio; sie sind die Folge von Bewegungen. Hier konnte die Unterlage des Gneises unmöglich ausgelaugt werden. Die Ursache der Bewegung war eine andere.

Das Einsinken des Alpenkörpers, das zur Diluvialzeit stattfand und die Bildung der grossen Randseen verursachte, war vermutlich von Bewegungen im Gebirgsinnern begleitet. Diese würden vorwiegend in vertikaler Richtung stattgefunden haben; aber Hebungen und Senkungen können, wie schon angedeutet, gleitende Bewegungen auslösen. Durch letztere dürften Vertiefungen und Seebecken zuweilen zustandekommen. Nur auf diese Weise kann ich die Entstehung des Lago Scuro, Lago del Stabbio und des kleinen Lago Piatt erklären.

Diese Bewegungen dürften auch zu der Bildung des Lago di Dentro und des Lago Chierra beigetragen haben, obgleich sie hier nicht die Hauptursache waren.

Im Tessintal lassen sich zwei prähistorische Seen nachweisen, nämlich bei Airolo und bei Rodi-Fiesso (Lit. **25**, S. 5; Lit. **24**, S. 88; Lit. **35**, S. 15 u. 16). Wie Lago Ritom, dürften beide durch das Zusammenarbeiten von Eis und Wasser in Dolomit und Gips entstanden sein, bevor die Felsriegel, die sie abdämmten, durch die Schluchten von Stalvedro und Dazio Grande durchschnitten wurden.

D. *Quellen.*

Quellen sind besonders zahlreich in der Umgebung des Lago Ritom und des Lago Cadagno. Hier enthält das Quellwasser gewöhnlich Kalk und Magnesia, oft in beträchtlichen Mengen. Diese müssen von der Rauhwacke herrühren, die durch ihre Durchlässigkeit und Löslichkeit vorzüglich dazu geeignet ist, als Wassersammler und -leiter zu dienen. Das Wasser einer Quelle SE des Lago Cadagno und einiger Quellen beim Lago Ritom wurde hierauf geprüft und sulfathaltig befunden. Das Sulfat kann nur von Gipslagern oder von gipshaltiger Rauhwacke stammen.

Beide Seen werden auch durch auf ihrem Boden austretende Quellen gespiesen. Der Ertrag dieser subaquatischen Zuflüsse wurde im Fall des Lago Ritom gemessen (durch das Personal der schweizerischen Wasserwirtschaft). Mit ihnen dürfte die nach der Tiefe zuerst abnehmende und dann wieder zunehmende Temperatur dieses Sees, wie auch sein Salzgehalt, zusammenhangen (Lit. **5** u. **6**).

E. *Morphologie der Oberfläche.*

Der interessanteste morphologische Zug des Gebietes sind die Hängetäler, die mit einer Stufe in das Haupttal münden. Die Murinascia und die Abflüsse des Lago Cadagno und des Lago Tom stürzen sich über steile Felsen bevor sie in den Ritomsee fliessen. Hier sammelt sich das Wasser des Pioratals, um dann durch die Foss in einem kurzen, stürmischen Lauf mit zahlreichen Wasserfällen und mit einem mittleren Gefälle von 40 % zum Tessin zu gelangen. Das Wasser des südlichen Val Termine erreicht die Murinascia durch einen Wasserfall. Auch das Val Cadlimo ist ein Hängetal; es mündet

mit einer steilen, etwa 200 m hohen Stufe in das nördliche Val Termine.

Kare und karähnliche Nischen sind nicht selten. In den tiefsten Teilen solcher Halbkessel befinden sich die Seen Chierra, di Dentro und Cadagno. Hinter dem Lago Tom erheben sich steile Felswände in Form eines Halbkreises. Auf diesen liegen zwei kleine Seen unter einer weiteren halbkreisförmigen Mauer. Ueber dem Lago Taneda folgt noch eine dritte Stufe mit einem kleinen Wassertümpel. Ein kleiner Kargletscher, der anscheinend ein Felsbecken ausfüllt, befindet sich NE der Bocca di Cadlimo.

Bezüglich der Vorgänge, welche dem Val Piora seine jetzige Gestalt gegeben haben, stimmen meine Ansichten mit denen Garwood's ungefähr überein. Bevor das Val Piora in seiner jetzigen Gestalt existierte, wurde die Gegend, allem Anschein nach, durch das Val Termine entwässert, und gehörte zum Einzugsgebiet des Medelser Rheins. Ohne diese Annahme ist es unmöglich, eine befriedigende Erklärung für die Entstehung des Val Termine zu finden. Die damalige Wasserscheide dürfte ungefähr durch die jetzige südliche und westliche Abgrenzung des Val Piora gegeben sein. Das Tessinbett lag damals viel höher als jetzt.

Der Tessin, der etwa bis Prato in weichen Gesteinen (Rauhwacke usw.) floss, vertiefte sein Bett. Durch diese Vertiefung bekam die Foss mehr Erosionskraft und zapfte das Einzugsgebiet des Rheins an. Sie schnitt ihr Bett ein in die Richtung Hotel Piora-Alpe Ritom-Lago Tom-Lago Taneda. Ein Rest der alten Wasserscheide ist noch vorhanden im Südgrat des Taneda, der sich bis nach La Motta fortsetzt. Ein östlicher Seitenbach der Foss schnitt sich in die Rauhwacke ein und zapfte den Nebenfluss des Medelser Rheins an. Die Anzapfung ging immer weiter bis zuletzt der Passo dell' Uomo die Wasserscheide bildete.

Die Murinascia floss früher durch den Lago Cadagno, wurde dann durch den Gletscher, der diesen See und die Alpe Piora bedeckte, gezwungen ihren jetzigen Lauf anzunehmen. Seither hat sie noch nicht genügende Zeit gehabt, die Stufe oberhalb Alpe Campo durch Erosion zu beseitigen. Der Abfluss des Lago Cadagno, der früher viel grösser war und sich fast bis San Carlo erstreckte, führt keine Geschiebe und ist deshalb nicht imstande gewesen die Felswand, worüber er stürzt, zu erodieren. Der gleiche Umstand hat die Foss verhindert die Ausflussstelle des Lago Ritom bis auf den Seeboden zu vertiefen.

Eine Erklärung zu finden für die steile Mündung des Val Cadlimo in das Val Termine ist schwierig, zumal da das Val Cadlimo sonst seiner ganzen Länge nach nur ein schwaches Gefälle besitzt.

Die Gegend östlich des Pizzo Columbe dürfte früher auch zum Einzugsgebiet des Medelser Rheins gehört haben, bis der Bach, der die Entwässerung über den Lukmanierpass vollzog, von dem Brenno angezapft und die Wasserscheide zurückgedrängt wurde.

Petrographie.

I. Das Gotthardmassiv.

A. *Der Orthogneis (Streifengneis) von Val Cadlimo.*

Der grösste Teil des Val Cadlimo wird durch Orthogneise eingenommen, die sich nach Norden, Westen und Osten ausserhalb des von mir untersuchten Gebietes fortsetzen.

Es sind helle, frische, mittel- bis grobkörnige Gesteine, fast immer mit gebänderter Textur, hervorgerufen durch eine Wechsellagerung von Quarz und Feldspat mit Glimmer. Längs- und Querbruch haben ein auffallendes, gestreiftes Aussehen, daher der Name « Streifengneis ». Am klarsten kommt die Streifung zum Ausdruck auf dem Längsbruch, der senkrecht zum Fallen der Gesteinsplatten steht und somit deren Köpfen entspricht. In der Streichrichtung (E-W) ist eine deutliche Streckung oft wahrnehmbar. Zuweilen schwellen die salischen Lagen bauchig an und das Gestein wird dann augengneisartig, wobei die Augen, die aus Orthoklas oder Mikroperthit bestehen, Hühnereigrösse erreichen können. Die Glimmerlagen erscheinen heller oder dunkler, je nachdem Muskowit oder Biotit vorwiegt. Auch eine feinkörnige, annähernd massige Varietät kommt vor, doch ziemlich selten und fast nur nördlich der Parazone, die durch Passo Vecchio und Piz Tenelin streicht.

Mineralbestand. — Hauptgemengteile : Quarz, Orthoklas, Mikroperthit, Albit und Oligoklasalbit, Muskowit, Biotit.

Nebengemengteile : Apatit, Zirkon, Magnetit.

Uebergemengteile : Granat, Kalzit, Turmalin.

Sekundäre Komponenten : Chlorit, Serizit, Zoisit und Epidot, Rutil.

Die Struktur ist vorwiegend granoblastisch, zuweilen mit deutlichen Spuren von Kataklase, die in Mörtelstruktur und undulöser Auslöschung bei Quarz und Feldspat zum Ausdruck

kommt. Häufig kommen auch porphyroklastische Feldspäte in granoblastischem Grundgewebe vor.

Im Dünnschliff erscheint die Textur annähernd massig, lentikular, mechanisch schiefrig oder auch kristallisationsschiefrig. Die gebänderte oder Lagentextur, die im Handstück gewöhnlich typisch für diese Gneise ist, kommt zuweilen auch unter dem Mikroskop zum klaren Ausdruck. Die Erscheinung, dass Quarz, Feldspat und Glimmer oft in parallelen, schichtähnlichen Bändern miteinander wechsellagern, kann dadurch erklärt werden, dass Stress auf das Gestein kataklastisch gewirkt, die grossen Komponenten zertrümmert und in parallelen Lagen angeordnet hat, und dass aus den Trümmern durch Sammelkristallisation gleichzeitig wieder grössere Körner entstanden sind. So heilte die Kataklasstruktur zum grössten Teil aus und die mechanische Schieferung wurde vielfach durch Kristallisationsschieferung ersetzt, während die Lagentextur erhalten blieb.

In den Dünnschliffen sind Quarz, Orthoklas und Muskowit immer vorhanden, Albit und Biotit dagegen fehlen zuweilen. Die relativen Mengen der Hauptkomponenten wurden in den 30 untersuchten Dünnschliffen abgeschätzt. Die maximalen und minimalen Werte, die hierbei gefunden wurden, sind folgende : Quarz 25 bis 55 %, Orthoklas und Mikroperthit 5 bis 55 %, Albit und Oligoklasalbit 0 bis 40 %, Muskowit 1,5 bis 15 %, Biotit 0 bis 10 %.

Quarz erscheint wasserklar und frei von Einschlüssen in rundlichen, ovalen oder länglichen Körnern oder in unregelmässigen, zackigen Gestalten, die buchtig ineinander greifen. Ihr Durchmesser schwankt von 0,05 bis 3 mm.

Orthoklas hat die Form von isometrischen oder länglichen Körnern, die im Dünnschliff öfters ein trübes Aussehen haben. Undulöse Auslöschung verursacht oft eine verschwommene, mikroklinartige Struktur. Diese scheinbare Gitterung erreicht ihre schönste Ausbildung dort, wo Quarz die undulöse Auslöschung am intensivsten zeigt. Beide Erscheinungen sind der Stresswirkung zuzuschreiben. Parasitärer Serizit ist gewöhnlich in kleinem Betrage bemerkbar, doch findet man auch ganz serizitfreie Orthoklaskörner.

Die grossen Feldspäte, welche die Porphyroklasten bilden, sind gewöhnlich Mikroperthite mit etwa 5 oder 10 % Albit. Sie bilden oft Karlsbader Zwillinge und sind meist von einem Mörtelkranz umgeben.

Albit und Oligoklasalbit zeigen die typische Zwillingslamellierung. Undulöse Auslöschung und gebogene oder verworfene Lamellen sind selten. Albit führt fast immer parasitären

Serizit und zwar in grösserer Menge als Orthoklas. Parasitärer Zoisit erscheint zuweilen im Oligoklasalbit, ist aber nicht so häufig wie Serizit.

Muskowit und Biotit kommen in der Form von lappigen Blättern vor, die sich streifenartig aneinander schmiegen. Biotit zeigt starken Pleochroismus: $\perp c$ dunkelbraun, $\parallel c$ blassgelb.

Zirkon und Apatit, ersterer oft idiomorph, letzterer immer abgerundet, sind konstante Nebengemengteile. Magnetit in Körnerform ist gewöhnlich in sehr kleiner Menge vorhanden.

Granat wurde gelegentlich in Gestalt von unregelmässigen, kleinen Körnern gefunden. Im Dünnschliff ist seine Farbe hellrosa. Kalzit ist ziemlich häufig in kleiner Menge vorhanden und zeigt oft Zwillingslamellierung nach $(01\bar{1}2)$. Die Kalzitkörner sind gewöhnlich in Orthoklas oder in Albit eingebettet und scheinen eine primäre Bildung zu sein. Turmalin wurde nur einmal in kleinen, idiomorphen Kristallen angetroffen.

Chlorit erscheint selten und ist immer aus Biotit entstanden. Serizit ist parasitär in den Feldspäten, gewöhnlich nur in kleiner Menge. Zoisit und Epidot sind in den meisten Dünnschliffen in kleinen Körnern vorhanden, parasitär in Plagioklas oder Glimmer. Rutil wurde gelegentlich in der Form von Sagenit in Biotit und Chlorit angetroffen.

Um den Chemismus des Cadlimogneises zu ermitteln wurde ein Gestein vom Gipfel der Punta Nera analysiert.

Analyse 1. — **Streifengneis von der Punta Nera.**
Anal. L. Hezner[1].

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte nach U. Grubenmann.	
SiO_2	73,23	81,2	S	81,2
TiO_2	0,30		A	7,0
P_2O_5	0,43		C	0,9
Al_2O_3	14,24	9,3	F	1,7
Fe_2O_3	0,27		M	0,0
FeO	1,07	1,3	T	1,4
MnO	0,03		K	1,8
CaO	0,75	0,9		
MgO	0,25	0,4	Projektionswerte nach Osann.	
K_2O	6,91	4,9	a	14,5
Na_2O	1,98	2,1	c	2,0
H_2O (— 110°)	0,00	Summa 100,1	f	3,5
H_2O (+ 110°)	0,89			
Summa	100,35			
Spez. Gewicht	2,62			

[1] Zehn der Gesteinsanalysen verdanke ich der verstorbenen Frl. Dr. L. Hezner, drei Hrn H. Roothaan.

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte stimmen sehr gut überein mit denen der Alkalifeldspatgneise und das Gestein muss deshalb in diese Gruppe eingereiht werden. Der Kaligehalt hat eine Höhe, die nur selten erreicht wird, während die Zahlen für Fe_2O_3 und MgO sehr niedrig sind. Textur, Struktur und Mineralbestand sind die des Grenzgebietes zwischen mittlerer und oberer Zone, und der Streifengneis ist also ein Meso-Epi-Alkalifeldspatgneis. Wie die meisten Gesteine dieser Gruppe ist auch er eruptiven Ursprungs, und dürfte durch Stresswirkung aus einem Granit entstanden sein, wofür sowohl die Analyse als auch die Projektionswerte sprechen.

Im ganzen Cadlimogebiet hat dieser Gneis eine auffallend konstante Zusammensetzung, was man nur bei einem Gestein eruptiver Herkunft erwarten darf. Van Holst Pellekaan (Lit. **19**, S. 63) gibt folgende Analyse eines Bändergneises, südlich von Val Rondadura herstammend. die fast identisch mit der vorigen ist.

Analyse I. — **Bändergneis, südlich Val Rondadura.**
Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	73,68	80,35	S	80,35
TiO_2	0,20		A	5,74
P_2O_5	0,32		C	1,82
Al_2O_3	13,96	8,93	F	3,16
Fe_2O_3	0,80		M	0,00
FeO	1,08	1,65	T	1,37
MnO	0,02		K	1,95
CaO	1,56	1,82	Projektionswerte.	
MgO	0,93	1,51		
K_2O	5,07	3,51	a	10,5
Na_2O	2,13	2,23	c	3,5
H_2O (—110°)	Spur		f	6,0
H_2O (+110°)	0,63	Summa 100,00		
Summa	100,38			

Eine so grosse Aehnlichkeit in einer Entfernung von etwa 7 km kann kaum anders erklärt werden, als dass beide Gesteine vom gleichen Magma stammen.

Eine alte Bleigrube, die vor etwa zehn Jahren während zweier Sommer ausgebeutet wurde, befindet sich NE des Corandoni im Cadlimogneis. Der silberhaltige Bleiglanz soll in Adern aufgetreten sein, die an der Oberfläche eine Breite

von 20 cm erreichten und nach unten auskeilten. Etwa fünf Tonnen Erz wurden gewonnen. Ich habe dort keine Adern gesehen, sondern nur bleiglanzführende Gneistrümmer, die von den Schürfungen herrühren.

B. *Die Gänge im Cadlimogneis.*

Etwa ein Dutzend Gänge, die den Cadlimogneis in verschiedenen Richtungen durchbrechen, wurden von mir angetroffen. Sie sind gewöhnlich kurz und schmal; ihre Breite erreicht 4 oder 5 m, in der Regel bedeutend geringer. Die Ganggesteine zeigen die gleiche Schieferung wie das Nebengestein, die salischen in einem niedrigen, die femischen in einem höheren Grad.

Die Pegmatite und Aplite bieten dem Gneis gegenüber, was ihre Zusammensetzung betrifft, nicht viel Neues; nur treten die farbigen Gemengteile stark zurück. Von den Feldspäten wiegt bald Orthoklas oder Mikroperthit, bald Albit vor. Im Dünnschliff erscheint ihre Textur massig, ihre Struktur porphyroklastisch oder granoblastisch.

Auch von den Lamprophyren ist nicht viel zu sagen. In der Regel sind es geschieferte Minetten oder Kersantite. Eine Ausnahme davon bietet ein Biotit-Apatitschiefer, welcher nördlich des Corandoni bei 2500 m Höhe in einem 1 m breiten, W-E verlaufenden Gang auftritt. Das Gestein ist feinkörnig und hat ein gesprenkeltes Aussehen (weisse Punkte im schwarzen Grund). Unter dem Mikroskop zeigt sich folgender Mineralbestand:

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Quarz 20 %, Biotit 45 %, Apatit 35 %.

Nebengemengteile: Rutil, Eisenerz, Epidot.

Struktur: lepidoblastisch.

Textur: schwach kristallisationsschieferig.

Die Quarzkörner sind isometrisch oder länglich ausgebildet und erreichen einen Durchmesser von 0,3 mm. Apatit erscheint in ovalen Gestalten mit einer maximalen Länge von 1 mm. Der Biotit fällt auf durch seine intensive Farbe und seinen kräftigen Pleochroismus: $\perp c$ tiefdunkelbraun, $\parallel c$ hellgelb. Um über dieses merkwürdige Gestein genetisch ins klare zu kommen, bedarf es zum mindesten noch einer chemischen Analyse desselben.

C. *Medelser Protogin und Cristallinagranit.*

Diese Gesteine sind von U. Grubenmann (Lit. **12**) ausführlich beschrieben worden. Nachdem W. van Holst-Pellekaan

ergänzende Angaben und neue Analysen gebracht hat (Lit. 19) kann hier nicht viel beigefügt werden. Meine Untersuchungen haben gezeigt, dass die Gneise der Selva Secca nichts anderes sind, als schieferige Varietäten des Cristallinagranits und des Medelser Protogins[1]. Wie schon bemerkt (S. 524), betrachte ich diese Gesteine als zu einer jüngeren Intrusion gehörend, als die Cadlimogneise.

Obwohl das analysierte Material nicht aus dem von mir untersuchten Gebiet stammt, dürfte es gestattet sein, folgende neue, unveröffentlichte Analyse eines weissen Cristallinagranits hier mitzuteilen. Das Handstück wurde an der linken Talseite beim Ausgang des Val Cristallina von Herrn Professor U. GRUBENMANN geschlagen, die Analyse von Herrn H. ROOTHAAN durchgeführt.

Analyse 2. — **Cristallinagranit aus dem Val Cristallina.**
Anal. H. ROOTHAAN.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte nach U. GRUBENMANN.	
SiO_2	66,64	74,6	S	76,6
TiO_2	0,59		A	6,4
Alg_2O_3	14,96	10,0	C	3,6
Fe_2O_3	1,55	3,8	F	5,4
FeO	2,49		M	0,1
MnO	0,21		T	0,0
CaO	3,13	3,7	K	1,5
MgO	0,91	1,5		
K_2O	4,78	3,4	Projektionswerte nach OSANN.	
Na_2O	2,80	3,0	a	8,3
P_2O_5	0,46	Summa 100,0	c	4,7
H_2O (+ 100°)	1,00		f	7,0
H_2O (— 100°)	0,05			
Summa	99,57			
Spez. Gewicht	2,78			

Von den Analysen von GRUBENMANN und VAN HOLST-PELLEKAAN unterscheidet sich diese hauptsächlich durch ihren niedrigen Gehalt an CaO und Na_2O und höheren Gehalt an K_2O und Wasser. Vor allem ist das Vorwiegen von Kali über Natron auffallend. Die Analyse stimmt mit denen der Granite und der Alkalifeldspatgneise überein.

Der « Cristallinagranit » der Selva Secca ist ein meta-

[1] Im Sommer 1916 hat Herr Prof. Dr. P. NIGGLI mich in dieser Gegend begleitet und die Richtigkeit meiner Auffassung bestätigt.

morphosiertes, schieferiges Gestein und gehört in die Gruppe der Alkalifeldspatgneise oder bildet den Uebergang zwischen diesen und den Plagioklasgneisen.

D. *Die südliche Randzone.*

Zwischen dem Orthogneis des Val Cadlimo und den mesozoischen Gesteinen der Pioramulde erstreckt sich eine 1 bis 2 km breite Zone, die hauptsächlich aus Gneis, Glimmerschiefer und hornblendeführenden Gesteinen besteht. Diese südliche Randzone des Gotthardmassivs ist die östliche Fortsetzung der Tremolaserie, die von L. Hezner untersucht und beschrieben worden ist (Lit. 18). Nach Osten wird sie allmählich schmäler und endet gegen den Medelser Protogin, der östlich des Pizzo Scai auftaucht.

L. Hezner hat die Gesteine der Tremolaserie gegliedert in Hornblendegarbenschiefer, Amphibolite, phyllitische Glimmerschiefer, Gneise, Quarzite und silikatführende Karbonate. Alle diese Gesteinsarten habe auch ich angetroffen, die letzteren zwei aber nur selten. Einige Pegmatit-, Aplit- und Lamprophyrgänge konnten auch noch unterschieden werden. Ich möchte die Gesteine der südlichen Randzone in dieser Reihenfolge behandeln : 1. Gneise, inklusive Ganggesteine; 2. Glimmerschiefer ; 3. hornblendeführende Gesteine ; 4. Karbonatgesteine; 5. Quarzite.

1. Die Gneise.

Sie sind die häufigste Gesteinsart in der Randzone. Nicht nur bilden sie grosse, zusammenhängende Komplexe, wie auf der Karte ersichtlich ist, sondern sie erscheinen auch in kleineren Linsen und Lagen in den Amphiboliten und anderen Gesteinen. Es kommen verschiedene Gneisarten vor, wovon die wichtigsten kurz beschrieben werden sollen.

a) *Zweiglimmergneise.*

Es sind schwarzgraue, auf der Schieferungsfläche silberglänzende Gesteine, von mittlerer Korngrösse, mit lentikularschiefriger Textur. Feldspat und Quarz bilden Linsen und Lagen, die durch Glimmer von einander getrennt sind. Es finden sich hier alle Uebergänge zwischen feinkörnigen, schieferigen Gneisen und Augengneisen mit walnussgrossen Augen und lentikularer Textur. Makroskopisch können Quarz, Feldspat, Muskowit und Biotit unterschieden werden.

Unter dem Mikroskop zeigen alle diese Gneise eine grosse Aehnlichkeit.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 15 Dünnschliffen abgeschätzt : Quarz (20 bis 60 %), Feldspat (15 bis 60 %), Biotit (4 bis 12 %), Muskowit und Serizit (4 bis 12 %).

Nebengemengteile : Apatit, Magnetit, Zirkon.

Ueber- und sekundäre Gemengteile: Pyrit, Granat, Epidot, Karbonate, Rutil, Chlorit, Serizit, Limonit.

Struktur : vorwiegend granoblastisch, stellenweise auch lepidoblastisch. Die Struktur der Augengneise dürfte vielleicht als blasto-porphyroklastisch bezeichnet werden, denn im Grundgewebe ist die kataklastische Struktur ausgeheilt und durch die granoblastische ersetzt worden, während die Feldspataugen z. T. noch von einem Mörtelkranz umgeben sind.

Die Textur erscheint im Dünnschliff lentikular oder schwach schiefrig.

Quarz ist isometrisch oder linsenförmig ausgebildet; die Umgrenzung ist gewöhnlich unregelmässig und die Körner greifen oft buchtig und lappig ineinander und in die Feldspäte. Der Durchmesser der Quarzkörner schwankt zwischen 0,05 und 3 mm.

Die Feldspäte zeigen die gleiche Formentwicklung wie Quarz; ihre Grösse schwankt aber mehr und ihr Durchmesser erreicht oft 1 cm oder mehr in den Augengneisen. Die Feldspäte sind Albit, Oligoklasalbit und Oligoklas; nur selten (in vier Dünnschliffen) tritt Orthoklas neben Plagioklas auf. Die Plagioklase zeigen häufig Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz; Streifung nach dem Periklingesetz und Karlsbader Zwillinge sind selten. Bei den Albit-Porphyroblasten kommt Schachbrettstruktur öfters vor. Orthoklas zeigt gewöhnlich die gleiche mikroklinartige Gitterstruktur, die bei den Orthogneisen gefunden wurde; Myrmekitbildungen sind zuweilen vorhanden. Die Feldspäte führen gewöhnlich parasitären Serizit, zuweilen auch Kalzit und Quarz.

Biotit bildet Schuppen oder Blätter mit unregelmässiger, zackiger Umgrenzung. Der Pleochroismus ist braun ∥ der Basis, strohgelb ⊥ dazu, der Achsenwinkel sehr klein.

Muskowit erscheint in den gleichen Formen wie Biotit, nur sind die Schuppen gewöhnlich bedeutend kleiner und dürfen z. T. mit dem Namen Serizit bezeichnet werden.

Von den Uebergemengteilen wurden Pyritwürfel und Granatkörner je nur in einem Dünnschliff angetroffen. Epidot erscheint zuweilen als primärer Gemengteil in Gestalt von grösseren Körnern, z. T. unregelmässig und siebartig, z. T. mit Kristallflächen; die kleinen Körner, die von Biotit und Plagioklas umgeben werden, sind sekundär aus diesen entstanden.

Karbonate sind gelegentlich in kleinen Mengen vorhanden. Sie erscheinen parasitär im Plagioklas und sind dann gewöhnlich durch die Zwillingslamellierung als Kalzit bestimmbar oder sie sind zwischen den andern Komponenten verteilt. Bei der letzten Art des Auftretens sind die Karbonatkörner oft durch Limonit gelbbraun gefleckt, während Zwillingslamellierung fehlt. Sie sind wohl als Braunspat oder Breunerit zu deuten und dürften zu den primären (sedimentogenen) Komponenten gehören. Chlorit ist gewöhnlich aus Biotit entstanden. Rutil wurde nur in zwei Dünnschliffen angetroffen, in dem einen in Körnergestalt, in dem anderen als Sagenit, der bei der Chloritisierung des Biotits entstanden ist.

Analysiert wurde ein kleinkörniger, schieferiger Gneis vom Grat westlich des Lago Taneda, bei 2600 m. Die Mengen der Hauptgemengteile wurden geschätzt auf 40 % Quarz, 40 % Oligoklasalbit, 10 % Biotit, 5 % Muskowit. Kalzit, Magnetit, Limonit, Apatit, Zirkon und Epidot vervollständigen den Mineralbestand.

Analyse 3. — **Zweiglimmeralbitgneis, Poncioni Negri.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	66,24	73,6	S	73,6
TiO_2	0,67		A	5,9
P_2O_5	0,22	0,0	C	3,8
Al_2O_3	14,94	9,7	F	7,1
Fe_2O_3	2,35	4,3	M	0,4
Feo	2,43		T	0,0
MnO	0,07		K	1,5
CaO	3,55	4,2		
MgO	1,48	2,4	Projektionswerte.	
K_2O	3,50	2,5	a	7,0
Na_2O	3,13	3,4	c	4,5
H_2O (— 110°)	0,05	Summa 100,1	f	8,5
H_2O (+ 110°)	1,40			
CO_2	0,65			
Summa	100,68			
Spez. Gewicht	2,71			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte stimmen mit denen der Plagioklasgneise ziemlich gut überein und das Gestein muss deshalb zu dieser Gruppe gerechnet werden. Nach Mineralbestand und Struktur gehört es in den obersten Teil der mittleren Zone. Der Chemismus ist der eines Quarz-

diorites, abgesehen von dem CO_2- und Wassergehalt. Da das gleiche Gestein als Augengneis auftritt, ist rein sedimentogene Herkunft ausgeschlossen; es muss einen eruptiven oder gemischten Ursprung gehabt haben.

Muskowitgneise und Biotitgneise, die den soeben beschriebenen Gesteinen ähnlich sind, aber nur *einen* Glimmer als wesentlichen Gemengteil führen, kommen gelegentlich vor. Sie scheinen die entgegengesetzen Endglieder der Reihe der Zweiglimmergneise zu bilden. Die Biotitgneise führen Epidot und Karbonat und der Feldspat ist Oligoklas, gewöhnlich ohne Zwillingsstreifen; sie sind feinkörnig mit granoblastischer Struktur und schwach kristallisationsschieferiger Textur. Die Muskowitgneise sind epidot- und karbonatfrei und führen Albit und Orthoklas als einzige Feldspäte; es sind grob- oder mittelkörnige Gesteine mit porphyroklastisch-porphyroblastischer Struktur und lentikularer Textur. Jene sind bedeutend reicher an Quarz als diese und können von Glimmerschiefern nur im Dünnschliff unterschieden werden. Die erwähnten Unterschiede bringen mich zu dem Schluss, dass die Biotitgneise sedimentogener, die Muskowitgneise eruptiver Herkunft sind. Die Zweiglimmergneise dürften dann, z. T. wenigstens, Mischgesteine (Injektionsgneise) sein.

Die hier beschriebenen Gneise kommen hauptsächlich im mittleren Teil der Randzone, zwischen den zwei Amphibolitzügen vor.

b) *Ganggesteine.*

1. *Pegmatite.* — Pegmatitgänge wurden öfters angetroffen, aber nur zwischen dem Südgrat des Pizzo Taneda und dem Seelein bei Piano dei Porci, in der mittleren Gneiszone und z. T. auch im angrenzenden Amphibolit. Es sind kleine, oft scheinbar linsenförmige Gänge, deren Mächtigkeit etwa zwischen 20 cm und 2 m schwankt und die gewöhnlich ungefähr parallel der Schieferung des angrenzenden Gesteins verlaufen. Die Pegmatite sind grob- oder grosskörnige Gesteine, deren Feldspäte annähernd idiomorph sind und einen Durchmesser von einigen Centimetern erreichen. Quarz und Muskowit können immer von blossem Auge erkannt werden.

Das Mikroskop zeigt nicht viel Neues. In den vier untersuchten Dünnschliffen ist der Feldspat Albit, z. T. auch Oligoklasalbit, und bildet die Hauptmenge des Gesteins. Quarz tritt ziemlich stark zurück und Muskowit bildet nur etwa 2 bis 5 % des Gesteins. Biotit ist zuweilen als Ueber-

gemengteil vorhanden. Kalzit und Chlorit sind seltene sekundäre Mineralien, aus Plagioklas resp. Biotit entstanden. In einem Dünnschliff von der Randpartie eines Pegmatitganges ist Kalzit reichlich vorhanden, dürfte aber vom Nebengestein, einem Kalkglimmerschiefer stammen. Die Struktur ist blastopegmatitisch bis granoblastisch, die Textur massig im Dünnschliff.

2. *Aplite.* — Zusammen mit Pegmatit oder allein für sich wurde Aplit in schmalen, kurzen Gängen öfters angetroffen in der Randzone zwischen Lago Scuro und Scai, im Gneis und auch im Amphibolit. Dünnschliffe von zwei Gesteinen, über deren aplitische Natur kein Zweifel besteht, wurden studiert. Das eine Gestein ist ein Plagioklas-Muskowitaplit, das andere ein Plagioklas-Biotitaplit.

Plagioklas, Albit bis Oligoklas, resp. Oligoklas bis Andesin, bildet die Hauptmenge des Gesteins und ist etwa dreimal so stark vertreten wie Quarz, gegen welchen die Glimmer zurücktreten.

Die Nebengemengteile sind Granat, Apatit, Magnetit und Zirkon. Der Biotitaplit führt Kalzit, der vom Nebengestein (Amphibolit) herrührt. Serizit und Zoisit sind sekundäre Gemengteile.

Struktur : granoblastisch.

Textur : massig bis schwach geschiefert.

Verschiedene andere gesammelte Gesteine sind diesen Apliten ganz ähnlich, auch im Dünnschliff, nur wiegt Quarz über Plagioklas vor. Es ist möglich, dass sie auch aplitischer Natur sind, aber aus der Lagerung konnte diese Frage nicht entschieden werden. Ihre eruptive Herkunft scheint mir sicher zu sein.

3. *Lamprophyre.* — Gesteine, deren lamprophyrische Natur über allem Zweifel steht, wurden nur in der Nähe des Orthogneises von Val Cadlimo gefunden, an vereinzelten Stellen, nämlich westlich der Punta Nera, nördlich des Corandoni und östlich des Lago Scuro. An der letzterwähnten Stelle kommen zwei Gänge vor, die den Gneis quer zur Schieferung durchbrochen haben und die eine Mächtigkeit von etwa 1 m, resp. 5 bis 10 m haben. Beide Gänge bestehen aus grauem, feinkörnigem, schwach geschiefertem, sprödem Gneis. Das Gestein des kleineren Ganges, der sich zwischen den Höhen 2445 und 2500 m erstreckt, südlich der Stelle, wo sich auf der Karte das « R » von « Reno di Medels » befindet, führt reichlich kleine weisse Röhrchen von etwa 2 bis 3 mm Durchmesser und der zehnfachen Länge, die sich oft schneiden oder

vereinigen. Lägen sie nicht in gangförmig auftretendem Gestein, so könnte man geneigt sein, ihnen einen organischen Ursprung zuzuschreiben.

Das Mikroskop zeigt, dass die Röhrchen aus Quarz bestehen und mit Biotit gefüllt sind. Es scheint mir am wahrscheinlichsten, dass sie Metamorphosen nach Hornblende sind.

Im übrigen sind die Dünnschliffe der beiden Ganggesteine ganz gleich. Biotit (braun $\perp$ *c*, strohgelb $\parallel$ *c*), Quarz und Plagioklas (Albit bis Oligoklas) sind ungefähr gleich stark vertreten und machen zusammen etwa 90 % der Gesteinsmenge aus. Kalzit vervollständigt die Liste der Hauptgemengteile. Die gewöhnlichen Nebengemengteile, Apatit, Zirkon und Magnetit, sind nur spärlich vorhanden, während Epidot in einem Dünnschliff als Uebergemengteil zugegen ist.

Textur : schwach kristallisationsschieferig.

Struktur : kleine Kalzit-Porphyroblasten liegen in einem grano-lepidoblastischen Grundgewebe.

Systematisch gehören diese Gesteine zu den Meso-Plagioklasgneisen.

Das Gestein vom Gang nördlich des Corandoni, bei 2600 m, ist den vorigen sehr ähnlich. Die Hauptgemengteile sind brauner Biotit, Oligoklas (bis Andesin) und Quarz, von welchen der letztere gegen den andern stark zurücktritt. Die Neben- und Uebergemengteile sind Apatit, Zirkon, Magnetit, Muskowit, Klinozoisit, Rutil. Chlorit, sekundär aus Biotit entstanden, ist spärlich vorhanden.

Textur : schwach geschiefert. Die Struktur ist diablastisch, bei einer durchschnittlichen Korngrösse von 0,5 mm Durchmesser, und es scheint, dass Oligoklas und Quarz ein Eutektikum bilden.

c) *Glimmer-Granat-Plagioklasgneise.*

Diese kommen besonders im nördlichen, aber auch im südlichen Teil der Randzone vor, während sie in der Mitte nicht angetroffen wurden. Im Norden enthalten sie oft reichlich kohlige Substanz, wodurch sie eine schwarzgraue Farbe bekommen. Die rotbraunen Granate sind porphyroblastisch entwickelt, wie auch häufig der Biotit; letzterer stellt oft seine Basisfläche quer zur Schieferung, die hauptsächlich durch parallelen Serizit- oder Muskowitschuppen bedingt wird. Im feinkörnigen Grundgewebe können Quarz und Feldspat nur selten makroskopisch unterschieden werden.

Unter dem Mikroskop zeigt sich folgender Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen in neun Dünnschliffen abge-

schätzt): Quarz (25 bis 60 %), Albit bis Andesin (15 bis 40 %), Biotit (5 bis 30 %), Serizit-Muskowit (0 bis 15 %), Granat (4 bis 15 %).

Neben- und Uebergemengteile: Apatit, Zirkon, Erz (Magnetit, Ilmenit [?], Limonit), Epidot, Turmalin, Hornblende, Rutil, Karbonat, Kohle.

Sekundärer Gemengteil: Chlorit (aus Biotit).

Textur: schieferig.

Struktur: porphyroblastisch mit grano- bis lepidoblastischem Grundgewebe.

Die Porphyroblasten werden durch Granat und Biotit (braun $\perp c$, strohgelb $\parallel c$) gebildet und zeigen oft Siebstruktur. Bei den Plagioklasen kommt gewöhnlich Zwillingsstreifung nach dem Albitgesetz vor, kann aber auch vollständig fehlen. Epidot ist meist annähernd idiomorph und erreicht eine beträchtliche Grösse. Die spärlichen Turmalinkristalle bilden kleine trigonale Säulchen. Rutilkörner sind selten vorhanden, z. T. in Verwachsung mit Erz (Magnetit [?]). Das Karbonat ist in der Regel Braunspat mit Limonitflecken und ohne Zwillingsstreifen.

Systematisch gehören diese Gesteine zu den Meso- bis Epi-Plagioklasgneisen. Das Auftreten von siebartig durchlöcherten Granaten als Hauptgemengteil spricht für sedimentogenen Ursprung. Auch sind Biotite, deren Basisflächen quer zur Schieferung gestellt sind, sehr häufig in den sedimentären (mesozoischen) Gesteinen der Pioramulde. Aus diesen Gründen und weil zuweilen kohlige Substanz vorhanden ist, müssen diese Gneise als metamorphosierte Sedimente angesehen werden.

Einige der untersuchten Handstücke und Dünnschliffe stammen von der Grenze eines Pegmatitganges, zeigen aber keine Spur von Kontaktmetamorphose, ausgenommen, dass die Muskowitblätter grösser als sonst sind. Sie tragen, gemeinsam mit allen andern Gesteinen dieses Gebietes, deutlich den Stempel der Dynamometamorphose.

Gneise, die den hier beschriebenen ähnlich sind, aber keine Granate führen, kommen neben diesen vor.

Alle Gneise, die in der südlichen Randzone des Gotthardmassivs von mir angetroffen wurden, können in den beschriebenen Typen untergebracht werden. Es sind Ortho-, Para- und Injektionsgneise, deren ursprüngliche Unterschiede unter dem Einfluss der gebirgsbildenden Vorgänge zum grossen Teil ausgeglichen wurden.

2. Die Glimmerschiefer.

a) *Zweiglimmer-Granatschiefer.*

Diese kommen neben den granatführenden Gneisen im nördlichen und im südlichen Teil der Randzone vor, während sie in der Mitte, zwischen den beiden Amphibolitzügen, nicht angetroffen wurden. Mit den Gneisen treten sie auch als Zwischenlagen in den Hornblendegesteinen auf.

Es sind fein- bis mittelkörnige, graue oder gesprenkelte Gesteine. Gewöhnlich sind sie gut geschiefert, zuweilen gefältelt. Die Schieferungsflächen zeigen immer den typischen Muskowit- oder Serizitglanz. Makroskopisch kann man Quarz, hellen und dunklen Glimmer und Granat unterscheiden. Biotit und Granat erscheinen gewöhnlich als Porphyroblasten; zuweilen nehmen sie aber an Grösse ab, so dass das Gestein homöoblastisch wird. Die Biotitblätter, deren Durchmesser 5 mm erreichen kann, liegen oft quer zur Schieferung.

Unter dem Mikroskop zeigen diese Gesteine eine grosse Einförmigkeit.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen in zehn Dünnschliffen abgeschätzt): Quarz 5 bis 60 %, Biotit 10 bis 25 %, Serizit-Muskowit 10 bis 50 %, Granat 5 bis 30 %.

Neben- und Uebergemengteile: Plagioklas, Apatit, Zirkon, Magnetit, Pyrit, Limonit, Zoisit und Epidot, Turmalin, Chlorit, Kohle.

Textur: schwach schieferig bis typisch kristallisationsschieferig.

Die Struktur ist zuweilen granoblastisch oder lepidoblastisch, häufiger porphyroblastisch mit grano-lepidoblastischem Grundgewebe.

Die Porphyroblasten werden gewöhnlich von Biotit und Granat gebildet. Sie führen Einschlüsse von Grundgewebesubstanz, die oft so zahlreich werden, dass typische Siebstruktur entsteht. Gelegentlich können auch Muskowit, Magnetit und Epidot porphyroblastisch auftreten.

Biotit erscheint in braunen und grünen Farbentönen, die oft streifenweise mit einander abwechseln. ($\perp c$ braun oder grün, $\parallel c$ strohgelb.) Chloritstreifen finden sich häufig im grünen, seltener im braunen Biotit, während grüner Biotit zuweilen in Chlorit eingelagert ist. Der braune Biotit ist erst in die grüne Varietät, dann in Chlorit übergegangen. Der farblose Glimmer ist Serizit bis Muskowit; grössere Blätter bildet er nur im Kontakt mit dem Pegmatit. Der Granat, der bald als Rhombendodekaeder, bald ohne kristallographische Um-

grenzung erscheint und bis Haselnussgrösse erreicht, hat im Handstück eine rotbraune, im Dünnschliff eine blassrosa Farbe, und ist wohl als gemeiner Granat zu deuten.

Der spärlich vorhandene Plagioklas (0 bis 5 %) ist Albit bis Oligoklas, gewöhnlich ohne Zwillingslamellen, gelegentlich mit solchen nach dem Albitgesetz. Der Chlorit ist gewöhnlich aus Biotit entstanden, z. T. scheint er aber ein primärer Gemengteil (der obersten Zone) zu sein. Turmalin erscheint in Form von winzigen automorphen Kristallen im Biotit, Granat, Epidot oder im Grundgewebe eingebettet. Der Automorphismus und die richtungslose Anordnung bei gleichmässiger Verteilung im Gestein sprechen dafür, dass die Turmalinkristalle in ihrer jetzigen Lage gebildet wurden. Ihre winzigen Dimensionen (0,1 bis 0,2 mm Länge) und ihr Fehlen neben dem Pegmatit, wo die Grösse der Muskowitblätter deutlich die Kontaktwirkung zeigt, sprechen gegen eine pneumatolytische Entstehung. Epidot ist z. T. automorph, z. T. unregelmässig begrenzt. Zuweilen hat er einen starkgefärbten Kern mit braunem und grünem Farbenton; wahrscheinlich handelt es sich hier um ein eisenreiches Glied der Epidotgruppe, und nicht um Orthit. Feinverteilte kohlige Substanz wurde selten angetroffen. Sie ist ziemlich reichlich vorhanden in den Gesteinen, die rechts vom Ausfluss des Lago Scuro anstehen. Limonit ist fast immer vorhanden zwischen den Quarzkörnern und dürfte primär sein (obere Zone).

Nach dem Mineralbestand müssen wir diese Zweiglimmer-Granatschiefer in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise einreihen. Der Wechsel zwischen Serizit und Muskowit, die Texturen und Strukturen zeigen, dass sie im Grenzgebiet zwischen der oberen und der mittleren Zone gebildet wurden. Mineralbestand, Textur und Struktur beweisen die sedimentogene Herkunft dieser Gesteine. Sie sind teilweise durch Kontaktwirkung beeinflusst worden, aber ihr jetziges Gepräge verdanken sie der Dynamometamorphose.

Durch Anreicherung des Plagioklases bis auf etwa 6 bis 10 % entstehen Uebergänge zu den Gneisen. Sie führen oft Karbonate (Braunspat, Dolomit, Kalzit) und der Plagioklas ist zuweilen etwas basischer als in den Granatglimmerschiefern. Hornblende, Disthen und Staurolith wurden je nur einmal in kleiner Menge angetroffen. Im übrigen gleichen diese Uebergangsgesteine den Granatglimmerschiefern vollständig. Reine Glimmerschiefer, die wesentlich nur aus Glimmer und Quarz bestehen, wurden in der südlichen Randzone von mir nicht

angetroffen, mit Ausnahme des unter (*b*) zu beschreibenden Biotitschiefers, der wahrscheinlich eruptiver Herkunft ist. Das sedimentäre Ausgangsmaterial muss überall einen beträchtlichen Kalkgehalt gehabt haben, der bei der Metamorphose in Plagioklas und Granat untergebracht wurde.

b) *Biotitschiefer.*

Schwarzer Biotitschiefer findet sich zuweilen in den Gneisen zwischen den beiden Amphibolitzügen. Er erscheint zuweilen in Form von schmalen, etwa 1 bis 20 cm mächtigen Streifen, die oft schräg zum Streichen des Gneises verlaufen und rasch auskeilen. Es scheint mir deshalb möglich, dass der Biotitschiefer ein metamorphosierter Lamprophyr ist; auch sein gelegentliches Auftreten neben Pegmatit führt zu dieser Vermutung. Es ist ein schieferartiges Gestein, in dem nur Biotit von blossem Auge erkannt wird.

Im Dünnschliff eines Biotitschiefers vom Südgrat des Pizzo Taneda bei 2465 m wurde etwa 70 % Biotit und 30 % Quarz geschätzt, Muskowit, Apatit, Zirkon und ein Karbonat ohne Zwillingsstreifen sind in sehr kleinen Mengen zugegen. Der Biotit hat eine sehr dunkle Farbe und starken Pleochroismus: $\perp c$ tiefdunkelbraun, $\parallel c$ blassbräunlichgelb. Die Quarzkörner sind wasserklar, etwas verzackt, mit einem Durchmesser von 0,15 bis 1,5 mm. Undulöse Auslöschung fehlt.

Textur: kristallisationsschieferig.

Struktur: lepidoblastisch.

3. Hornblendegesteine.

Hornblendeführende Gesteine treten in zwei grossen, parallelen Zügen auf, oft in Wechsellagerung mit Gneis und Granatglimmerschiefer. Nach ihrer Zusammensetzung und Ausbildungsart können Hornblendegarbenschiefer, Hornblendeplagioklasgneis, Amphibolit und Hornblendefels unterschieden werden. Von diesen besitzen Amphibolit und Garbenschiefer die grösste Verbreitung. Sie kommen nebeneinander vor, gehen ineinander über und sind genetisch miteinander eng verbunden. In der Nähe des Orthogneises von Val Cadlimo findet sich auch zuweilen Hornblende in den Gesteinen der Randzone. Sie ist gewöhnlich nur sehr spärlich vorhanden, und auf kleine Strecken (einige Meter oder noch weniger) und ist häufig fast vollständig in Biotit umgewandelt, weshalb ich nur die wichtigsten Vorkommnisse auf der Karte angegeben habe.

a) *Hornblendegarbenschiefer und Hornblende-plagioklasgneise.*

Die Hornblendegarbenschiefer sind eine heterogene und wechselvolle Familie. Bei sehr mannigfachem makroskopischem Aussehen und stark schwankendem Mineralbestand besitzen alle Variationen ein gemeinsames Merkmal, das darin besteht, dass ihre Hornblenden, die immer Porphyroblasten bilden, häufig eine garbenartige oder fächerförmige Gruppierung annehmen. Diesem Umstand sind die Namen «Chenopodit», « Garbenschiefer » und « Federamphibolit » zuzuschreiben. Im Gebiet, das hier betrachtet wird, werden die Hornblendegarbenschiefer von hornblendefreien Plagioklasgneisen und Granatglimmerschiefern sowie von Amphiboliten begleitet; sie bilden die Uebergangsglieder zwischen diesen Gesteinsarten.

Die Garbenschiefer sind Gesteine mit einem feinkörnigen, weissen, grauen, grünen oder braunen Grundgewebe, aus dem grössere oder kleinere, grünschwarze Hornblendestengel, zuweilen auch rotbraune Granate oder Biotitblätter, als Porphyroblasten hervortreten.

Die Hornblendekristalle haben die Form von kurzen Säulchen, die vereinzelt sowie in Gruppen von zwei bis drei auftreten und mehr oder weniger richtungslos orientiert sind, oder sie bilden lange, schlanke Stengel, die sich «garbenartig» zusammenscharen. Diese schlanken Stengel, deren Länge 10 oder 15 cm erreichen kann, sind bald geradlinig, bald bogenförmig gekrümmt. Wie die Strahlen eines Fächers, liegen sie in einer Ebene, die gewöhnlich die Schieferungsebene des Gesteins ist oder von dieser nur wenig abweicht. Die schönsten Fächer werden nur in ausgesprochen schieferigen Gesteinen gefunden und sind parallel zur Schieferungsebene orientiert. Es ist merkwürdig, dass die Stengel ihre Breite senkrecht zur Schieferungsebene entwickelt haben und in dieser Ebene nur eine schmale Kante zeigen. Das Studium ihrer Dünnschliffe zeigt, dass die Hornblendestengel hier immer die gleiche kristallographische Orientierung besitzen: die *c*-Axe, die der Längsrichtung eines Stengels entspricht, und die *a*-Axe liegen in der Schieferungsebene, die *b*-Axe senkrecht dazu (siehe Mikrophotographien, Fig. 7 u. 8). Die Bildung von «Garben» kann als eine Art paralleler Verwachsung betrachtet werden, denn an einem Ende sind die Stengel oft miteinander vereinigt. Von Kristallflächen sind hier nur das vordere Pinakoid (100) und das Prisma (110)

häufig, ersteres breit, letzteres schmal. Das seitliche Pinakoid (010) erscheint nur selten als schmale, schlecht ausgebildete Fläche.

Der rotbraune Granat erscheint in der Form von Rhombendodekædern mit einem Durchmesser von weniger als 1 mm bis zirka 2 cm. Schon makroskopisch sieht man, dass er reich an Einschlüssen ist, vor allem an Epidoten. Es scheint, dass Granat und Hornblende sich im Gestein gewissermassen vertreten; die granatreichsten Garbenschiefer sind verhältnismässig arm an Hornblende. Analysiert wurde ein Granat aus einem Garbenschiefer von der NW-Ecke des Lago Tom. Er wurde zuerst zerkleinert und das sauberste Material unter der Lupe ausgelesen.

Granat aus Hornblendegarbenschiefer vom Lago Tom.

SiO_2	38,01
TiO_2	1,47
Al_2O_3	19,15
Fe_2O_3	15,40
FeO	16,90
MnO	2,00
CaO	5,07
MgO	2,99
H_2O	0,23
Summa	101,22
Spez. Gewicht	3,91

Die Substanz für die FeO-Bestimmung wurde in einer CO_2-Atmosphäre zerrieben, nachdem bei der Behandlung nach der gewöhnlichen Methode nur 9,8 % FeO gefunden wurde. Der Wert 16,9 stimmt aber immer noch nicht für die Formel des Granats; ein Teil des FeO muss sich trotz allem doch noch während der Analyse zu Fe_2O_3 oxydiert haben. Nach der Analyse ist es ein gemeiner Granat mit vorherrschendem Almandin-Molekül.

Im Grundgewebe können Quarz, Biotit und Serizit gewöhnlich schon makroskopisch erkannt werden, zuweilen auch noch Plagioklas und Chlorit.

Nach dem Vorherrschen von Quarz, Chlorit oder Serizit im Grundgewebe hat L. Hezner (Lit. **18**) die Garbenschiefer der Tremolaserie in drei Arten gegliedert. Die von mir untersuchten lassen sich nicht gut in dieses Schema einfügen.

Unter dem Mikroskop zeigen die Garbenschiefer eine grosse Verschiedenheit in ihrer Zusammensetzung.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen in 18 Dünn-

schliffen abgeschätzt): Quarz (15 bis 60 %), Plagioklas (5 bis 45 %), Hornblende (10 bis 40 %), [Biotit (0 bis 40 %), Serizit-Muskowit (0 bis 40 %), Chlorit (0 bis 10 %), Granat (0 bis 10 %), Epidot (0 bis 10 %)][1].

Neben- und Uebergemengteile: Eisenerze (Magnetit, Ilmenit, Pyrit, Limonit), Apatit, Zirkon, Rutil, Karbonat, Turmalin, Staurolith, Disthen, Kohle.

Textur: schieferig.

Struktur: porphyroblastisch; Grundgewebe vorwiegend granoblastisch, seltener lepidoblastisch, in vereinzelten Fällen auch blastopsammitisch.

Aus dem angegebenen Mineralbestand ist ersichtlich, dass Quarz, Plagioklas und Hornblende immer als Hauptgemengteile vorhanden sind, Biotit und Serizit kommen zuweilen in solch kleinen Mengen vor, dass sie nicht mehr zu den wesentlichen Komponenten gezählt werden dürfen. Chlorit, Granat und Epidot sind gewöhnlich Nebengemengteile, ausnahmsweise aber erreicht ihre Menge diejenige eines Hauptgemengteils.

Quarz hat die Form von isometrischen oder länglichen Körnern, gewöhnlich mit polygonaler, seltener mit zackiger Umgrenzung. Gelegentlich kann undulöse Auslöschung wahrgenommen werden.

Die Plagioklase sind bald als Körner, bald als Füllmasse zwischen den andern Komponenten ausgebildet. Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz ist zuweilen vorhanden, fehlt aber gewöhnlich. Die Unterscheidung zwischen Quarz und Plagioklas wird durch diesen Umstand sehr erschwert und ist oft nur noch in konvergentem Licht möglich. Die Plagioklase liessen sich nach ihrer Lichtbrechung als Oligoklasalbit bis Andesin bestimmen. Undulöse Auslöschung und Serizitisierung wurden gelegentlich wahrgenommen.

Die Hornblende bildet stengelige oder säulige Porphyroblasten, die häufig siebartig durchlöchert sind und Einschlüsse von Grundgewebesubstanz führen. Die Umwandlung von Hornblende in Biotit kann zuweilen beobachtet werden. In acht Dünnschliffen wurden Schnitte nach (010) gefunden und konnte die Auslöschungsschiefe (N : C) gemessen werden; alle acht Messungen ergaben Werte zwischen 14° und 16°. Pleochroismus : $\mathfrak{a}$ strohgelb, $\mathfrak{b}$ grasgrün bis olivgrün, $\mathfrak{c}$ bläu-

[1] Eckige Klammern bei den Hauptgemengteilen bedeuten, dass die in ihnen eingeschlossenen Mineralien, ihrer Menge nach, z. T. zu den Haupt-, z. T. zu den Uebergemengteilen gezählt werden müssen oder, wo nur wenige Dünnschliffe untersucht wurden, eine Mittelstellung zwischen beiden einnehmen.

lichgrün bis blaugrün, selten grünlichblau oder graublau. Der optische Charakter ist negativ, mit 2 V gross (70° bis 90°). $(\beta - \alpha) > (\gamma - \beta.)$

Biotit erscheint als zackige Schuppen mit vielen Einschlüssen. Pleochroismus: ‖ (001) braun bis olivgrün, ⊥ (001) strohgelb. Der Axenwinkel ist sehr klein, das Axenbild pseudoeinachsig. Chloritisierung ist häufig, gelegentlich mit Ausscheidung von feinen Rutilnädelchen.

Der farblose Glimmer ist nach der Grösse seiner Schuppen gewöhnlich als Serizit, z. T. aber auch als Muskowit zu deuten.

Der Chlorit ist gewöhnlich Klinochlor mit grüner Farbe und deutlichem Pleochroismus. Er erscheint in der Form von kleinen Schuppen als primärer Gemengteil des Grundgewebes, in Gestalt von grösseren Blättern als Umwandlungsprodukt des Biotits, von dem häufig noch Reste erhalten geblieben sind, und in Verbindung mit Hornblende und Granat. Chloritblättchen finden sich oft in radialstrahligen Aggregaten in Löchern in den Hornblendeporphyroblasten, als auch in paralleler Anordnung von diesen ausgehend oder zwei Bruchstücke mit einander verbindend. Hier scheint Chlorit, sowie Magnetit und Karbonat, von denen er öfters begleitet wird, aus Hornblende entstanden zu sein. Granat und Chlorit kommen seltener, und vielleicht zufällig, neben einander vor.

Granat erscheint in Gestalt von Rhombendodekaëdern oder ohne kristallographische Begrenzung, bald einschlussarm, bald mit Siebstruktur. Im Dünnschliff ist die Farbe schwach rosa bis farblos.

Der Epidot und der seltenere Klinozoisit kommen als Säulen ohne Endfläche, oft nach (100) und (001) gut entwickelt, oder als unregelmässige Körner vor. Die grösseren Kristalle zeigen zuweilen Zonarstruktur, mit dem Kern stärker gefärbt als der Rand. Sie finden sich im Grundgewebe und in den Hornblenden eingeschlossen. Gelegentlich findet man eine Schar von Epidotsäulchen streng parallel durch Grundgewebe und schiefliegende Hornblendeporphyroblasten hindurchziehen. Das beweist, dass die Hornblende hier später gebildet wurde als die Epidote.

Magnetit in Körnerform ist immer in kleinen Mengen vertreten. Pyrit ist seltener; er bildet zuweilen den Kern eines Magnetitkorns. Ilmenit ist gelegentlich in Gestalt von kurzen Säulchen vorhanden, manchmal von seinem Umwandlungsprodukt, dem Leukoxen, begleitet. Rutil erscheint als kleine, annähernd idiomorphe Säulchen oder auch als formlose Körner, häufig mit Magnetit verwachsen.

Karbonate in Gestalt von rundlichen oder unregelmässigen

Körnern finden sich zuweilen in oder neben Hornblende, seltener zwischen den andern Komponenten. Kalzit mit Zwillingslamellen nach $(01\bar{1}2)$ ist viel seltener, als eisenhaltige, oft limonitführende Karbonate, die wohl als Braunspat zu deuten sind.

Apatit in Körnerform und kleine, idiomorphe oder abgerundete Zirkonkristalle sind gewöhnlich in kleinen Mengen vorhanden. Turmalin in Gestalt von trigonalen, häufig gebrochenen, Säulen und schlecht ausgebildeter Disthen und Staurolith wurden nur selten gefunden. Kohlige Substanz in feiner Verteilung ist ein konstanter Gemengteil der Garbenschiefer beim Ausfluss des Lago Scuro. Im Dünnschliff scheint ihrer Menge circa 1 % des Gesteins zu betragen.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Garbenschiefer in die Gruppe der Plagioklasgneise eingereiht werden. Zuweilen aber wird ihr Hornblendegehalt so gross, dass sie eher zu den Amphiboliten zu zählen sind.

Ein solcher Garbenschiefer, von einem Block bei der Kapelle San Carlo, wurde analysiert. Das Gestein ist dort nicht anstehend, sondern findet sich in der Stirnmoräne eines früheren Lokalgletschers. Es dürfte von den Felsen nördlich des Lago Cadagno stammen, wo ähnliches Material ansteht. Der Mineralbestand wurde im Dünnschliff folgendermassen geschätzt: Hornblende 45 %, Quarz 20 %, Oligoklas 20 %, Epidot 10 %, Biotit und Serizit 5 %, Magnetit, Apatit und Chlorit in kleinen Mengen.

Analyse 4. — **Garbenschiefer bis Amphibolit von losem Block bei San Carlo.**
Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	48,69	55,3	S	55,3
TiO_2	2,19		A	4,2
Al_2O_3	16,02	10,4	C	6,2
Fe_2O_3	6,05	12,3	F	24,0
FeO	7,67		M	1,9
MnO	0,19		T	0,0
CaO	6,84	8,1	K	0,9
MgO	5,99	9,8		
K_2O	1,90	1,3	Projektionswerte.	
Na_2O	2,64	2,8	a	2,5
H_2O (— 110°)	0,12	Summa 100,0	c	3,5
H_2O (+ 110°)	2,09		f	14,0
P_2O_5	0,40			
Summa	100,79			
Spez. Gewicht	3,01			

Chemismus, Gruppen- und Projektionswerte stimmen mit denjenigen der Eklogite und Amphibolite überein, und das Gestein muss deshalb in diese Gruppe eingereiht werden. Die Menge des freien Quarzes im Gestein ist sehr gross im Vergleich zum niedrigen Kieselsäuregehalt. Das beweist, dass die Garbenschiefer von Sedimenten abstammen, denn ein solches Verhältnis zwischen Quarz und SiO_2 wird bei keinem Eruptivgestein angetroffen. Die Natronvormacht bei den Alkalien dürfte vielleicht pneumatolytischen Einflüssen zu verdanken sein (Lit. **18**, S. 214). Sie könnte aber ebensogut von dem sedimentären Ausgangsgestein herrühren, denn Natronvormacht kann auch in rein sedimentogenen Gesteinen vorkommen, wie z. B. im Hornblende-Plagioklasgneis vom Riale Bianco (siehe Alkalibestimmung). Wie dem auch sei, soviel scheint mir festzustehen, dass Pneumatolyse bei der Bildung der Garbenschiefer keinen wesentlichen Anteil hatte. Beim Versuch für ihre Entstehung eine Erklärung zu finden, müssen folgende zwei Tatsachen berücksichtigt werden :

1. Gut entwickelte, fächerartige Garben finden sich nur in ausgesprochenen schieferigen Gesteinen ;
2. Die Hornblenden einer « Garbe » liegen alle in der Schieferungsebene, und zwar mit *c* und *a* immer parallel dieser Ebene, *b* senkrecht dazu.

Diese Orientierung der garbenbildenden Hornblendekristalle kann nur die gleiche Ursache gehabt haben, wie die Schieferung des Gesteins selbst, nämlich gerichteten Druck oder Stress.

Bemerkenswert ist, dass die Breite eines Hornblendekristalls nach der senkrecht zur Schieferung stehenden *b*-Achse gewöhnlich um ein Vielfaches grösser ist, als nach der in derselben liegenden *a*-Achse. Dieses Verhalten liesse sich vielleicht erklären durch Unterschiede in der Löslichkeit und in der Kristallisationskraft auf den beiden Flächen, bezw. in den beiden Richtungen.

Die Hornblendekristalle sind, z. T. wenigstens, jünger als die Epidotkristalle (siehe S. 560), und dürften die letzten Produkte der Metamorphose darstellen. Für diese Auffassung scheint auch die Siebstruktur der Hornblende zu sprechen.

Ausser den Garbenschiefern finden sich auch noch Hornblendeplagioklasgneise, die sich von jenen nur dadurch unterscheiden, dass ihre Hornblenden kleiner sind und immer vereinzelt vorkommen.

b) *Die Amphibolite.*

Unter den Amphiboliten finden sich feinkörnige und mittel- bis grobkörnige Gesteine. Die gröberen ähneln den Garbenschiefern, unterscheiden sich aber von diesen durch ihren grösseren Hornblendegehalt und durch die Anordnung der Hornblendesäulen. Diese gruppieren sich nur noch selten zu Garben und liegen nicht mehr in der Schieferungsebene, sondern schneiden sie gewöhnlich unter einem spitzen Winkel. So kommt es, dass diese Gesteine nur eine schwache, grobe Schieferung besitzen.

Die feinkörnigen Amphibolite sind dünnschieferig, graugrün bis schwarzgrün. Durch das Auftreten von hellen, hornblendefreien Partien in dünnen, parallelen Lagen entsteht zuweilen eine charakteristische Bänderung. Neben der Hornblende erkennt man mit blossem Auge oft noch Biotit, während die Unterscheidung zwischen Quarz und Plagioklas mit der Lupe gewöhnlich unmöglich ist. Auch finden sich da und dort dichte, seidenglänzende Gesteine, die sich nur im Dünnschliff als Amphibolite bestimmen lassen.

Unter dem Mikroskop zeigen die Amphibolite eine schwankende Zusammensetzung.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 17 Dünnschliffen): Hornblende 40 bis 65 %, Plagioklas 5 bis 30 %, Quarz 0 bis 25 %, [Biotit 0 bis 10 %, Epidot und Zoisit 0 bis 10 %].

Nebengemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden): Karbonate 6, Erze (Magnetit, Ilmenit, Pyrit) 17, Chlorit 10, Apatit 15, Rutil 13, Titanit 3, Zirkon 4, Granat 3.

Neben der Hornblende ist bloss Plagioklas in allen untersuchten Gesteinen als Hauptgemengteil vorhanden. Nur selten tritt Quarz so stark zurück, dass er nicht mehr zu den wesentlichen Gemengteilen gerechnet werden kann. Bei Biotit und Epidot ist das Umgekehrte der Fall; sie sind gewöhnlich Neben-, seltener Hauptgemengteile. Jedes dieser drei Mineralien kann auch gelegentlich fehlen.

Struktur und Textur: Die feinkörnigen Amphibolite besitzen nematoblastische Struktur und kristallisationsschieferige, lineare Textur; die gröberen Gesteine sind schwach geschiefert und porphyroblastisch struiert, mit vorwiegend granoblastischem Grundgewebe.

Die Hornblende ist dieselbe wie in den Garbenschiefern, mit $\mathfrak{a}$ strohgelb, $\mathfrak{b}$ grasgrün, $\mathfrak{c}$ bläulichgrün bis blaugrün

(selten grünlichblau). In den feinkörnigen Gesteinen sind diese Farben dunkler, als in den grobkörnigen, wo sie zuweilen ganz blass erscheinen. Der optische Charakter ist stets negativ, mit -2 V zwischen 70° und 90° schwankend. Die Auslöschungsschiefe auf (010) wurde in zehn Dünnschliffen zu 14° bis 15°, in drei zu 15 ½° bis 16°, in vier zu 13° bis 13 ½° gemessen. Die Bestimmung der Doppelbrechung ergab für ($\gamma - \alpha$) 0,021 bis 0,022. ($\gamma - \beta$) ist immer bedeutend kleiner als ($\beta - \alpha$), wie bei Glaukophan. Aus den optischen Merkmalen dürfen wir schliessen, dass eine gewöhnliche Hornblende mit Beimischung des Glaukophanmoleküls vorliegt. Die grossen Hornblenden zeigen gewöhnlich unregelmässige Begrenzung und Siebstruktur; die kleinen haben oft idiomorphe Prismenflächen und führen selten Einschlüsse. In den feinkörnigen Amphiboliten liegen diese kleinen Prismen manchmal streng parallel und löschen zwischen gekreuzten Nicols alle gleichzeitig aus.

Die Plagioklase sind die gleichen wie in den Garbenschiefern, Oligoklasalbit bis Andesin. In den feinkörnigen Amphiboliten ist Lamellierung nach dem Albitgesetz selten, in den gröberen häufig; diese zeigen auch gelegentlich Zonarstruktur, mit saurem Kern und basischem Rand.

Ueber die andern Komponenten lässt sich nicht viel Neues sagen. Mit Ausnahme des Titanits, der hier zum ersten Mal erscheint und Körnergestalt aufweist, zeigen sie die gleichen Eigenschaften, wie in den Garbenschiefern. Auffallend ist, dass Karbonate und Chlorit in den grobkörnigen Gesteinen häufig, in den feinkörnigen sehr selten sind. Der radialstrahlig angeordnete Chlorit, der Hohlräume in der Hornblende ausfüllt, dürfte eine spätere Bildung sein als diese, während die Karbonate z. T. vielleicht als Reste des sedimentären Ausgangsmaterials aufzufassen sind.

Für die chemische Analyse wurde ein feinkörniger, schieferiger Amphibolit vom Grat der Poncioni Negri bei 2395 m gewählt. Schätzungsweise enthält er 65 % Hornblende, 18 % Quarz, 9 % Epidot, 6 % Oligoklasalbit, ferner Erz, Biotit und Apatit in kleinen Mengen.

Analyse 5. — **Epidot-Albitamphibolit, Poncioni Negri.**
Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	49,87	55,8	S	55,8
TiO_2	2,84		A	2,6
P_2O_5	0,87		C	5,8
Al_2O_3	13,15	8,3	F	27,5
Fe_2O_3	5,49		M	4,9
FeO	8,65	12,4	T	0,0
MnO	0,23		K	1,0
CaO	9,22	10,6		
MgO	6,37	10,2	Projektionswerte.	
K_2O	0,72	0,5	a	1,5
Na_2O	1,97	2,1	c	3,0
H_2O (— 110°)	0,00	Summa 99,9	f	15,5
H_2O (+ 110°)	0,81			
Summa	100,19			
Spez. Gewicht	3,07			

Chemismus, Gruppen- und Projektionswerte stimmen gut überein mit den Mittelwerten der Gruppe der Eklogite und Amphibolite. Nach Mineralbestand und Textur ist das Gestein im Grenzgebiet zwischen oberer und mittlerer Zone entstanden. Die Menge des freien Quarzes ist sehr gross im Vergleich zum niedrigen SiO_2-Gehalt und ist ein Beleg für die sedimentäre Herkunft des Gesteins. Weitere Belege für diese Auffassung sind die nematoblastische Struktur und die typische Kristallisationsschieferung, vielleicht auch die verbreitete Lagentextur, die an Absatzschieferung erinnert. Dass der Chemismus der gröberen Amphibolite sich von demjenigen der feinkörnigen nicht wesentlich unterscheidet, zeigt Analyse 4 (S. 561), die vielleicht hier besser am Platz wäre als bei den Garbenschiefern, da das Gestein eher als « Garbenamphibolit » zu bezeichnen ist.

c) *Hornblendefels.*

Gesteine, die fast nur aus Hornblende bestehen, wurden gelegentlich in der Form von kleinen Linsen in den Amphiboliten angetroffen. Eine bedeutend grössere Linse, die eine Länge von circa 200 m und eine Breite von 50 m hat, findet sich ENE von den Hütten der Alpe Piora; sie ist auf der Karte eingetragen. Hier ist der Hornblendefels graugrün, grobkörnig und massig.

Unter dem Mikroskop unterscheidet man neben der Hornblende, die etwa 90 % des Gesteins bildet, noch Quarz, Biotit, Chlorit, Plagioklas, Karbonat, Apatit, Epidot, ferner Rutil und Eisenerz miteinander verwachsen.

Von diesen scheint Chlorit sekundär; es ist Klinochlor in Form von radialstrahligen Blättchen, parasitär in und um die Hornblende. Letztere hat eine Auslöschungsschiefe von 15° auf (010); ihre Farbe ist blass strohgelb nach a, grasgrün nach b und blassgrünlichblau nach c.

Textur: massig Struktur: kristalloblastisch.

Dieses Gestein (bei 2080 m, S des ersten « o » von « Corandoni » auf der Karte) wurde analysiert, mit folgendem Resultat.

Analyse 6. — **Hornblendefels.**

Anal. H. Roothaan.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO^2	44,14	47,5	S	47,5
TiO_2	1,09		A	1,8
Al_2O_3	11,11		C	5,1
Fe_2O_3	5,64	6,9	F	38,7
FeO	8,17		M	7,1
MnO	0,28	12,0	T	0,0
CaO	10,73		K	0,8
MgO	12,43	12,5		
K_2O	0,89	19,6	Projektionswerte.	
Na_2O	1,12	0,6	a	1,0
H_2O (+ 110°)	1,86	1,2	c	2,0
H_2O (— 110°)	0,07		f	17,0
P_2O_5	0,68	Summa 100,0		
CO_2	1,39			
Summa	99,60			
Spez. Gewicht	3,08			

Analyse, Gruppenwerte und Projektionswerte zeigen, dass das Gestein in die Gruppe der Eklogite und Amphibolite gehört, nicht in die Gruppe der Magnesiumsilikatschiefer, in welche die Hornblendefelse gewöhnlich eingereiht werden müssen. Sein Vorkommen als Einlagerung in den Amphiboliten und Garbenschiefern spricht für einen gemeinsamen Ursprung aller dieser Gesteinsarten.

Die Hornblende besitzt im Hornblendefels blassere Farben, als sie in den andern Gesteinen gewöhnlich aufweist, aber auch dort kommen mitunter ganz blasse Farben vor, namentlich in den grobkörnigen Varietäten. Diese blassen Farben

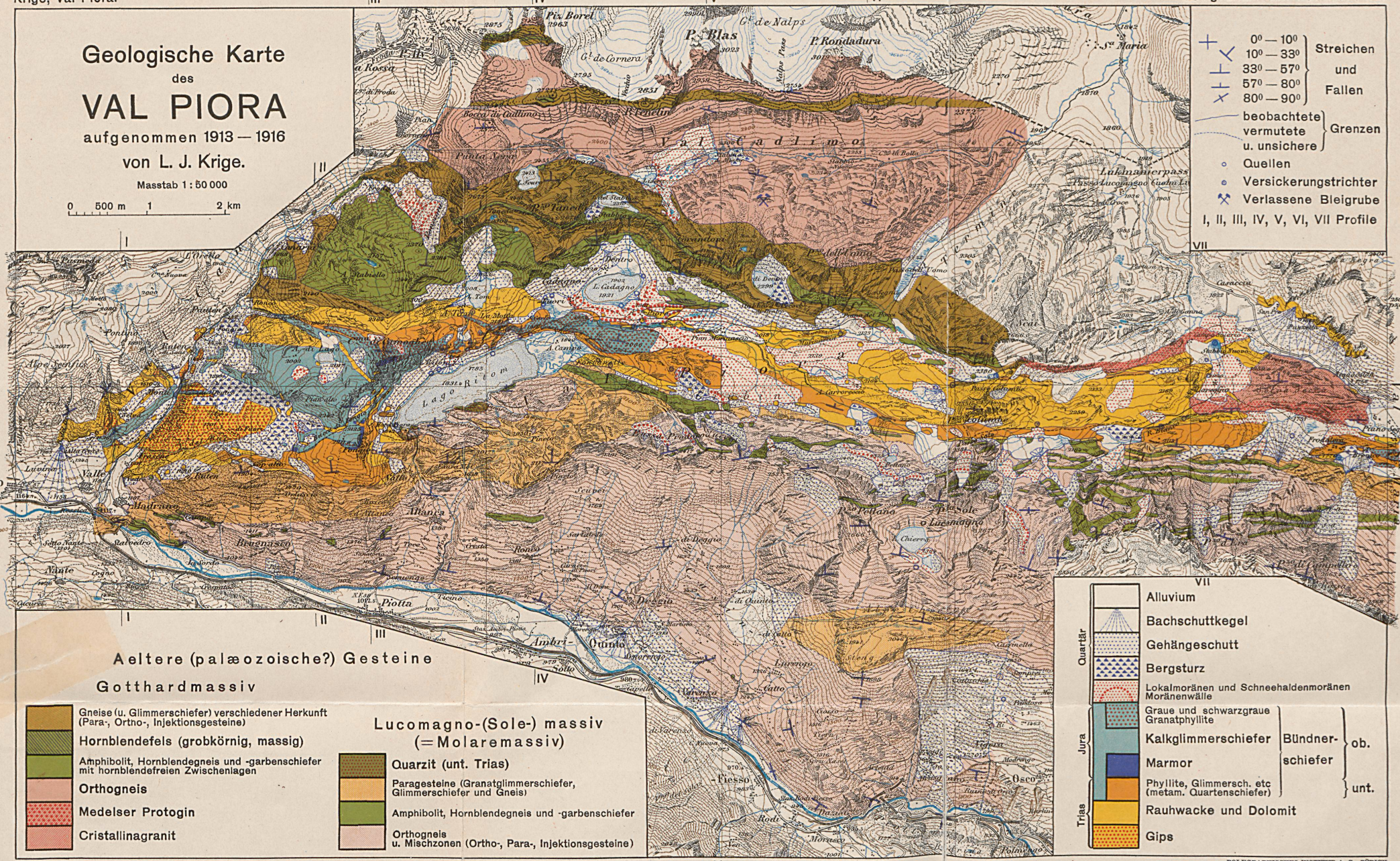
Geologische Karte des VAL PIORA

aufgenommen 1913 — 1916

von L. J. Krige.

Masstab 1 : 50 000

0 500 m 1 2 km



Ueberdruck aus dem topograph. Atlas der Schweiz, Blätter 411 u. 503, mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie.

POLYGRAPHISCHES INSTITUT A.-G., ZÜRICH

dürften auf Zunahme des Magnesiums und Abnahme des Eisens zurückzuführen sein; die Analysen scheinen diese Annahme zu bestätigen. Die Auslöschungsschiefe auf (010) hat den gleichen Wert, wie in den Amphiboliten. Es ist also wesentlich die gleiche Hornblende, die im Hornblendefels, Amphibolit und Garbenschiefer vorkommt.

Gegen einen gemeinsamen sedimentären Ursprung dieser drei Gesteinsarten scheint die massige Textur des Hornblendefelses zu sprechen; sie dürfte aber lokalen Druck- und Temperaturverhältnissen zu verdanken sein, vielleicht auch auf eine für die Hornblendebildung günstige Zusammensetzung des Ausgangsmaterials zurückzuführen sein. Die Grenze zwischen Hornblendefels und Nebengestein ist nur an einer Stelle blossgelegt, und dort scheint ein allmählicher Uebergang in Amphibolit und Garbenschiefer stattzufinden.

Meine Untersuchungen bringen mich zu der Auffassung, dass Hornblendegneis, Garbenschiefer, Amphibolit und Hornblendefels aus Sedimenten entstanden sind und dass ihre Metamorphose unter der Einwirkung von Stress stattgefunden hat. Die Pegmatit- und Aplitgänge, die gelegentlich neben den feinkörnigen Amphiboliten vorkommen und diese z. T. durchbrochen und injiziert haben, wie bei Stabbio delle Pecore und bei Piano dei Porci, scheinen nur einen ganz lokalen und beschränkten Einfluss auf das Nebengestein ausgeübt zu haben. Wahrscheinlich sind diese Gänge älter als die Hauptmasse der Hornblendegesteine. Sie haben vielleicht die mergeligen Sedimente in ihrer nächsten Nähe in Amphibolite umgewandelt, aber sichere Belege für diese Annahme fehlen. Mit Ausnahme des Hornblendefelses zeigen alle Amphibolgesteine in ihrer Struktur und Textur deutlich das Gepräge der Dynamometamorphose, die den früheren Gang der Ereignisse verwischt hat.

4. Karbonatgesteine.

Diese kommen nur selten vor und begleiten dann die Hornblendegesteine, die auch oft Karbonate führen. Das Ausgangsmaterial für die Bildung der Amphibolite und Garbenschiefer war allem Anschein nach ein dolomitischer Mergel, der bei unvollständiger Metamorphose karbonat- und silikatführende Gesteine lieferte, die in der Regel als Karbonatglimmerschiefer ausgebildet sind.

Die 3 untersuchten Dünnschliffe hatten folgenden Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Karbonat 20 bis 40 %, Plagioklas 5 bis 40 %, Quarz 0 bis 40 %, Biotit

5 bis 25 %, Serizit-Muskowit 3 bis 10 %, Granat 0 bis 10 %.

Neben- und Uebergemengteile: Chlorit, Epidot, Magnetit, Hämatit, Apatit, Zirkon.

Textur: schieferig. Struktur: grâno-lepidoblastisch.

Das Karbonat ist z. T. Kalzit, was durch die Zwillingslamellen nach (01$\bar{1}$2) bewiesen wird. Zuweilen fehlt jede Lamellierung und dürfte Dolomit oder Braunspat vorliegen. Die Plagioklase sind Oligoklasalbit, Oligoklas und Andesin. Biotit erscheint in braunen und grünen Farbentönen.

Nach ihrem Mineralbestand gehören diese Gesteine in die Familie der Kalkglimmerschiefer, der Gruppe der Kalksilikatgesteine. Durch Uebergänge sind sie mit der Gruppe der Plagioklasgneise verbunden.

5. Quarzite.

Die Glimmerschiefer, Paragneise und Hornblendegarbenschiefer gehen durch Zunahme ihres Quarzgehaltes gelegentlich in Quarzite über. Diese führen die gleichen Mineralien wie jene, aber nur Quarz als wesentlichen, alle anderen als akzessorische Gemengteile. Da sie nur selten vorkommen und nichts neues aufweisen, möchte ich auf ihre Beschreibung verzichten.

E. *Die Mulden im Cadlimogneis.*

Im nördlichen Val Cadlimo und südlich des Piz Borel befinden sich Para- und Injektionsgesteine in Form von spitzen Mulden im Orthogneis eingekeilt. Sie zeigen grosse Aehnlichkeit mit den Gesteinen der südlichen Randzone. Wie diese, bestehen sie in der Hauptsache aus Gneisen, Glimmerschiefern und Hornblendegesteinen.

1. Die Gneise.

Gewöhnlich ist es leicht, im Terrain die Injektionsgneise, die hier eine wichtige Rolle spielen, von den Ortho- und Paragestein zu unterscheiden. Injektionsfältelung ist häufig.

Die Untersuchung von 7 Dünnschliffen ergab folgenden Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Quarz 25 bis 45 %, Albit und Oligoklasalbit 20 bis 60 %, Orthoklas 0 bis 25 %, Muskowit 2 bis 10 %, Biotit 0 bis 12 %.

Nebengemengteile: Apatit, Zirkon, Magnetit.

Uebergemengteile und sekundäre Komponenten (mit Zahl der Schliffe, in welchen sie vorkommen): Granat 4, Pyrit 1, Titanit 1, Epidot und Zoisit 5, Karbonat 3, Serizit 7, Chlorit 3, Limonit 2.

Textur: schieferig.

Struktur: vorwiegend granoblastisch, stellenweise hornfelsartig, untergeordnet auch lepidoblastisch oder porphyroklastisch.

In der Mehrzahl der Schliffe ist Orthoklas ein Hauptgemengteil. Sonst ist der Mineralbestand fast identisch mit dem der Zweiglimmergneise der südlichen Randzone (S. 548). Die relativ grosse Verbreitung des Orthoklases in den Gneisen der Mulden ist ihrer geringen Entfernung von dem orthoklasreichen Cadlimogneis zu verdanken. Die Gänge und Apophysen, die hier das injizierte Gestein durchsetzen, bestehen aus orthoklasreichen Apliten. In den Ganggesteinen der Randzone hingegen, die in grösseren Entfernungen vom Cadlimogneis auftreten, habe ich nie Orthoklas angetroffen. (Es ist vielleicht gewagt, hieraus zu schliessen, dass das Verhältnis zwischen den Alkalien in einem Ganggestein sich zugunsten des Natrons verschiebt, wenn die Entfernung von dem Magmaherd zunimmt; doch vermute ich, dass das der Fall ist.)

Die untersuchten Gneise sind zum grössten Teil in einem stärkeren oder schwächeren Grad injiziert. Die orthoklasfreien führen Granat und Karbonat in grösserer Menge als die anderen und sind vielleicht rein sedimentogen. Hier möchte ich bemerken, dass ich im Pioragebiet nie in einem Paragestein Orthoklas gefunden habe. Die Temperaturen, bei welchen die Metamorphose der Sedimente stattfand, waren vermutlich zu niedrig für die Entstehung des Orthoklases, während sie für die Bildung der Plagioklase ausreichten.

2. Die Glimmerschiefer.

a) *Zweiglimmer-Granatschiefer.*

Diese Gesteine finden sich häufig neben den Gneisen. Sie haben ein ähnliches Aussehen wie in der südlichen Randzone. Unter dem Mikroskop zeigt sich folgender Mineralbestand:

Hauptgemengteile: Quarz, Muskowit, Biotit, Granat.

Akzessoria: Plagioklas, Epidot, Apatit, Eisenerz, Kohle.

Struktur: lepidoblastisch. Textur: kristallisationsschieferig, untergeordnet helizitisch.

b) *Graphitoidphylliten*

wurde nur einmal angetroffen, bei 2640 m N von Cascina la Bolla. Das schwarze, schieferige Gestein führt als Hauptgemengteile (im Dünnschliff geschätzt): Quarz 60 %, Serizit

(bis Muskovit) 30%, Graphitoid 10%, Biotit und Zirkon als akzessorische Gemengteile. Wie die anderen Glimmerschiefer ist er sedimentär.

3. Hornblendegesteine.

Die Amphibolite, Hornblendegneise und -garbenschiefer sind denen der südlichen Randzone sehr ähnlich. Südlich des Piz Borel und des Punktes 2875, wo sie den Kern der nördlichen Mulde bilden, zeigen sie oft eine ausgesprochene lineare Streckung.

Da das makroskopische Aussehen nichts neues erwarten liess, wurden nur zwei Dünnschliffe untersucht, beide von Amphiboliten. Diese zeigten den gleichen (schwankenden) Mineralbestand, wie die Amphibolite der Randzone. Die Hornblende ist noch immer dieselbe, mit a strohgelb, b grasgrün, c blaugrün, $c:c$ 14° bis 15°.

Die Hornblendegesteine sind zum grössten Teil aus mergeligen Sedimenten entstanden. Sie führen zuweilen reichlich Karbonate, hauptsächlich Braunspat, als primäre Gemengteile. Es kommen auch Amphibolite vor, die metamorphosierte Ganggesteine darstellen. Ein solcher findet sich bei 2830 m S des Piz Borel. Er scheint einem Gang anzugehören, der sich bis weit in den Orthogneis verfolgen lässt, dort aber keine Hornblende führt. Dieser Amphibolit enthält Hornblende, Oligoklas und Biotit als wesentliche Gemengteile; Quarz, Epidot, Rutil, Ilmenit und Apatit als akzessorische. Die Textur ist schieferig, die Struktur porphyroblastisch mit granoblastischem, hornfelsartigem Grundgewebe. Auch hier ist die Hornblende die gleiche, wie in den andern Gesteinen. Nur durch sein Auftreten in Form eines Ganges kann dieser von den sedimentogenen Amphiboliten unterschieden werden.

II. Das Lucomagnomassiv.

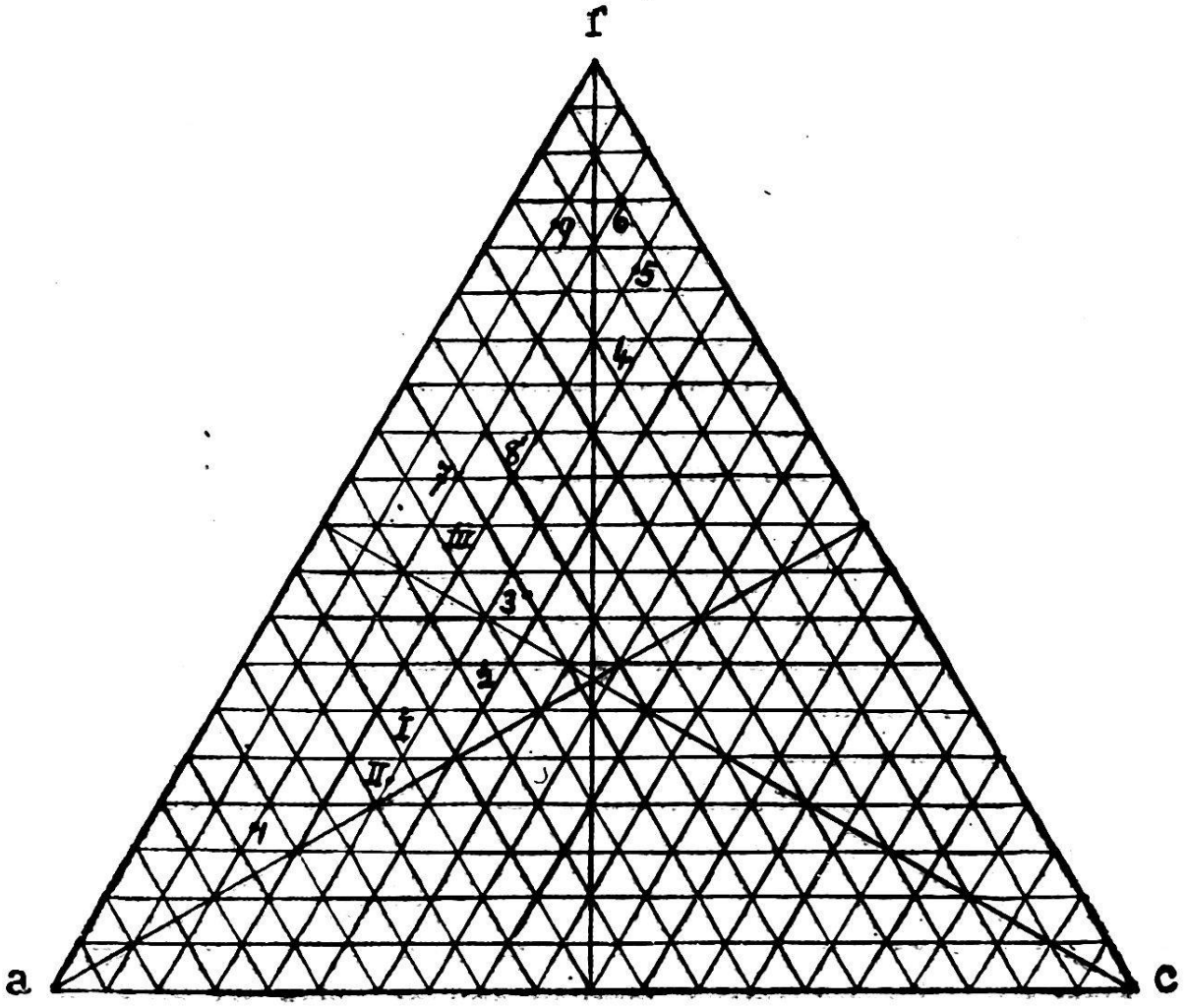
A. *Die Orthogesteine.*

Sie erscheinen in der Hauptsache als Augengneis, Lagengneis, schieferiger, flaseriger oder körniger Gneis in sehr mannigfacher Ausbildung. Pegmatit, Aplit- und Lamprophyrgänge wurden nur selten angetroffen.

1. Die Augengneise.

Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt südlich des Lago Ritom; sie finden sich aber auch an andern Stellen, wie z. B. bei

Projektion der Analysen der Gotthard- und Lucomagnogesteine.



Gotthardmassiv. — 1. Streifengneis, Punta Nera. — 2. Cristallinagranit, Val Cristallina. — 3. Zweiglimmeralbitgneis, Poncioni Negri. — 4. Hornblendegarbenschiefer bis Amphibolit, San Carlo .— 5. Epidot-Albitamphibolit, Poncioni Negri. — 6. Hornblendefels, ENE der Alpe Piora.

I. Bändergneis, südlich Val Rondadura (VAN HOLST PELLEKAAN).

Lucomagnomassiv. — 7. Muskovit-Biotitschiefer, SE des Lago Ritom. — 8. Granat-Muskowitschiefer, Forca di Pineto. — 9. Magnetitphyllit, SE der Alpe Campo.

II. Fluidalstreifiger Granit. Dazio Grande (G. KLEMM).

III. Serizitquarzit, Stalvedro (U. GRUBENMANN).

Cresta, bei Madrano und zwischen Pizzo Sole und Passo Predelp.

Die Augen haben gewöhnlich abgerundete Formen und ein geröllähnliches Aussehen. Sie erreichen öfters einen Durchmesser von 4 oder 5 cm und sind zuweilen so zahlreich, dass man glaubt ein Konglomerat vor sich zu haben. Die schönsten Beispiele solcher konglomeratähnlichen Augengneise finden

sich in der Felswand am linken Ufer der Foss etwa 20 oder 30 m vom Ausfluss des Lago Ritom und auf der Halbinsel nördlich der Mündung des Canariscio di Ritom. Oft erreichen die Augen nur noch Erbsgrösse oder sie werden seltener und verschwinden stellenweise gänzlich über grössere oder kleinere Strecken. Sie bestehen in der Regel aus Quarz und Feldspat, die kleineren oft nur aus Quarz.

An der Stelle, wo sich das « V » von « Val Piora » auf der Karte befindet, sind die Augen weniger abgerundet als sonst und bestehen nur aus Feldspat. Hier zeigt das Gestein deutlich, dass es aus einem porphyrartigen Granit hervorgegangen ist. Drei Dünnschliffe von Augengneis aus dieser Gegend besitzen folgenden Mineralbestand :

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Quarz 35 bis 45 %, Mikroperthit 10 bis 35 %, Orthoklas circa 10 %, Albit 0 bis 10 %, Serizit-Muskowit 10 bis 20 %, Biotit 2 bis 4 %.

Nebengemengteile : Apatit, Zirkon, Magnetit.

Sekundäre Komponenten : Chlorit (Pennin, aus Biotit entstanden), Limonit.

Textur : lentikular.

Struktur : porphyroklastisch mit kristalloblastischem Grundgewebe. Mikroperthit und Orthoklas bilden die Porphyroklasten. Diese sind gewöhnlich entweder von einem kataklastisch-kristalloblastischen, in der Schieferungsebene ausgewalzten Mörtelkranz umgeben, der sich von dem kristalloblastischen Grundgewebe deutlich abhebt, oder sie sind in Albit-Serizit-Streifen, die zwischen Lagen von granoblastischem Quarz liegen, eingebettet.

Quarz hat zackige Formen, ist wasserklar und zeigt nur selten undulöse Auslöschung. Orthoklas bildet oft Karlsbader Zwillinge. Undulöse Auslöschung und mikroklinartige Gitterung kommen zuweilen vor. Albit zeigt in der Regel Zwillingslamellierung. Er führt gewöhnlich parasitären Serizit, während Orthoklas nahezu serizitfrei ist. Der Mikroperthit enthält etwa 10 bis 20 % Albit.

Die konglomeratähnlichen Augengneise mit abgerundeten Augen zeigten in den neun untersuchten Dünnschliffen folgenden Mineralbestand :

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Quarz 40 bis 55 %, Orthoklas 0 bis 20 %, Albit und Oligoklasalbit 5 bis 35 %, Serizit-Muskowit 10 bis 20 %, Biotit 0 bis 10 %.

Nebengemengteile : Apatit, Zirkon, Magnetit.

Ueber- und sekundäre Gemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Mikroperthit 1, Turmalin 1,

Pyrit 3, Epidot 3, Karbonat 3, Rutil 2, Chlorit 9, Limonit 7.

Textur : lentikular.

Struktur : porphyroklastisch mit kristalloblastischem, z. T. auch kataklastischem Grundgewebe. Die Porphyroklasten bestehen aus Feldspat. Sie sind von einem Mörtelkranz umgeben, dessen Trümmer in der Schieferungsebene angehäuft sind, so dass die Augen oft ein gestrecktes, linsenförmiges Aussehen bekommen. Zuweilen enthält ein Auge mehrere Porphyroklasten, die Bruchstücke eines Feldspatkristalls sind, neben Trümmermaterial und aus ihm entstandenen Quarz und Serizit.

Hier sind die Feldspäte Orthoklas, Albit und Oligoklasalbit. Mikroperthit wurde nur in einem Dünnschliff (in Form von grossen Porphyroklasten) angetroffen. Die Feldspäte enthalten immer parasitären Quarz und Serizit, zuweilen in grossen Mengen. Orthoklas zeigt oft undulöse Auslöschung oder verschwommene mikroklinartige Gitterstruktur. Albit und Oligoklasalbit besitzen häufig Schachbrettstruktur, wenn sie porphyroklastisch auftreten. Sonst haben sie die gewöhnlichen Albit-Zwillingslamellen, die aber auch oft fehlen. Zuweilen findet sich Albit am Rand von Orthoklas-Porphyroklasten angehäuft. Hier scheint der Albit aus Orthoklas hervorgegangen zu sein, oder, was wahrscheinlicher ist, beide sind aus der Entmischung von Mikroperthit entstanden. Wo Feldspat als Füllmasse zwischen Quarzkörnern und Glimmerblättern auftritt (und später als diese auskristallisiert ist) ist es immer Plagioklas, nie Orthoklas. Quarz besitzt zackige, ineinandergreifende Gestalten. Er ist wasserklar und zeigt gelegentlich schwach undulöse Auslöschung.

Diese Abart des Augengneises unterscheidet sich von der früheren hauptsächlich dadurch, dass der Albitgehalt bedeutend zugenommen hat, während Mikroperthit, der früher die Hauptrolle spielte, nur noch ganz ausnahmsweise angetroffen wird. Dieser Umstand dürfte durch die Entmischung des Mikroperthits in Orthoklas und Albit unter dem Einfluss der Kataklase zu erklären sein. Der Albit blieb erhalten, ein Teil des Orthoklases wurde in Quarz und Serizit zerlegt. Nun ist es auffallend, dass nach den angegebenen Mengen der Hauptgemengteile, der Quarzgehalt wohl zugenommen hat, der Serizitgehalt aber gleich geblieben ist. Da die Schnitte immer durch die Augen gelegt wurden, ist es klar, dass die Komponenten, die diese aufbauen, gegenüber denen des Grundgewebes im Dünnschliff viel zu stark vertreten sind. In grösseren Dünnschliffen, in denen das Grundgewebe mehr

zur Geltung kommt, wird die relative Menge des Serizits wahrscheinlich auch grösser sein. Die Augengneise zeigen grosse Aehnlichkeiten mit den von STAUB beschriebenen Myloniten, vor allem mit seinem Typus *C* (Lit. 39, S. 75).

Wo die Kataklase und die sie begleitende Metamorphose intensiver gewirkt haben, findet man an der Stelle der Augengneise

a) *Quarzreiche Phyllite bis Muskowitschiefer.*

Diese unterscheiden sich von den Augengneisen makroskopisch fast nur durch das Fehlen von Augen, an deren Stelle zuweilen kleine Linsen und Schlieren treten, die gewöhnlich nur aus Quarz bestehen. Es sind grünlichgraue, fein- bis mittelkörnige, schieferige Gesteine.

Die fünf untersuchten Dünnschliffe zeigten folgenden Mineralbestand :

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Quarz 65 bis 80 %, Serizit-Muskowit 20 bis 35 %.

Neben-, Ueber- und sekundäre Gemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Orthoklas 2, Albit 1, Zirkon 5, Apatit 5, Magnetit 5, Pyrit 1, Hämatit 1, Limonit 2, Epidot 3, Turmalin 1, Biotit 1, Chlorit 1.

Textur : lentikular-schieferig bis schieferig.

Struktur : grano- bis lepidoblastisch.

Die Quarzkörner, die auch hier zackige Formen aufweisen, führen oft kleine Serizitschuppen als Einschlüsse. Beide sind wahrscheinlich z. T. aus Feldspat entstanden, von dem Reste zuweilen noch vorhanden sind, Magnetit erscheint immer in oder neben dem farblosen Glimmer, mit dem er vielleicht aus Biotit entstanden ist.

Es scheint fast unglaublich, dass diese Phyllite aus Eruptivgesteinen entstanden sind. Sie treten aber neben den Augengneisen auf und sind durch Zwischenglieder (feldspatarme Gneise) mit diesen verbunden, so dass die Annahme eines gemeinsamen Ursprungs aus granitischen Gesteinen wohl berechtigt erscheint. Das Vorkommen von Serizit und Muskowit nebeneinander zeigt, dass die Metamorphose der Augengneise und Phyllite an der unteren Grenze der oberen Zone stattfand, tief genug für die teilweise Ersetzung der kataklastischen Struktur durch die kristalloblastische, aber zu wenig tief um sie vollständig zu verwischen.

2. Die körnigen Orthogneise.

Körnige, granulitartige Gneise, gewöhnlich glimmerarm und mit aplitischem Aussehen, finden sich häufig in der Gegend zwischen Passo Comasnengo und Pizzo Lucomagno, nördlich von Altanca, bei Deggio und an anderen Stellen. In sieben Dünnschliffen von verschiedenen Lokalitäten zeigten diese Gneise folgenden Mineralbestand :

Hauptgemengteile : Quarz 20 bis 55 %, Orthoklas 0 bis 25 %, Albit 10 bis 70 %, Muskowit 0 bis 5 % (beide Glimmer 1 bis 10 %).

Neben-, Ueber- und sekundäre Gemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie angetroffen wurden) : Apatit 5, Zirkon 5, Erze (Magnetit, Pyrit, Limonit) 7, Chlorit 6, Rutil 1, Granat 1.

Textur : annähernd massig im Dünnschliff.

Struktur : granoblastisch.

Quarz erscheint in rundlichen und zackigen Formen mit einem Durchmesser von 0,05 bis etwa 2 mm. Undulöse Auslöschung in einem schwachen Grad kommt nur selten vor. Orthoklas zeigt auch zuweilen undulöse Auslöschung oder mikroklinartige Gitterstruktur. Untergeordnet tritt er mit Albit in Gestalt in Mikroperthits auf. Albit besitzt rundliche und zackige Formen, dessen Durchmesser gewöhnlich zwischen 0,1 und 1 mm liegt. Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz ist häufig. Periklinlamellen und Schachbrettstruktur zeigen sich nur selten. Myrmekit kommt gelegentlich vor. Die Feldspäte führen zuweilen parasitären Serizit.

Nach Mineralbestand und Struktur müssen diese Gesteine zu den Meso-Alkalifeldspatgneisen gezählt werden.

3. Die schieferigen, flaserigen und Lagengneise.

In dem von mir kartierten Teil des Lucomagnomassivs sind die Orthogneise meistens schieferige oder flaserige Gesteine. Lagengneise treten gelegentlich zwischen den andern Modifikationen auf. In den sieben untersuchten Dünnschliffen zeigte sich folgender Mineralbestand :

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Quarz 25 bis 70 %, Orthoklas 0 bis 30 %, Albit 0 bis 35 % (beide Feldspäte 20 bis 50 %), Muskowit 5 bis 20 %, Biotit 1 bis 8 %.

Neben-, Ueber- und sekundäre Gemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Zirkon 6, Apatit 5, Erze (Magnetit, Pyrit, Limonit) 6, Granat 1, Rutil 1, Epidot und Zoisit 4, Kalzit 2, Chlorit 6, Serizit 6.

Textur: schieferig, untergeordnet lentikular oder gebändert.
Struktur: vorwiegend granoblastisch.

Die verschiedenen Komponenten haben ein ähnliches Aussehen wie in den körnigen Gneisen. Ihre relativen Mengen haben sich aber geändert; beide Glimmer haben stark zugenommen, weniger auch Quarz, während Feldspat abgenommen hat. Auch dieses Gestein gehört zu den Meso-Alkalifeldspatgneisen.

Im südlichen Teil meiner Karte (Monte Piottino und Umgebung) ist die Strukturebene des Gneises gewöhnlich nur schwach markiert. Die Schieferung hat bedeutend nachgelassen, und oft sind die Absonderungsflächen so undeutlich, dass es ganz unmöglich ist Streichen und Fallen zu messen. Die Textur des Gneises in der Dazio-Grande-Schlucht ist von ALBERT HEIM eingehend beschrieben worden, und ich verweise auf seine Arbeit, die mit Gesteinsphotographien und Zeichnungen ausgestattet ist (Lit. **17**, S. 205-226). Nach SE nimmt das Gestein mehr und mehr die charakteristische Textur an, die für die Tessiner Gneise typisch ist.

Unter den von KLEMM veröffentlichten Analysen (Lit. **20**) befindet sich auch die eines Gesteines vom Dazio Grande, die an dieser Stelle wiederholt werden dürfte.

Analyse II. — **Fluidalstreifiger Granit, Dazio Grande bei Rodi.**
Anal. Dr. BUTZBACH.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	73,23	80,7	S	80,7
TiO_2	0,25		A	5,8
Al_2O_3	13,75	8,9	C	2,1
Fe_2O_3	0,99		F	2,4
FeO	0,83	1,7	M	0,0
FeS_2	0,24		T	1,0
CaO	1,79	2,1	K	1,9
MgO	0,43	0,7		
K_2O	4,34	3,0	Projektionswerte.	
Na_2O	2,61	2,8	a	11,5
P_2O_5	0,36	Summa 99,9	c	4,0
CO_2	0,11		f	4,5
H_2O (+ 110°)	0,82			
H_2O (— 110°)	0,00			
Summa	99,75			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte sind typisch für die Gruppe der Alkalifeldspatgneise. Sie zeigen grosse Aehnlichkeiten mit denen der Streifengneise von Val Cadlimo (vergl. Analyse 1, S. 543 und Analyse I, S. 544).

4. Die Ganggesteine.

Aplitische Gänge finden sich ziemlich häufig im nördlichen Teil des Lucomagnomassivs, zwischen Passo Cristallo und Pizzo di Campello, wo sie die anderen Gesteine durchbrochen und stellenweise injiziert haben. Anderswo kommen sie selten vor. Pegmatite und Lamprophyre wurden nur an wenigen Stellen angetroffen.

Nur ein Ganggestein wurde im Dünnschliff untersucht, nämlich ein Plagioklaspegmatit vom Passo Sole. Neben Oligoklas führt er Quarz, Pennin, Muskowit und Biotit in kleineren Beträgen, während Magnetit, Limonit, Zirkon, Epidot und Rutil spurenweise vorhanden sind.

B. *Die Paragesteine.*

Im Lucomagnomassiv ist es oft schwierig oder sogar unmöglich, mit Bestimmtheit die Herkunft eines Gesteins festzustellen. Es war mir deshalb nicht möglich, die Paragesteine von denen eruptiven oder gemischten Ursprungs auf der Karte zu trennen, ausgenommen dort, wo die Verhältnisse besonders klar zu liegen schienen. Hier möchte ich nur sagen, dass die Paragesteine am Nordrand des Massivs und am Nordufer des Tessins zwischen Airolo und Varenzo vorwiegen. Sie bestehen zum grössten Teil aus Gneisen und Granatglimmerschiefern.

1. Die Paragneise.

Die Paragneise sind in der Regel mehr oder weniger schieferige Gesteine mit feiner bis mittlerer Korngrösse. Das unbewaffnete Auge erkennt dunklen und hellen Glimmer und Quarz, selten Plagioklas. Die zwei letzten Komponenten bilden zuweilen Linsen und Flasern, die mit einer Glimmerhaut überzogen sind. Die Dünnschliffe von 11 Gesteinen, die ich als sedimentogene betrachte, zeigten folgenden Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Quarz 20 bis 70 %, Plagioklas 10 bis 35 %, Biotit 3 bis 30 %, Serizit-Muskowit 0 bis 30 % (gesamter Glimmer 6 bis 50 %), [Granat 0 bis 15 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden): Erze (Magnetit, Ilmenit, Pyrit) 11, Apatit 10, Zirkon 9, Chlorit 8, Epidot und Zoisit 6, Rutil 5, Disthen 3, Staurolith 3, Turmalin 2, Hornblende 1, Karbonat 1.

Textur: schwach schieferig.

Struktur: vorwiegend granoblastisch; ausnahmsweise tritt Biotit porphyroblastisch oder Plagioklas poikiloblastisch auf.

Quarz erscheint in wasserklaren, zackig ineinander grei-

fenden oder auch polygonalen Körnern, deren Durchmesser meistens zwischen 0,05 und 1 mm liegt. Undulöse Auslöschung kommt nur selten vor. Plagioklas wird in der Regel durch Oligoklasalbit und Oligoklas vertreten; in vereinzelten Fällen findet man auch Albit oder Andesin. Zwillinglamellen sind nicht häufig und fehlen oft im Dünnschliff. Karlsbader Zwillinge wurden auch einmal angetroffen, und zwar ohne von Albitstreifen begleitet zu sein. Von Kristallflächen ist keine Spur zu sehen. Parasitärer Serizit lässt sich öfters nachweisen. Biotit zeigt die gewöhnlichen Farben: $\perp c$ braun, $\parallel c$ strohgelb. Der farblose Glimmer nimmt auch hier eine mittlere Stellung zwischen Serizit und Muskowit ein. Granat besitzt die Form von rundlichen Körnern oder annähernd idioblastischen Rhombendodekaëdern, deren Durchmesser in der Regel zwischen 0,05 und 0,5 mm schwankt. Diese kleinen Granate scheinen fast nie zu fehlen.

Wie aus dem angegebenen Mineralbestand ersichtlich ist, gibt es granatreiche (mit 5 bis 15 % Granat) und granatarme Paragneise; in den untersuchten Gesteinen halten sie sich das Gleichgewicht. Der Glimmergehalt ist oft etwas kleiner in granatreichen Gneisen und Muskowit scheint nur in diesen zum Verschwinden zu gelangen. Es lassen sich drei Arten unterscheiden:

1. Zweiglimmerplagioklasgneise;
2. Granat-Biotit-Plagioklasgneise;
3. Granat-Zweiglimmer-Plagioklasgneise.

Es dürfte noch bemerkt werden, dass Biotit nur in Vertretern der ersten Art in Gestalt von Porphyroblasten angetroffen wurde. Nach ihrem Mineralbestand gehören die beschriebenen Gesteine meistens in die Gruppe der Plagioklasgneise, in die zweite bis dritte Ordnung. Die glimmerreichsten Glieder müssen zu den Tonerdesilikatgneisen gerechnet werden.

2. Die Glimmerschiefer.

Diese sind fein- bis mittelkörnige, schieferige Gesteine, die am Nordrand des Lucomagnomassivs häufig auftreten und besonders S und SE der Alpe Campo, sowie in der Umgebung des Hotels Piora und weiter südlich, verbreitet sind. Das untersuchte Material stammt alles von diesen Gegenden. Unter dem Mikroskop ergab sich folgender Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 8 Dünnschliffen): Quarz 25 bis 65 %, Serizit-Muskowit 10 bis 60 %, Biotit 2 bis 20 % (gesamter Glimmer 20 bis 25 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden): Erze (Magnetit, Limonit,

Pyrit) 8, Zoisit-Epidot 7, Plagioklas 6, Apatit 7, Zirkon 6, Chlorit 5, Granat 4, Turmalin 3, Karbonat 2, Disthen 2, Staurolith 1, Rutil 1.

Textur: undeutlich schieferig bis kristallisationsschieferig, zuweilen gestreckt.

Struktur: vorwiegend lepidoblastisch, seltener granoblastisch oder porphyroblastisch, vereinzelt auch blastopsammitisch. Biotit, Granat, Epidot und Pyrit bilden die seltenen und relativ kleinen Porphyroblasten.

Die Quarzkörner greifen zackig ineinander oder passen wie Mauerwerk zusammen, ausnahmsweise besitzen sie auch abgerundete Formen; sie führen mitunter kleine Seriziteinschlüsse und zeigen ab und zu schwache undulöse Auslöschung. Biotit ist gewöhnlich braun, untergeordnet auch olivgrün ∥ der Basis, strohgelb ⊥ dazu. Die anderen Komponenten verdienen keine spezielle Bemerkung. Nach ihrem Mineralbestand gehören die Glimmerschiefer in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise. Die quarzreichsten Glieder bilden Uebergänge zur Gruppe der Quarzitgesteine. Für die Analyse wurde ein Glimmerschiefer vom SE Ende des Lago Ritom gewählt. Im Dünnschliff liess sein Mineralbestand sich folgendermassen schätzen: Quarz 50 %, Muskowit 35 %, Biotit 10 %, Oligoklas, Karbonat, Epidot, Rutil, Apatit, Zirkon, Magnetit und Turmalin in kleinen Beträgen.

Analyse 7. — **Muskowit-Biotitschiefer, SE des Lago Ritom.**

Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	71,86	79,3	S	79,3
TiO_2	0,56			
Al_2O_3	13,46	8,7	A	4,3
			C	1,3
Fe_2O_3	2,85	3,0	F	6,4
FeO	0,68		M	0,0
MnO	0,02			
CaO	1,11	1,3	T	3,1
MgO	2,07	3,4	K	2,3
K_2O	5,44	3,8	Projektionswerte.	
Na_2O	0,42	0,5		
H_2O (+ 110°)	1,71		a	7,0
H_2O (— 110°)	0,09	Summa 100,0	c	2,0
P_2O_5	0,00		f	11,0
CO_2 [1]	0,35			
Summa	100,62			
Spez. Gewicht	2,74			

[1] Glühverlust ohne H_2O.

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte sind nicht gerade typisch für die Gruppe der Tonerdesilikatgneise, sondern neigen etwas nach den Alkalifeldspatgneisen und Quarzitgesteinen. Das kommt von dem hohen Quarzgehalt und den durch diesen bedingten grossen Wert für Kieselsäure, welche die Tonerdemenge herunterdrückt.

3. Die Granatglimmerschiefer.

Granatglimmerschiefer sind im nördlichen Lucomagnomassiv sehr verbreitet, besonders südlich des Augengneises beim Ritomsee. Es sind mittelkörnige, mehr oder weniger schieferige, auch gebänderte oder lentikulare Gesteine, in denen Quarz, Glimmer und rotbraune, bis erbsgrosse Granate immer von blossem Auge erkannt werden. Quarz bildet oft Linsen und Lagen, die etwa 10 cm mächtig werden können und Meterlänge erreichen. Diese sind von einer Glimmerhaut überzogen und zeigen häufig Fältelungen, wie z. B. am Fussweg bei Valle, wo sie sehr schön hervortreten. Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen in 9 Dünnschliffen geschätzt): Quarz 30 bis 50 %, Granat 10 bis 35 %, Serizit-Muskowit 10 bis 35 %, Biotit 2 bis 25 % (gesamter Glimmer 15 bis 50 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden): Erze (Magnetit, Ilmenit, Limonit) 9, Plagioklas 6, Apatit 6, Zirkon 5, Chlorit 5, Staurolith 4, Turmalin 3, Epidot 2, Disthen 2, Karbonat 1, Rutil 1, Kohlige Substanz 1.

Textur: vorwiegend kristallisationsschieferig, untergeordnet auch gefältelt oder lentikular.

Struktur: gewöhnlich porphyroblastisch mit grano- bis lepidoblastischem Grundgewebe. Die Porphyroblasten werden in der Regel nur durch Granat gebildet, ausnahmsweise auch durch Biotit und Staurolith. Zuweilen bleiben die Granate klein und erscheint die Struktur grano-lepidoblastisch.

Granat findet sich in rundlichen oder unregelmässigen, siebartig durchlöcherten Gestalten, selten in annähernd idioblastischen, und dann einschlussarmen Rhombendodekaëdern, die in der Grösse gegenüber den vorigen sehr zurückbleiben. Die Quarz- und anderen Einschlüsse in den Granaten sind zuweilen in S-förmig gewundenen Linien angeordnet. Diese Torsionstextur ist auf eine Drehung der Granate während ihres Wachstums zurückzuführen. Da die gleiche Erscheinung auch bei den Granatphylliten der Pioramulde vorkommt und dort ausführlich besprochen wird, scheint es mir unnötig, hier mehr darüber zu sagen (siehe weiter unten *D*. Bündner-

schiefer, Abschnitt 5, Die Granatphyllite). Die anderen Hauptkomponenten verhalten sich wie in den Glimmerschiefern und Paragneisen (Biotit || *c* strohgelb, ⊥ *c* braun; farbloser Glimmer z. T. Serizit, z. T. (hier vorwiegend) Muskowit; Quarz in polygonalen Körnern oder zackigen Formen, zuweilen mit schwach undulöser Auslöschung).

In den soeben erwähnten Gesteinen, wie auch hier, erscheint Turmalin in Gestalt von kleinen, automorphen Säulchen, ganz wie in den noch zu beschreibenden Bündnerschiefern der Pioramulde. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese Turmalinkriställchen, wie die Komponenten der Bündnerschiefer (in Piora) überhaupt, aus sedimentärem Material gebildet wurden, und nicht eine pneumatolytische, sondern eine dynamometamorphe Entstehung hatten. Es wird von Interesse sein, durch eine Analyse festzustellen, ob Turmalin hier seinen gewöhnlichen Chemismus besitzt. Leider habe ich diese Untersuchung nicht vorgenommen. Die weiteren Gemengteile bieten nichts neues.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Granatglimmerschiefer in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise eingereiht werden, wo sie an die obere Grenze der zweiten Ordnung gehören. Für die Analyse diente ein Gestein von der Forca di Pineto, mit folgendem (geschätztem) Mineralbestand: Quarz 50 %, Muskowit 35 %, Biotit 2 %, Granat 12 %, Erz, Zirkon, Turmalin, kohlige Substanz in kleinen Beträgen.

Analyse 8. — **Granat-Muskowitschiefer, Forca di Pineto.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	64,73	74,8	S	74,8
TiO_2	1,01		A	3,8
P_2O_5	0,11	—	C	1,9
Al_2O_3	18,62	12,6	F	7,0
Fe_2O_3	2,21	5,8	M	0,0
FeO	3,85		T	6,9
MnO	0,19		K	2,2
CaO	1,56	1,9		
MgO	0,69	1,2	Projektionswerte.	
K_2O	4,13	3,0	a	6,0
Na_2O	0,69	0,8	c	3,0
H_2O (+ 110°)	2,12	Summa 100,1	f	11,0
H_2O (— 110°)	0,11			
C (Spur) nicht bestimmt				
Summa	100,02			
Spez. Gewicht	2,78			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte passen gut in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise. Die sedimentogene Herkunft der Granat-Glimmerschiefer, die aus Mineralbestand, Struktur und Textur hervorgeht, wird auch durch die Analyse bewiesen (durch hohen Tonerdegehalt, Vorherrschen von Kali über Natron, grosse Werte für T und K).

4. Die Staurolith-Granatphyllite.

Diese finden sich zuweilen zwischen den Granatglimmerschiefern, so z. B. bei 1910 m S des Fongio, bei 2070 m NNW des Passo Cristallo und im Tälchen S des Punktes 2113 (SW von Lareggio). Sie sehen den genannten Gesteinen einigermassen ähnlich, sind aber bedeutend reicher an Serizit und ärmer an Quarz, weshalb sie feinere Texturen aufweisen. In den drei untersuchten Dünnschliffen wurde folgender Mineralbestand festgestellt:

Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung): Serizit 35 bis 65 %, Quarz 5 bis 20 %, Staurolith 6 bis 25 %, Granat 10 bis 15 %.

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden): Biotit 3, Chlorit 3, Erze 3, Rutil 3, Turmalin 2, Apatit 1, Zirkon 1, Disthen 1, Epidot 1, Chloritoid 1, kohlige Substanz 1.

Textur: gefältelt oder schieferig.

Struktur: porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe. Die Porphyroblasten bestehen aus Staurolith und Granat, untergeordnet auch aus Biotit und Disthen.

Staurolith erscheint meistens in einschlussarmen, idioblastischen Säulen, die oft nach (232) oder auch nach (032) verzwillingt sind. Seltener besitzt er unregelmässige Begrenzung und ausgesprochene Siebstruktur, wie sie bei Granat sehr häufig vorkommen. Letzterer tritt oft auch in rundlichen Formen auf, gewöhnlich ohne Kristallflächen. Die siebartigen Granate zeigen zuweilen Torsionstextur, als Folge einer Drehung während ihres Wachstums. Staurolith lässt diese Erscheinung kaum bemerken, scheint somit eine etwas spätere Bildung darzustellen. An einer Stelle zeigt Disthen Biegung und undulöse Auslöschung neben idioblastischem, in keiner Weise deformiertem Staurolith; dieser ist hier also nach jenem entstanden. Der farblose Glimmer ist immer Serizit, nie Muskowit. In Querschliffen hat er ein scheinbar faseriges Aussehen und weist gewöhnlich intensive Fältelung auf, die sich zuweilen auch durch die Porphyroblasten verfolgen lässt. Nach ihrem Mineralbestand gehören die Staurolith-Granatphyllite in die dritte Ordnung der Tonerdesilikatgneis-Gruppe.

5. Magnetit-Glimmerschiefer.

Die phyllitischen Glimmerschiefer, die S und SE der Alpe Campo auftreten, führen oft reichlich Eisenerz, dessen Gehalt stellenweise so zunimmt, dass er zum Hauptgemengteil wird. Eigentliche Magnetit-Glimmerschiefer wurden an zwei Stellen gefunden: bei 1850 m S der Alpe-Campo-Hütten, und bei 1930 m im Bett und an den Ufern des vom Seelein bei Bassa Prodoroduccio herunterfliessenden Baches. Beim letzteren Fundort erscheint das magnetitreiche Gestein in schmalen (etwa 5 cm breiten) Lagen zwischen den Glimmerschiefern und Granatglimmerschiefern, in die es allmählich übergeht. Hier bildet das Erz Porphyroblasten, die bis Erbsgrösse erreichen, in der Regel aber etwas kleiner sind. Unter dem Mikroskop zeigte sich folgender Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 3 Dünnschliffen): Quarz 30 bis 45 %, Magnetit 10 bis 30 %, Serizit-Muskowit 10 bis 40 %, [Biotit Spur bis 20 %], (gesamter Glimmer 30 bis 40 %).

Neben- und Uebergemengteile: Apatit, Zirkon, Epidot, Plagioklas, Turmalin, Chlorit.

Textur: gewöhnlich kristallisationsschieferig.

Struktur: vorwiegend porphyroblastisch, untergeordnet lepido- bis granoblastisch.

Das Erz ist zum grössten Teil in den Porphyroblasten untergebracht, findet sich aber auch im Grundgewebe verteilt. Es zeigt nirgends Kristallflächen, sondern bildet abgerundete, längliche oder auch unregelmässig begrenzte Formen. Biotit ist gewöhnlich braun ∥ der Basis, strohgelb ⊥ dazu. Ab und zu machen sich auch grünlichbraune bis bräunlichgrüne Farbentöne bemerkbar, die einem Uebergang zwischen dem braunen Biotit und Chlorit entsprechen. Die Biotitblätter treten auch zuweilen einsprenglingsartig auf und sind oft quer zur Schieferung gestellt. Der farblose Glimmer ist neben Quarz der wichtigste Bestandteil des Grundgewebes und der Hauptträger der Schieferigkeit.

Bei den Magnetit-Porphyroblasten verhält sich das Grundgewebe stellenweise, als ob es durch das Wachsen der ersteren nach beiden Seiten senkrecht zur Schieferungsebene zusammengepresst wurde, während im Druckschatten Quarzkörner sich anhäuften. Die Porphyroblastenbildung und die Entstehung der Schieferung waren aber vermutlich weniger heftig als man vom letzten Satz verstehen könnte. Auch dürften beide Vorgänge mehr oder weniger gleichzeitig stattgefunden haben.

Ein schieferiges Gestein mit reichlichen Magnetit-Porphyroblasten, von der erwähnten Fundstelle im Bachbett, wurde der chemischen Analyse unterworfen, mit nachstehendem Resultat. Der Mineralbestand wurde im Dünnschliff folgendermassen geschätzt: Erz, Quarz und Serizit (bis Muskowit) je 30 bis 35 %, Epidot, Biotit, Apatit und Zirkon in kleinen Beträgen.

Analyse 9. — **Magnetitphyllit, 1930 m am Bach SE der Alpe Campo.**
Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	47,05	58 0	S	58,0
TiO_2	3,27		A	4,1
P_2O_5	0,63	—	C	1,7
Al_2O_3	11,54	8,0	F	28,1
Fe_2O_3	21,72		M	0,0
FeO	5,00	24,2	T	2,2
MnO	0,08		K	1,0
CaO	1,37	1,7		
MgO	2,24	3,9	Projektionswerte.	
K_2O	4,86	3,6	a	2,5
Na_2O	0,47	0,5	c	1,0
H_2O (+ 110°)	1,72	Summa 99,9	f	16,5
H_2O (— 110°)	0,08			
Summa	100,03			
Spez. Gewicht	3,09			

Die Analyse beweist, dass das Erz Titanomagnetit ist. Der hohe Eisengehalt zeigt sich immer noch bedeutend niedriger als er gewöhnlich in der Gruppe der Eisenoxydgesteine ist. Trotzdem passt die Analyse am besten in diese Gruppe, und muss der Titanomagnetitphyllit hier eingereiht werden. Durch seinen hohen Tonerdegehalt (T = 2,2) neigt er nach der Tonerdesilikatgneisgruppe.

6. Hornblendegesteine.

Diese sehen denjenigen des Gotthardmassivs ähnlich, nur weichen hier im allgemeinen die Hornblendegarbenschiefer sehr zurück den Amphiboliten gegenüber. Die Art des Auftretens ist auch eine etwas andere; statt in grosse, zusammenhangende Zonen, sind die Hornblendegesteine im Lucomagnomassiv in viele kleine, zerstreute Vorkommnisse verteilt. Auch unter dem Mikroskop bieten die Lucomagno-Amphibolite (Garbenschiefer wurden nicht untersucht) nicht viel Neues.

Nach Mineralbestand, Textur und Struktur unterscheiden sie sich kaum von den Gotthardgesteinen. Die Hornblende zeigt ungefähr die gleichen Axenfarben, nur scheint das Blau mehr zur Geltung zu kommen: a strohgelb, b grasgrün, c grünlichblau. In neun von den zwölf untersuchten Dünnschliffen wurden Schnitte nach dem seitlichen Pinakoid gefunden und konnte die Auslöschungsschiefe gemessen werden. Die erhalhaltenen Werte für c : *c* schwankten zwischen 13° und 18° und waren im Mittel 15°. Diese Zahlen sind den früheren durchaus gleich (siehe S. 559 u. 564).

Wenn die Amphobilite des Lucomagnomassivs makroskopisch wie auch mikroskopisch keine neuen Eigenschaften aufweisen, so werfen sie doch etwas Licht auf die Frage ihrer Herkunft, indem sie die Richtigkeit der schon gewonnenen Anschauung, dass sie aus karbonatreichen Sedimenten hervorgegangen sind (siehe S. 567), beweisen. An verschiedenen Stellen wurden Karbonatgesteine neben Amphyboliten angetroffen, und zwar so, dass der Uebergang der einen in die anderen aufs deutlichste klargelegt wird. Es dürfte vielleicht angezeigt sein, folgende Punkte, wo diese Erscheinung gut zu sehen ist, hier anzugeben: bei 2170 m am Südufer des R. Bianco (hier wird Hornblende von Strahlstein begleitet), bei 2235 m N des zweiten «d» von «Prodoroduccio», bei 2430 m N des «5» von «2459» (W des Passo Comasnengo) und etwa in der gleichen Höhe NW dieses Punktes (2459). Bei den erwähnten Stellen befinden sich nur sedimentogene Gesteine, und es ist klar, dass die Bildung der Hornblende hier durch Dynamometamorphose stattfand.

Es wurde öfters konstatiert, dass Amphibolit von granitisch-aplitischen Gängen und Apophysen durchbrochen (und z. T. eingeschmolzen?) wird, so z. B. bei 2330 m N des «or» und bei 2275 m N des «do» von «Prodoroduccio», bei 2285 m S des Seeleins 2184, durch den der R. Bianco fliesst, sowie zwischen diesem Bache und dem Passo Predelp. Stellenweise erscheinen auch Turmalinstengel in Amphibolit, und schöne Turmalinsonnen wurden bei etwa 1990 m, am rechten Ufer des vom Seelein bei Bassa Prodoroduccio herunterfliessenden Baches, in einer Spalte in Amphibolit gefunden. Das Auftreten von Turmalinsonnen ist auf Pneumatolyse zurückzuführen, scheint mir aber zufällig zu sein und nichts mit der Entstehung des Amphibolits zu tun zu haben.

Das saure Eruptivgestein, das den Amphibolit durchbrochen hat, dürfte ihn öfters kontaktmetamorph beeinflusst haben. An den Kontaktstellen lässt der Amphibolit zuweilen Unter-

schiede gegenüber seinem gewöhnlichen Verhalten erkennen. Die Hornblendesäulchen scheinen kurze, dicke Formen angenommen zu haben und mehr oder weniger richtungslos angeordnet zu sein. Diese ganze Erscheinung habe ich aber nicht weiter untersucht und im Dünnschliff überhaupt nicht verfolgt, weshalb es keinen Zweck hat, hier mehr darüber zu sagen. Für mich steht es fest, dass die Hauptmasse der Hornblendegesteine im Pioragebiet aus Sediment durch Dynamometamorphose entstanden ist. Durch den Kontakt mit magmatischem Gestein wurden die Amphibolite zuweilen beeinflusst, aber ob sie dadurch entstanden sind oder nur etwas verändert wurden, kann ich nicht entscheiden.

7. Karbonat-Glimmerschiefer.

Wie schon erwähnt (S. 585), finden sich neben den Amphiboliten zuweilen karbonatreiche Gesteine, die gewöhnlich als Karbonat-Glimmerschiefer ausgebildet sind. Diese erscheinen auch in Form von Linsen in den anderen Paragesteinen, an vereinzelten Stellen, meistens am Nordrand des Massivs, wie z. B. westlich von Valle und im Bachbett SE der Alpe Campo. In zwei Dünnschliffen wurde folgender Mineralbestand festgestellt:

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Quarz 25 bis 40 %, Karbonat 20 bis 35 %, Muskowit 10 bis 20 %, Biotit 10 bis 15 %.

Neben-, Ueber- und sekundäre Gemengteile: Chlorit, Magnetit, Limonit, Apatit, Epidot, Plagioklas, Rutil, Zirkon.

Textur: schieferig.

Struktur: grano-lepidoblastisch.

Das Karbonat ist z. T. Kalzit mit Zwillinglamellierung nach (01$\bar{1}$2); z. T. fehlt diese, und dürfte Dolomit oder auch Braunspat vorliegen. Biotit besitzt blasse Farben: blassbraun ∥ der Basis, fast farblos ⊥ dazu.

8. Biotit-Epidotschiefer.

Dieser wurde bei 1950 m, im Bett des vom Seelein bei Bassa Prodoroduccio nach der Alpe Campo herunterfliessenden Baches, gefunden. Es ist ein braunschwarzes, mittelkörniges Gestein, das unter dem Mikroskop folgenden Mineralbestand zeigt:

Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 3 Dünnschliffen): Biotit 40 bis 55 %, Epidot und Klinozoisit 25 bis 40 %, Quarz 10 bis 20 %.

Neben- und Uebergemengteile: Magnetit, Plagioklas, Chlorit, Hornblende, Serizit, Apatit.

Textur: schieferig bis gestreckt.

Struktur: porphyroblastisch bis poikiloblastisch.

Biotit und Epidot erscheinen in unregelmässig begrenzten, in ihren Dimensionen sehr wechselnden Gestalten. Die kleinen sind einschlussarm und erscheinen neben Quarzkörnern als Bestandteile des nur spärlich vorhandenen Grundgewebes, während die grossen als einschlussreiche Porphyroblasten auftreten; stellenweise sind nur grosse siebartige Individuen zugegen und diese bilden dann ein poikiloblastisches Gewebe, in dem die übrigen Komponenten eingebettet sind. Epidot ist nach der *b*-Axe säulig entwickelt und liegt meistens in der Längsrichtung des Gesteins. Biotit zeigt die gewöhnlichen Farben: braun $\perp c$ strohgelb $\parallel c$. Seine Basisfläche ist oft quer zur Schieferung gestellt. Nach seinem Mineralbestand muss der Biotit-Epidotschiefer in die Gruppe der Chloromelanitgesteine, in die zweite Ordnung neben den Biotit-Plagioklasschiefern eingereiht werden.

9. Die Quarzite.

Quarzite finden sich hier und da zwischen den andern Paragesteinen in Form von Linsen oder Bänken, die oft mehrere Meter Mächtigkeit erreichen. Gewöhnlich sind es feinkörnige, mehr oder weniger deutlich geschieferte Gesteine. die neben Quarz makroskopisch nur noch Serizit erkennen lassen. Die 3 untersuchten Dünnschliffe zeigten folgenden Mineralbestand:

Hauptgemengteile (Mengen geschätzt): Quarz 80 bis 90 %, [Serizit-Muskowit 0 bis 12 %, saurer Plagioklas 0 bis 12 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden): Magnetit 3, Apatit 3, Zirkon 3, Turmalin 2, Biotit 2, Chlorit 2, Granat 1, Rutil 1, Zoisit 1, Disthen 1.

Textur: schieferig.

Struktur: granoblastisch.

Quarz erscheint bald in Gestalt von abgerundeten Körnern, zwischen denen sich zuweilen Serizit oder auch Chlorit als umgewandelte tonige Kittsubstanz erkennen lässt, bald in unregelmässig begrenzten, zackig ineinander greifenden Formen. Plagioklas ist skelettartig ausgebildet und tritt als Füllmasse zwischen den Quarzkörnern auf, ist also hier neu entstanden.

Wie aus dem angegebenen Mineralbestand hervorgeht, gibt es hier Serizitquarzite und Gneisquarzite. Sie gehören mei-

stens in die dritte Ordnung der Gruppe der Quarzitgesteine, und bei den Epi-Quarziten in dem grundlegenden Werk von U. GRUBENMANN (Lit. **13**, S. 253) findet sich auch die Analyse eines Lucomagnogesteins, die an dieser Stelle vielleicht wiederholt werden darf.

Analyse III. — **Serizitquarzit von Stalvedro.**
Anal. L. HEZNER.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	90,10	93,2	S	93,2
TiO_2	Spur		A	1,3
Al_2O_3	5,04	3,3	C	0,4
Fe_2O_3	1,07	1,1	F	1,8
FeO	0,27		M	0,0
MnO	Spur		T	1,6
CaO	0,38	0,4	K	9,0
MgO	0,48	0,7		
K_2O	1,62	1,1	Projektionswerte.	
Na_2O	0,25	0,2	a	7,5
H_2O (— 110°)	0,07	Summa 100,0	c	2,5
Glühverlust	0,52		f	10,0
Summa	99.80			
Spez. Gewicht	2,65			

C. *Injektion, Pneumatolyse und Kontaktmetamorphose.*

Diese drei Erscheinungen lassen sich deutlich beobachten in der Gegend nördlich des Pizzo Pettano, Pizzo Lucomagno (Sole) und Passo Predelp.

Die Injektion zeigt sich darin, dass granitisch-aplitische Substanz Gänge und Apophysen bildet und von diesen in Form von dünnen, oft schlierigen Streifen in das sedimentogene Gestein hineindringt.

Die Wirkungen der Pneumatolyse äussern sich vor allem in der Bildung von grösseren Turmalinkristallen, die oft in radialstrahligen Aggregaten in Form von Turmalinsonnen erscheinen oder in Begleitung von pegmatitischer Substanz kleine Spalten ausfüllen.

Die Kontaktmetamorphose kann vielleicht nicht so einwandfrei nachgewiesen werden wie die soeben erwähnten Vorgänge; es scheint mir aber doch, dass sie unzweideutige Spuren hinterlassen hat. Besonders N und NW des Pizzo Sole finden sich am granitisch-aplitischen Gneis angrenzend, Granat-Glimmerschiefer und -gneise mit haselnussgrossen Gra-

naten und fleckigen, weissen, etwa erbsgrossen Knoten, die vermutlich aus Feldspat bestehen (ich besitze keine Dünnschliffe). Weder solche grosse Granate, noch ähnliche knotenartige Bildungen wurden in anderen Gegenden im Lucomagnomassiv von mir angetroffen, und der Gedanke liegt nahe, dass sie ihre Entstehung der Kontaktmetamorphose verdanken.

Da ich meine Untersuchungen zum Abschluss bringen wollte, nachdem die geologischen Aufnahmen in dieser Gegend gemacht wurden (im Herbst 1916), konnten die drei erwähnten Erscheinungen nicht weiter verfolgt und im Dünnschliff studiert werden.

III. Die mesozoischen Gesteine der Pioramulde.

A. *Die Quarzite und Serizit-Muskowitschiefer der unteren Trias.*

Im Pioragebiet besteht die unterste Trias aus weissen, serizitführenden Quarziten und quarzreichen Phylliten bis Muskowitschiefern, die nebeneinander auftreten und ineinander übergehen.

1. **Die Quarzite** sind am besten entwickelt und erreichen ihre grösste Mächtigkeit in der Umgebung des Hotels Piora. Dort sind es weisse, fein- bis mittelkörnige, bankige Gesteine. Zuweilen können die Umrisse von kleinen (bis haselnussgrossen) Geröllen erkannt werden, ein Beweis, dass die Ausgangsgesteine, z. T. wenigstens, konglomeratisch waren. Die Hauptgemengteile, Quarz und untergeordnet Serizit-Muskowit, können von blossem Auge schon unterschieden werden, wie auch gelegentlich ein Turmalinsäulchen[1] oder ein Erzkorn. Unter dem Mikroskop zeigt sich gewöhnlich noch Zirkon, seltener auch Apatit, Epidot, Rutil und Biotit. Im Dünnschliff erscheint die Struktur granoblastisch, die Textur schwach schieferig bis annähernd massig. Durch Anreicherung des farblosen Glimmers und Zurücktreten des Quarzes gehen die Quarzite über in

2. **Phyllite und Muskowitschiefer,** grauweisse, silberglän-

[1] Im Steinbruch westlich des Hotels, wo (im Sommer 1917) die Steine für den Bau des Staudammes gebrochen wurden, zeigt sich Turmalin sehr häufig in Form von 4 bis 5 cm langen Stengeln, während er früher nur selten an der Oberfläche angetroffen wurde und keine Schlussfolgerungen über seine Entstehung zuliess. Angesichts der Notwendigkeit, diese Arbeit zum Abschluss zu bringen, ist es mir unmöglich, den Quarzit und die Entstehungsart des Turmalins genauer zu studieren.

zende Gesteine, in denen Serizit-Muskowit und Quarz einander ungefähr das Gleichgewicht halten. Die Neben- und Uebergemengteile, die in der Regel erst im Dünnschliff erkannt werden können, umfassen Biotit, Zirkon, Apatit, Turmalin (gewöhnlich kleine Idioblasten), Rutil, Erze (Magnetit, Hämatit, Pyrit), Epidot, Plagioklas und Chlorit. Unter dem Mikroskop erscheint die Struktur vorwiegend lepidoblastisch, die Textur gewöhnlich kristallisationsschieferig.

B. *Rauhwacke und Dolomit.*

Diese sind von K. von Fritsch (Lit. **8**, S. 115—118) und U. Grubenmann (Lit. **10**, S. 5, 6, 22, 23) ausführlich beschrieben worden, so dass meine Bemerkungen kurz gefasst werden können. Wie schon erwähnt (S. 15), führt die Rauhwacke an ihrer oberen Grenze oft Brocken des unteren Bündnerschiefers. Diese erreichen zuweilen einen Durchmesser von 10 bis 15 cm und können so zahlreich werden, dass sie die Hauptmasse des Gesteins bilden und das Karbonat nur noch als Kitt dient. Wie Bonney (Lit. **3**, S. 209—213), der diese Erscheinung vor allem im Val Canaria studierte, und Garwood (Lit. **9**, S. 177) bemerkten, liegt hier zweifellos eine Reibungs- oder Dislokationsbrekzie vor. Diese Brekzie zeigt sich besonders deutlich an den Rändern der im Bündnerschiefer auftretenden Rauhwackefenster, aber auch an andern Stellen, wie z. B. am Fussweg NW der Bergsturztrümmer, die beim R. Bianco N des Passo Predelp liegen.

Von den sieben folgenden Analysen sind die vier ersten (Dolomit) der Arbeit von Grubenmann (Lit. **10**, S. 22), die drei letzten (Rauhwacke) derjenigen von Garwood (Lit. **9**, S. 177) entnommen.

Analysen von Dolomit und Rauhwacke.

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
CO_2 . .	46,01	45,97	44,96	45,15	39,21	39,30	41,88
CaO . .	39,04	39,14	40,12	40,16	45,61	45,41	41,90
MgO .	15,04	15,16	11,96	11,98	4,10	3,83	8,80
FeO . .	—	—	0,42	0,36	—	—	—
Fe_2O_3 .	—	—	—	—	1,34	2,01	1,28
SiO_2 .	—	—	—	—	—	1,19	—
Unlösl. Rückstand	—	—	1,96	2,05	8,10	7,87	6,04
Summa	100,09	100,27	99,42	99,70	98,36	99,61	99,90
Spez. Gew.	2,8469		2,8303				

IV. und V. Zuckerkörniger weisser Dolomit aus dem Steinbruch nördlich von Valle.

VI. und VII. Feiner körniger, etwas gelblich gefärbter Dolomit von R. di Berri, Val Canaria.

VIII. und IX. Rauhwacke, S des Lago Tom.

X. Rauhwacke, W des Lago Ritom.

Van Holst Pellekaan sagt (Lit. **19**, S. 5): «Die Rauhwackenbildung wurde durch primären Reichtum an Anhydrit und Salze bedingt.» Um zu sehen, ob vielleicht Belege für diese Behauptung vorhanden sind, habe ich kompakten Dolomit vom kleinen Bergsturz SE von Pautan und löcherige Rauhwacke vom Bach SE der Alpe Campo pulverisiert, mit Wasser geschüttelt und stehen gelassen. Am nächsten Tag wurde das Wasser abgegossen, etwas eingedampft und mit Bariumchlorid behandelt. In beiden Fällen wurde ein dicker weisser Niederschlag erhalten. Sowohl der Dolomit als auch die Rauhwacke enthalten somit Sulfat, zum grössten Teil vermutlich Kalziumsulfat (vergl. S. 535). Wenn nun in der Rauhwacke, die als Folge von Auslaugung gebildet wurde, sich noch Sulfat vorfindet, dann ist es selbstverständlich, dass es im Ausgangsgestein in viel grösserer Menge zugegen war. Die Auslaugung dürfte gerade diesem Sulfatreichtum zu verdanken sein. Es scheint mir unmöglich, die Rauhwackebildung in einer anderen Weise zu erklären, denn warum sollten sonst die Dolomitmarmore und die anderen dolomitischen Gesteine im Bündnerschiefer von diesem Vorgang verschont geblieben sein? Diese dürften von sulfatfreiem Ausgangsmaterial stammen, während das häufige Auftreten von Gips neben dem Dolomit der mittleren Trias (= Rötidolomit) schon vermuten lässt, dass letzterer ursprünglich reich an Sulfaten war. Im Pioragebiet tritt kompakter Dolomit der Rauhwacke gegenüber sehr zurück.

C. *Gips und Anhydrit.*

Den Mitteilungen von K. von Fritsch (Lit. **8**, S. 119–121) und U. Grubenmann (Lit. **10**, S. 5 u. 6) habe ich nichts hinzuzufügen. Nur möchte ich bemerken, dass ich Anhydrit überhaupt nicht angetroffen habe, sondern immer Gips allein. Zur Zeit als von Fritsch seine Aufnahmen machte, sind offenbar gewaltige Blöcke von der Felswand am linken Ufer der Garegna (Val Canaria) heruntergestürzt. So wurde der Anhydrit, der sonst an der Oberfläche immer durch Gips ersetzt ist, der Beobachtung blossgelegt.

D. *Die Bündnerschiefer.*

Alle Gesteine, die (im Pioragebiet) stratigraphisch über der Rauhwacke liegen, werden als Bündnerschiefer zusammengefasst. Auf der Karte habe ich sie als Quartenschiefer, Marmor, Kalkglimmerschiefer und schwarzgraue Granatphyllite mit verschiedenen Farben angegeben. Es scheint mir am besten, diese Trennung bei der petrographischen Behandlung nicht durchzuführen, um unnötigen Wiederholungen vorzubeugen. Gesteine gleicher mineralogischer Zusammensetzung werde ich zusammen gruppieren, gleichviel, ob sie im unteren Bündnerschiefer (= Quartenschiefer) oder im oberen vorkommen.

Die Bündnerschiefer des Pioragebietes bilden eine Serie von Gesteinsarten, die durch Uebergänge kontinuierlich miteinander verbunden sind. Als wesentliche Gemengteile erscheinen etwa ein Dutzend Mineralien, die in verschiedenen Kombinationen in den verschiedenen Gesteinsarten auftreten. Diese Mineralien sind: Quarz, Muskowit bis Serizit, Biotit, Granat, Staurolith, Disthen, Epidot und Zoisit, Plagioklase, Karbonate, Hornblende, Grammatit, Aktinolith, Chlorit, Chloritoid. Einige von diesen können im Handstück nicht mit Sicherheit unterschieden werden, weshalb ich darauf verzichte, die Gesteine nach makroskopischen Merkmalen zu klassifizieren. Die verschiedenen Gesteinsarten sind selten über grössere Strecken zu verfolgen; gewöhnlich wechseln sie sehr rasch miteinander ab, zumal im Quartenschiefer, wo eine Gesteinsschicht manchmal kaum 1 cm mächtig ist und auch in der Streichrichtung bald auskeilt. Mein Versuch, die Pioramulde petrographisch zu kartieren, musste wegen dieser Häufigkeit des Gesteinswechsels aufgegeben werden. Meine Untersuchungen haben mich zu folgender Einteilung der Bündnerschiefer geführt:

1. Quarzite;
2. Phyllite;
3. Zweiglimmerschiefer;
4. Glimmer-Plagioklasgneise;
5. Granatphyllite;
6. Granat-Biotitphyllite;
7. Granat-Glimmer-Plagioklasgneise;
8. Staurolith-Granatphyllite;
9. Disthen-Staurolith-Granatphyllite und Disthen-Staurolith-Granat-Glimmer-Plagioklasgneise;
10. Staurolith-Glimmerschiefer und Staurolith-Glimmer-Plagioklasgneise;

11. Disthen-Glimmerschiefer und Disthen-Glimmer-Plagioklasgneise;
12. Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer und Disthen-Staurolith-Glimmer-Plagioklasgneise;
13. Epidot-Glimmerschiefer und Epidotschiefer;
14. Disthen-Epidot-Glimmerschiefer und Disthen-Epidot-Glimmer-Plagioklasgneise;
15. Chloritoidführende Gesteine;
16. Hornblendehaltige Gesteine;
17. Grammatit- und Aktinolithgesteine;
18. Karbonat-Glimmerschiefer;
19. Marmore.

Bei der Gesteinsbeschreibung scheint es mir wieder zweckmässig, die Mengenverhältnisse der Hauptgemengteile (nach Schätzung in den Dünnschliffen), sowie die Häufigkeit der Neben- und Uebergemengteile (Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden) anzugeben. Unter «Zahl der Dünnschliffe» soll verstanden werden die Zahl der Handstücke, von denen Schliffe untersucht wurden, gleichviel, ob einer oder mehrere. Bei farblosen Komponenten, die nur in geringen Beträgen und in Gestalt von kleinen Körnern auftreten, wie Zirkon und Apatit, ist es sicher, dass sie viel häufiger vorkommen als angegeben ist, denn sie werden im Dünnschliff sehr leicht übersehen.

Die Unterscheidung zwischen wesentlichen und Neben- oder Uebergemengteilen lässt sich nicht immer leicht durchführen und ist natürlich mehr oder weniger subjektiv. Man kann keine feste Regel aufstellen, die sich für die verschiedenen kristallinen Schiefer anwenden liesse. Im allgemeinen habe ich die Mineralien, die mehr als 10 % eines Gesteins ausmachen, zu den Hauptkomponenten gerechnet, während diejenigen, deren Gehalt unter 1 % bleibt, als Neben- oder Uebergemengteile taxiert wurden. Gesteinsbildner, deren Mengen zwischen 1 und 10 % liegen, wurden bald zu diesen, bald zu jenen gezählt, je nachdem es erforderlich schien. Es ergibt sich von selbst, dass in einem Gestein mit einer einzigen Hauptkomponente die Grenze etwas höher gehalten wird als dort, wo viele wesentliche Bestandteile vorhanden sind. Mineralien, die ihrer Menge nach eine Stellung zwischen wesentlichen und Neben- oder Uebergemengteilen einnehmen, oder in einem Dünnschliff zu diesen, im anderen zu jenen zu gehören scheinen, finden sich bei den Hauptkomponenten in eckigen Klammern angegeben.

1. Die Quarzite.

Weisse bis grauweisse Quarzite finden sich häufig im Quartenschiefer. Gewöhnlich treten sie in Form von Bänken auf, die bis mehrere Meter mächtig werden können; aber auch Linsen und unregelmässige Gestalten kommen vor. Im schwarzgrauen oberen Bündnerschiefer ist Quarzit seltener als im Quartenschiefer, aber doch öfters anzutreffen. Hier ist seine Farbe hell bis dunkelgrau, rötlich oder braun.

Neben Quarz kann man gewöhnlich schon makroskopisch Serizit- oder Muskowitschuppen und gelegentlich auch Biotit unterscheiden. Es sind fein- bis mittelkörnige Gesteine, im Handstück annähernd massig oder schwach geschiefert, je nachdem Glimmer in kleineren oder grösseren Mengen vorhanden ist. Die von C. SCHMIDT (Lit. **14**, S. 198; Lit. **15**, S. 14) beschriebenen Pseudomorphosen von Quarz nach Dolomit in den Quarziten, die unterhalb der Kapelle von San Carlo mit den Staurolith-Glimmerschiefern wechsellagern, habe ich nicht gesehen.

Unter dem Mikroskop zeigen die Quarzite eine grosse Einheitlichkeit. Quarz hat die Form von isometrischen oder länglichen Körnern, die gewöhnlich abgerundet, selten eckig oder zackig sind. Farbloser Glimmer ist der häufigste akzessorische Gemengteil; seine Blättchen sind parallel angeordnet oder bilden eine zusammenhängende Serizithaut und bedingen die Schieferigkeit des Gesteins. Biotit ist nicht so häufig wie Muskowit, kommt aber doch in fast allen Dünnschliffen vor, kleine Schuppen bildend, die gewöhnlich in der Schieferungsebene liegen. Die Menge des Glimmers schwankt sehr, und es bestehen alle Uebergänge zwischen glimmerfreien und glimmerreichen Quarziten.

Neben dem Glimmer spielen die andern Neben- und Uebergemengteile eine sehr unbedeutende Rolle. Kleine Turmalinstengel oder Bruchstücke grösserer Kristalle sind in den meisten Schliffen anzutreffen. Die Erze werden durch Magnetit, Hämatit und Pyrit in Körnergestalt, sowie durch Limonit in formlosen Flecken vertreten. Rutil, Zirkon und Apatit sind als etwas abgerundete Körner oder kurze Säulchen vorhanden. Gelegentlich können noch Granat, Chlorit, Karbonat, Epidote, Plagioklas, Chloritoid, Staurolith, Hornblende und kohlige Substanzen auftreten. Es wurden also sämtliche Mineralien, die im Pioragebiet Gesteinsbildner sind, in den Quarziten angetroffen, mit Ausnahme von Strahlstein und Titanit.

Die Textur erscheint im Dünnschliff bei glimmerarmen Ge-

steinen fast massig, bei glimmerreichen schwach kristallisationsschieferig. Die Struktur ist granoblastisch, aber Granat und Hornblende, z. T. auch Pyrit, bilden Porphyroblasten, die im Gestein nur spärlich vorkommen.

Systematisch gehören die Quarzite in die Gruppe der Quarzitgesteine. Ihr Mineralbestand ist typisch für das Grenzgebiet zwischen der mittleren und der oberen Zone, so dass hier, wie fast ausnahmslos im Pioragebiet, Uebergangsglieder zwischen Meso- und Epi-Gesteinen vorliegen. Je nachdem Glimmer fehlt oder vorhanden ist, unterscheiden wir eigentliche Quarzite und Glimmerquarzite. Durch Zunahme des Glimmers gehen die Glimmerquarzite in die Glimmerschiefer und Phyllite über.

Ausser den beschriebenen Quarziten kommt noch eine andere Art vor. Diese besteht aus farblosem oder milchweissem, sprödem, grobkörnigem Glasquarz, in dem Disthenstengel mehr oder weniger spärlich eingestreut sind. Die Disthene sind blau oder farblos; sie erreichen eine Länge von 10 bis 20 cm und eine Breite von 1 bis 2 cm, sind radialstrahlig angeordnet oder liegen kreuz und quer im Gestein. Neben Disthen sind zuweilen Muskowit- oder auch Biotitblätter vorhanden, andere Mineralien anscheinend nicht. Diese Gesteine sind ziemlich selten. Sie erscheinen im Quartenschiefer, in Form von Linsen, die eine Mächtigkeit von etwa 1 m und eine Länge von 3 bis 4 m erreichen könnnen.

Die **disthenführenden Quarzite** müssen als Produkt der Auskristallisation aus einer wässerigen, vielleicht hydrothermalen Lösung angesehen werden. Hierfür sprechen die Klarheit und Farblosigkeit des Quarzes, die Grösse und die schöne Ausbildung der Disthene, die kleine Zahl der akzessorischen Mineralien und die Art des Auftretens im Terrain.

2. Die Phyllite.

Mit dem Namen Phyllit sollen hier Gesteine bezeichnet werden, die wesentlich nur aus Serizit und Quarz bestehen. Sie sind im Pioragebiet ziemlich allgemein verbreitet als Zwischenlagen in den Glimmerschiefern und kommen auch als Linsen zwischen den andern Gesteinsarten vor. Es sind feinkörnige, schieferige oder blätterige Gesteine mit weissgrauen und dann silberglänzenden, grauen und schwarzgrauen Farben. Die dunklen Farben werden durch kohlige Substanz verursacht, die auch z. T. den Silberglanz auf der Schieferungsfläche verwischt. Neben den beiden Hauptgemengteilen, Serizit und Quarz, können Biotitblättchen, die oft

quer zur Schieferungsebene liegen, häufig erkannt werden. Magnetit- und Pyritkörner, sowie Eisenglanzblätter sind zuweilen schon makroskopisch wahrnehmbar, als auch Granatrhombendodekaëder und Epidotstengel.

Das mikroskopische Bild der Phyllite ist ein ziemlich eintöniges. Serizitschuppen und längliche oder abgeplattete Quarzkörner liegen parallel und lösen sich ab, oder bilden schmale Serizit- und Quarzstreifen, die miteinander wechsellagern. Quarz, der gegenüber Serizit an Menge oft stark zurücktritt, hat nur geringe Korngrösse. Serizit ist feinschuppig, z. T. scheinbar faserig im Längsschliff, mitunter aber erreichen die Schuppen eine Grösse, die sie des Namens Muskowit würdig macht.

Biotit findet sich fast immer als Nebengemengteil und bildet 1 bis 3 mm grosse Blätter, die häufig quer zur Schieferungsfläche gestellt sind. Ein oder mehrere Eisenerze sind immer vorhanden, vorwiegend Pyrit und Magnetit in Körnergestalt. Hämatit ist relativ selten; er hat die Form von Eisenglanzblättern, die einen Durchmeser von 10 mm erreichen können und öfters, wie die Biotitblätter, quer zur Schieferungsebene liegen. Limonit erscheint gewöhnlich als Pigment, das Quarz und Serizit imprägniert, oder er liegt als formlose Füllmasse zwischen diesen; ich habe ihn aber auch als Pseudomorphose nach Biotit gefunden. Turmalin ist fast immer vorhanden, gewöhnlich in Form von winzigen, neugebildeten Säulchen, seltener in Gestalt von Bruchstücken grösserer (und dann alter) Kristalle. Die weiteren akzessorischen Gemengteile verdienen keine spezielle Bemerkung. Die häufigsten sind Rutil, Epidote und kohlige Substanz; gelegentlich werden auch Zirkon, Apatit, Kalzit, Albit und Chlorit angetroffen.

Struktur: lepidoblastisch oder porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe. Biotit, Granat, Pyrit und Hämatit bilden die spärlichen Porphyroblasten.

Textur: vorwiegend kristallisationsschieferig, z. T. auch schuppig-schieferig oder gefältelt.

Die Schieferung wird hauptsächlich durch die parallel liegenden, aneinander geschmiegten Serizitschuppen hervorgerufen, die in den Längsschliffen wie dünne Fasern aussehen. Wo ein Serizitstreifen gegen einen Granat stösst, biegt er zuweilen seitwärts ab oder gabelt sich in zwei Aeste, die sich an der andern Seite des Granats wieder vereinigen. Dies scheint den Beweis zu liefern, dass die Granate, z. T. wenigstens, jünger sind als der Serizit und die Schieferung. Auch

die Eisenglimmer- und Biotitblätter, die quer zur Schieferung liegen, müssen jüngere Bildungen sein (jünger als die Schieferung), sonst ist ihre jetzige Lage unmöglich zu verstehen.

Systematisch müssen die Phyllite in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise, und zwar in die dritte Ordnung eingereiht werden. Durch Zunahme des Biotitgehalts und durch Kornvergrösserung des farblosen Glimmers gehen sie über in

3. Die Zweiglimmerschiefer.

Diese finden sich häufig im unteren, sowie im oberen Bündnerschiefer. Es sind graue oder schwarzgraue, mehr oder weniger schieferige, auch gefältelte und gestreckte Gesteine. Im Handstück ist die Schieferung zuweilen nicht deutlich und scheint oft fast gänzlich von der Streckung verwischt zu sein; gewöhnlich aber sind Schieferung und Streckung am gleichen Handstück sichtbar. Die Hauptgemengteile treten immer deutlich hervor: perlmutter- bis seidenglänzender, farbloser Glimmer auf der Schieferungsfläche, Biotit und Quarz auf Längs- und Querbruch. Ferner können Granatrhombendodekaëder, Pyritwürfel, Disthen- und Epidotstengel gelegentlich auch schon von blossem Auge erkannt werden.

Die schwarzen Biotitblätter sind in der Grösse sehr verschieden; ihr Durchmesser schwankt zwischen weniger als 1 mm und 10 oder sogar 20 mm. Sehr häufig sind die Biotitblätter, vor allem die grösseren, quer zur Schieferung gestellt. Wenn man diese Erscheinung genauer untersucht, ergibt sich folgendes:

1. Die Gesteine sind gewöhnlich in der Fallrichtung deutlich gestreckt. [In dieser Richtung muss zur Zeit der Metamorphose ein ausgesprochenes Druckminimum geherrscht haben.]

2. Fältelung kommt häufig vor. Die Axen der Fältchen sind, wie die Streckung, dem Fallen parallel gerichtet. [Die Fältelung muss die Folge eines seitlichen, dem Streichen parallel gerichteten Druckes sein.]

3. In der Regel sind die Biotite eher tafelig als blätterig ausgebildet und so orientiert, dass die Normale zu ihrer Spaltfläche ungefähr senkrecht zur Streckungsrichtung des Gesteins steht. Sie haben dann ihren grössten Durchmesser parallel der Streckungsrichtung und sind oft drei- oder viermal so lang als breit (während die Basisfläche in den seltenen Fällen, wo sie senkrecht zur Streckungsrichtung steht, kaum einen Unterschied zwischen Länge und Breite erkennen lässt). Wie oben gesagt, ist die Basis am häufigsten ungefähr senkrecht zur Schieferung gestellt.

4. Die Schieferigkeit des Gesteins wird hauptsächlich durch farblosen Glimmer bedingt. Der Hauptbruch, der selten eben, sondern gewöhnlich etwas wellig oder runzelig ist, ist immer von Serizit oder Muskowit überzogen und zeigt den typischen perlmutterartigen Seidenglanz. Die quergestellten Biotit-Porphyroblasten gehen ungestört durch die Schieferungsfläche hindurch und brechen mit unebenem Bruch, wenn das Gestein gespalten wird.

5. Die querliegenden Biotite finden sich hauptsächlich im westlichen Val Piora, in der Umgebung des Lago Ritom.

Die ganze Erscheinung könnte etwa folgendermassen erklärt werden:

Die Schieferung, die zum grössten Teil mit der ursprünglichen Schichtung des tonigen Sediments übereinstimmt, dürfte zur Zeit der ersten Serizitbildung entstanden sein, und die gleiche Ursache gehabt haben wie diese. Ob Schieferung und Serizitbildung durch den Druck von überlagernden (jetzt wegerodierten) Schichten hervorgerufen wurden, oder ob sie im ersten Stadium der Alpenfaltung entstanden sind (was mir wahrscheinlicher vorkommt), ist gleichgültig; wichtig ist hier nur, dass sie den Anfang der Gesteinsmetamorphose darstellen. Bei der Alpenfaltung wurden die mesozoischen Schichten der Pioramulde zwischen Gotthardmassiv und Lucomagnomassiv wie in einem Schraubstock zusammengepresst. Die Muldenschenkel wurden gestreckt und ein ausgesprochenes Druckminimum entstand in der Fallrichtung. In der Streichrichtung war der Druck sehr gross, z. T. sogar grösser als senkrecht zur Schieferung (siehe S. 529). Während dieser Zustand herrschte, ging die Metamorphose weiter; das Gestein wurde gefältelt und die porphyroblastischen Biotite bildeten sich. Wenn die beiden Vorgänge auch nebeneinander stattfanden, so scheint es doch, dass die Fältelung der Porphyroblastenbildung vorausging, oder wenigstens früher zum Abschluss kam, denn gebogene oder gebrochene Biotitporphyroblasten habe ich nicht gefunden.

Wo der Druck in einer Richtung grösser war als in den zwei auf ihr senkrecht stehenden, stellten die Biotite ihre Basisfläche senkrecht zum grössten Druck. War dieses Druckmaximum dem Streichen parallel gerichtet, was sehr häufig vorkam (siehe S. 529), so müssten die Biotitblätter sich senkrecht zur Streichrichtung (und zur Schieferung) stellen.

War der Druck in zwei Richtungen ungefähr gleich gross, in der dritten aber beträchtlich kleiner, so legte sich die Basis parallel dieser, aber in verschiedenen Ebenen. In diesem Fall,

der auch sehr oft eintrat, liegen die Biotitspaltflächen in allen Ebenen, die sich parallel der Streckungsrichtung (Fallrichtung) schneiden. Da die Druckmaxima hier in mehreren, in einer Ebene gelegenen Richtungen arbeiteten, so haben die Biotite sich nicht blätterig, sondern tafelig entwickelt, während das Vorhandensein eines ausgesprochenen Druckminimums sie veranlasst hat, in der Fallrichtung länger zu wachsen. [Wir werden später sehen, dass Disthen- und Epidotstengel sich auch gewöhnlich parallel der Streckungsrichtung des Gesteins einstellen.]

Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender Mineralbestand:

Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 24 Dünnschliffen): Biotit 10 bis 60 %, Serizit-Muskowit 10 bis 60 %, Quarz 0 bis 61 %.

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden): Epidot mit Klinozoisit und Zoisit 17, Erze (Magnetit, Pyrit, Limonit) 17, Turmalin 19, Zirkon 14, Apatit 10, Rutil 10, Disthen 10, Granat 7, Staurolith 6, Chlorit 7, Plagioklas 6, Kohle 1, Karbonat 2, Hornblende 1.

Textur: kristallisationsschieferig oder gefältelt, gestreckt.

Struktur: vorwiegend lepidoblastisch oder porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Im Dünnschliff kommt die Streckung oft nicht so klar zum Ausdruck wie im Handstück. Häufiger zeigt sich Kristallisationsschieferung oder Fältelung. Diese verschiedenen Texturen kombinieren sich stellenweise. Die Fältelung setzt sich oft durch die porphyroblastischen Biotite hindurch, ohne diese zu biegen oder sonst zu stören. Undulöse Auslöschung wurde an den Biotiten nicht wahrgenommen; sie sind durch den Druck nicht deformiert worden. So bestätigt sich auch mikroskopisch die oben gewonnene Anschauung, dass die porphyroblastischen Biotite ihre jetzigen Ausbildungsformen angenommen haben, nachdem die Fältelung beendigt war. Nun gibt es aber auch Biotit- und Muskowitblättchen, sowie Quarzkörner, die durch die Fältelung gebogen wurden und an den Umbiegungsstellen undulöse Auslöschung zeigen. Hier ist die Fältelung also jünger als die Ummineralisation. Diese gebogenen Glimmer sind jedoch nie porphyroblastisch struiert, sondern haben die Form von kleinen Schuppen, die in der Schieferungsebene liegen und einander streng parallel sind. Es scheint, als ob die Biotite zu zwei Generationen gehören, wovon die porphyroblastische die jüngere ist.

Quarz, Biotit und farbloser Glimmer sind in den Dünn-

schliffen ungefähr gleich stark vertreten; in vereinzelten Fällen aber tritt Quarz sehr zurück. Dieser besitzt isometrische, abgeplattete oder längliche Formen und nur geringe Korngrösse. Quarz und Serizit-Muskowit erscheinen in parallelen Streifen oder gleichmässig untereinander verteilt.

Der helle Glimmer ist z. T. feinschuppiger Serizit wie in Phylliten, z. T. haben sich aber grössere Blätter gebildet, die schon als Muskowit bezeichnet werden dürfen. Die Serizit-Muskowitblättchen liegen parallel zur Schieferungsebene, und sie sind es in erster Linie, welche die Schieferigkeit des Gesteins bedingen.

U. GRUBENMANN (Lit. **10**, S. 10) pulverisierte einen disthenführenden Zweiglimmerschiefer von R. di Berri, Val Canaria, und unterwarf das Pulver der mechanischen Gesteinsanalyse. Die reinsten Glimmerblättchen wurden ausgelesen und chemisch analysiert. Die zwei Analysen des « weissen Glimmers » lauten folgendermassen:

	I	II
SiO_2	34,90	34,82
Al_2O_3	48,92	48,85
Fe_2O_3	Spuren	Spuren
CaO	10,88	10,83
Na_2O	2,33	2,69
K_2O	0,49	0,59
H_2O	3,05	3,30
	100,57	101,08

Spez. Gewicht 3,1095

Die Schlagfigur war die eines Glimmers erster Art, der Axenwinkel gross. GRUBENMANN nennt den weissen Glimmer Margarit und sagt, dass er kleine, schneeweisse und perlmutterglänzende, etwas spröde Blättchen und Schüppchen mit ausgezeichneter basaler Spaltbarkeit bildet. Einen ähnlichen Glimmer habe ich nicht angetroffen. Mein Untersuchungsmaterial stammt jedoch alles vom Pioratal und von den Hängen des Fongio und Pian'alto; aus der Umgebung des R. di Berri besitze ich weder Dünnschliffe noch Handstücke. Es ist wohl möglich, dass Margarit auch in den Glimmerschiefern des Val Piora vorkommt, aber dann ist er selten und spielt Serizit-Muskowit gegenüber eine sehr untergeordnete Rolle.

Biotit erscheint unter dem Mikroskop in Form von grösseren oder kleineren zackigen Lappen ohne kristallographische Umgrenzung. Sein Pleochroismus ist sehr stark: ‖ (001)

dunkelbraun bis grünlichbraun, selten grün, ⊥ (001) strohgelb. Er ist häufig porphyroblastisch entwickelt und enthält dann reichlich Einschlüsse, die stellenweise so zahlreich werden, dass Siebstruktur entsteht. Bei der Analyse des Biotits von R. di Berri erhielt GRUBENMANN folgende Resultate (Lit. **10**, S. 13):

	I	II
SiO_2	40,56	40,96
TiO_2	0,38	0,43
Al_2O_3	21,84	22,10
Fe_2O_3	6,02	7,25
FeO	5,91	5,27
MgO	14,08	14,13
K_2O	6,41	5,87
Na_2O	3,07	3,19
H_2O	2,31	2,25
	100,58	101,45

Spez. Gewicht 2,9001

Aus diesen Analysen schliesst GRUBENMANN, dass ein Meroxen vorliegt. Er sagt weiter: «Die dunkelgrünen bis schwarzen Blättchen sind ausgezeichnet pleochroitisch; die Basisfarbe ist graugrün, die dazu senkrechte graugelb. Die Schlagfigur weist der optischen Axenebene eine klinodiagonale Lage an, so dass ein Glimmer zweiter Art vorliegt. Der Axenwinkel ist sehr klein; man glaubt in manchen Fällen einen einaxigen Glimmer vor sich zu haben.»

Unter den Neben- und Uebergemengteilen haben die Mineralien der Epidotgruppe die grösste Bedeutung; sie sind in fast allen Dünnschliffen in Form von kleinen Stengeln anzutreffen. Von den Erzen ist gewöhnlich Magnetit, Pyrit oder Limonit in kleiner Menge vorhanden, Pyrit oft als porphyroblastische Würfel mit 5 mm oder mehr Kantenlänge. Kleine Turmalinnädelchen fehlen fast nie, während auch Zirkon, Apatit und Rutil häufig zu finden sind; diese bilden aber nur ganz kleine Kristalle, und ihr Anteil am Aufbau des Gesteins ist verschwindend klein.

Es finden sich auch Zweiglimmerschiefer, die Disthen, Granat, Staurolith und Plagioklas führen, zuweilen als Porphyroblasten mit Siebstruktur; solche bilden Uebergangsglieder zu neuen Gesteinsarten.

Endlich kommen mitunter auch feinverteilte kohlige Substanzen vor, sowie Chlorit, ein Karbonat und Hornblende. Ein einziges Mal wurden Pseudomorphosen von Biotit nach

Hornblende gefunden; die langen Hornblendestengel, die z. T. Garben bildeten, erscheinen jetzt vollkommen in Biotit umgewandelt.

Die kristalloblastische Reihe dürfte folgendermassen lauten: Turmalin—Rutil, Zirkon—Epidot und Zoisit, Granat, Apatit, Pyrit—Staurolith, Disthen, Glimmer, Magnetit—Quarz, Karbonat, Plagioklas. Nach ihrem Mineralbestand müssen die Zweiglimmerschiefer in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise, in die zweite Ordnung eingereiht werden.

Analysiert wurde ein Glimmerschiefer aus dem Quartenschiefer südlich des «m» von «A. Tom» (auf der Karte). Das Gestein enthält schätzungsweise etwa 60 % Biotit, 21 % Muskowit, ferner Quarz, Disthen und Epidot je zu 1%, neben ganz kleinen Mengen von Rutil, Turmalin und Zirkon.

Analyse 10. — **Biotit-Muskowitschiefer von der Alpe Tom.**

Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte nach U. Grubenmann.	
SiO_2	38,92	46,5	S	46,5
TiO_2	1,43		A	6,2
Al_2O_3	26,95	18,5	C	0,7
Fe_2O_3	4,08		F	28,2
FeO	4,75	8,3	M	0,0
MnO	0,04		T	11,6
CaO	0,59	0,7	K	0,7
MgO	11,43	19,9	Projektionswerte.	
K_2O	7,34	5,5	a	3,5
Na_2O	0,62	0,7	c	0,5
H_2O (+110°)	3,92	100,0	f	16,0
H_2O(—110°)	0,21			
P_2O_5	0,31			
	100,59			
Spez. Gewicht	2,99			

Der Reichtum an Al_2O_3 ist typisch für die Gruppe der Tonerdesilikatgneise, die ja zum grössten Teil Derivate von Tongesteinen sind. Der Kieselsäuregehalt ist auffallend niedrig, der Magnesia- und Kaligehalt sind aussergewöhnlich hoch für diese Gruppe. Diesem Chemismus verdankt das Gestein seinen grossen Reichtum an Glimmer, speziell an Biotit. Die Hauptmasse des Eisens dürfte im Biotit enthalten sein, während der Rest mit dem Kalk im Epidot zu suchen ist. Da noch nicht alle Tonerde gebunden war, hat der zurückgebliebene Teil mit Kieselsäure Disthen gebildet.

Von GRUBENMANN (Lit. 10, S. 14) sind die zwei folgenden Analysen des Zweiglimmerschiefers von R. di Berri, Val Canaria, angegeben worden.

	XI	XII	Mittel.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2 . . .	40,20	39,98	40,09	47,5	S	47,5
TiO_2 . . .	2,00	2,30	2,15		A	5,0
Al_2O_3 . . .	26,72	26,20	26,46	17,8	C	4,9
Fe_2O_3 . . .	3,12	3,54	3,33	5,2	F	24,8
FeO . . .	4,08	3,80	3,94		M	0,0
CaO . . .	4,12	4,01	4,06	4,9	T	7,9
MgO . . .	11,39	11,68	11,54	19,6	K	0,7
K_2O . . .	6,12	6,02	6,07	4,4	Projektionswerte.	
Na_2O . . .	0,57	0,47	0,52	0,6	a	3
H_2O u. CO_2 (Glühverlust)	2,22	2,18	2,20	Sa. 100,0	c	3
					f	14
Summa	100,54	100,18	100,36			

Spez. Gewicht 3,0092

Das Gestein bestand hauptsächlich aus Meroxen und Margarit im Verhältnis etwa von 2 : 1; Quarz, Disthen, Zoisit, Turmalin, Rutil, Zirkon, Magnetit und Pyrit vervollständigen den Mineralbestand.

Vergleicht man die Analysen GRUBENMANNS mit Analyse 10, so findet man, dass die Hauptposten fast genau gleich geblieben sind. Der Titangehalt hat etwas, der Kalkgehalt dagegen sehr stark (um das sechsfache) zugenommen, auf Kosten des Eisens, des Kalis und hauptsächlich des Wassers. Diesem Chemismus ist das Auftreten von Margarit und das Fehlen von Muskowit zuzuschreiben.

4. Die Glimmer-Plagioklasgneise.

Es sind hell- bis dunkelgraue, auch grünliche und bräunliche, fein- bis mittelkörnige, geschieferte oder gestreckte Gesteine. Makroskopisch sehen sie den Glimmerschiefern und z. T. den Phylliten sehr ähnlich und sind von diesen meist kaum zu unterscheiden; nur ist durch die Gegenwart von Plagioklas der Glanz auf der Schieferungsfläche sehr abgeschwächt und statt körnigem, glasglänzendem Quarz ist ein mehliges, weisses, mattes Quarz-Feldspat-Gemisch auf Längs- und Querbruch wahrzunehmen. Diese Gesteine wurden öfters nördlich des Lago Ritom und an der Murinascia, von der Alpe Piora abwärts, angetroffen. Häufig bilden sie eine schmale Grenzzone zwischen kalkhaltigen Gesteinen und Glimmerschiefern.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 11 Dünnschliffen geschätzt) : Plagioklas 10 bis 50 %, Quarz 0 bis 60 %, Biotit 0 bis 65 %, Serizit-Muskowit 0 bis 65 % (gesamter Glimmer 8 bis 65 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Epidot bis Zoisit 8, Erze (Magnetit, Hämatit, Pyrit, Limonit) 8, Rutil 7, Zirkon 7, Turmalin 6, Apatit 6, Chlorit 4, Kalzit 3, Granat 3, Kohle 2.

Textur : schwach geschiefert bis deutlich kristallisationsschieferig, auch gestreckt.

Struktur : granoblastisch, porphyroblastisch, untergeordnet auch poikiloblastisch.

Mit Ausnahme des Plagioklases, der sich nur schwer von Quarz unterscheiden lässt, können die Hauptgemengteile von blossem Auge schon erkannt werden ; die andern Komponenten zeigen in der Regel erst das Mikroskop. Im Dünnschliff sind Plagioklas, Quarz, Biotit und Serizit-Muskowit durchschnittlich ungefähr gleich stark vertreten. Die relativen Mengen der beiden Glimmer schwanken sehr und der eine oder andere dieser Komponenten kann zum Nebengemengteil herabsinken oder ganz fehlen. Auch der Quarzgehalt ist sehr schwankend, und sogar quarzfreie « Gneise » sind gefunden worden. Glimmer und Quarz sind ausgebildet wie in den Glimmerschiefern und verlangen deshalb hier keine weitere Bemerkung. Wie dort, sind die Biotitblätter häufig porphyroblastisch entwickelt und liegen dann gern quer zur Schieferungsebene ; die Porphyroblasten erreichen eine Länge von 15 oder 20 mm, und besitzen oft Siebstruktur. Die Farbe des Biotits ist im Handstück schwarz, im Dünnschliff braun, selten grünlichbraun ∥ der Basis und strohgelb ⊥ dazu.

Plagioklas ist immer formlos entwickelt. Er funktioniert als Füllmasse zwischen Quarzkörnern und Glimmerschuppen, oder erscheint in Gestalt von unregelmässigen, von Einschlüssen erfüllten Porphyroblasten, oder bildet ein poikiloblastisches Gewebe, in welchem alle andern Komponenten eingebettet sind. Zwillingslamellierung nach dem Periklingesetz ist sehr selten, nach dem Albitgesetz häufiger ; meistens jedoch fehlt jede Lamellierung. Der Plagioklas ist Oligoklasalbit, Oligoklas oder Andesin ; ausnahmsweise werden auch Albit und Labrador angetroffen.

Die wichtigsten Nebengemengteile sind die Mineralien der Epidotgruppe (Pistazit, Klinozoisit und Zoisit) ; sie fehlen fast nie und reichern sich oft so an, dass sie beinahe zu den Hauptgemengteilen gezählt werden dürfen. Erze, Rutil, Zirkon,

Turmalin und Apatit sind sehr häufig vorhanden, aber immer nur in ganz kleinen Mengen. Die übrigen Komponenten kommen selten vor. Alle Neben- und Uebergemengteile haben das gleiche Aussehen wie in den Glimmerschiefern und bedürfen deshalb keiner weiteren Beschreibung.

Die kristalloblastische Reihe dürfte lauten : Turmalin, Zirkon–Rutil–Epidot, Erze, Apatit–Glimmer, Kalzit–Quarz–Plagioklas.

Die Schieferung wird in der Hauptsache durch den farblosen Glimmer bedingt. Muskowitreiche Gesteine besitzen ausgesprochen kristallisationsschieferige Textur und zeigen kaum Streckungserscheinungen. Die muskowitarmen, biotitreichen hingegen, sind weniger geschiefert, aber mehr gestreckt. Im weiteren lässt sich über die Texturen der Glimmerplagioklasgneise im allgemeinen das Gleiche sagen, wie bei den Zweiglimmerschiefern und statt alles zu wiederholen, verweise ich auf das dort Mitgeteilte (S. 597).

Nach ihrem Mineralbestand gehören diese Gesteine in die Gruppe der Plagioklasgneise. Die vielen relativ basischen Plagioklase sprechen für die zweite Ordnung, während das Vorkommen von Serizit neben Muskowit für das Uebergangsgebiet zwischen zweiter und dritter Ordnung spricht; demnach müssen die Glimmerplagioklasgneise in den oberen Teilen der mittleren Zone entstanden sein, wie die Glimmerschiefer.

5. Granatphyllite.

Die grauen bis schwarzgrauen Granatschiefer, die südlich des Lago Cadagno ihre grösste Ausbreitung zeigen und auch weiter westlich häufig vorkommen, umfassen verschiedene Gesteinstypen. Gleiche Gesteine, aber in helleren Farbentönen, finden sich auch im Quartenschiefer.

Die Granatphyllite bilden eine der häufigsten Granatschieferarten. Es sind hellgraue bis schwarzgraue, seltener grünlichgraue oder bräunliche Gesteine, die rotbraune oder schwarze Granatporphyroblasten führen. Diese erscheinen als schlecht entwickelte Rhombendodekaeder oder als isometrische Körner ohne Kristallflächen. Ihr Durchmesser beträgt gewöhnlich etwa 5 mm; sie werden aber auch grösser oder bleiben kleiner.

Das Gestein erscheint im Handstück gewöhnlich deutlich schieferig; die perlmutterglänzende Schieferungsfläche ist in der Regel uneben, weil sie den Granaten ausweicht. Streckung und Fältelung parallel dem Fallen finden sich häufig bei den

hellen Granatphylliten (des Quartenschiefers), seltener bei den schwarzgrauen (des oberen Bündnerschiefers). Diese schwarzgrauen Granatphyllite zeigen zuweilen (östlich der Alpe Campo) eine Fältelung parallel dem Streichen, einem Zusammenschub in der Fallrichtung entsprechend.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 9 Dünnschliffen): Serizit (bis Muskowit) 25 bis 70 %, Quarz 3 bis 55 %, Granat 8 bis 30 %.

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie festgestellt wurden): Erze (Hämatit, Magnetit, Ilmenit, Pyrit, Limonit) 8, Turmalin 7, kohlige Substanzen 5, Biotit 4, Staurolith 4, Zoisit und Klinozoisit 4, Kalzit 3, Plagioklas 3, Chlorit 3, Chloritoid 2, Rutil 3, Zirkon 3, Apatit 2, Disthen 1.

Textur: schieferig, gefältelt.

Struktur: porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Granat und Serizit sind immer von blossem Auge schon sichtbar, zuweilen auch Quarz. Die andern Gemengteile können in der Regel erst im Dünnschliff wahrgenommen werden.

Das mikroskopische Bild ist selten ein klares, wegen der geringen Grösse der meisten Komponenten und der Trübung durch feinverteilte kohlige Substanzen. Serizit und Quarz bilden ein feines Grundgewebe, in dem die andern Komponenten eingebettet sind. Granat erscheint immer in Form von Porphyroblasten, die gewöhnlich lappige, unregelmässige Begrenzung und ausgesprochene Siebstruktur aufweisen; mitunter zeigen sich aber auch gut ausgebildete Rhombendodekaëder, die nur spärliche Einschlüsse führen. Die Farbe ist im Dünnschliff blassrosa. Es dürfte der gemeine Granat vorliegen. Von den Neben- und Uebergemengteilen hat keiner eine grosse Bedeutung. Im Dünnschliff wie im Handstück scheint die Kohlenmenge eine beträchtliche zu sein; in der chemischen Analyse aber zeigt sie sich ganz niedrig. Chloritoid kommt nur als Einschluss im Granat vor, in Form von kleinen Schüppchen. Disthen, Staurolith, Plagioklas und Biotit treten stellenweise porphyroblastisch auf, gewöhnlich mit Siebstruktur. Neben Turmalin, Zirkon und Rutil, ist nur noch Klinozoisit z. T. mehr oder weniger idiomorph.

Serizit und Quarz (in länglichen oder abgeplatteten Formen), und auch die stengeligen oder blätterigen Komponenten, wie Klinozoisit und Hämatit, sind einander gewöhnlich parallel gelagert, in ebenen oder gefältelten Streifen. Diese Streifen sind bald mehr, bald weniger mit kohliger Substanz pigmen-

tiert, was zeigt, dass sie der ursprünglichen Schichtung des sedimentären Ausgangsgesteins folgen. Je nach der Entwicklung ihrer Kristallform, verhalten sich die Granate der Schieferung und der Fältelung, wie auch den andern Komponenten gegenüber, verschieden. Die relativ seltenen idioblastischen Granate führen nur wenige Einschlüsse; in diesen sind aber sämtliche Mineralien des Grundgewebes vertreten, von denen Klinozoisit und Hämatit oft auch idioblastische Formen aufweisen. In Gesteinen, die sonst keine Fältelung zeigen, biegen die Serizitstreifen zuweilen etwas seitwärts ab, wenn ihnen ein kristallographisch gut entwickelter Granat in den Weg kommt. Hier hat der Granat während des Wachsens die Serizitstreifen nach der Seite geschoben. In gefältelten Gesteinen setzt sich die Fältelung durch die Idioblasten hindurch (helizitische Textur).

Gewöhnlich zeigen die Granate unregelmässige, lappige Gestalten, die sich durch ihren grossen Reichtum an Einschlüssen (Siebstruktur und skelettartige Formen) auszeichnen. Hier bestehen die Einschlüsse vorwiegend aus Quarz, ferner nur aus denjenigen Mineralien, die in einem niedrigeren Stadium der Metamorphose schon im Gestein vorhanden waren, wie z. B. Serizit und Chloritoid. Durch diese einschlussreichen Granate geht die Textur des Grundgewebes selten ungestört hindurch. Die Quer- und Längsschliffe, auch von ungefältelten Gesteinen, zeigen, dass die parallelen Quarz-Serizit-Kohle-Streifen sich oft schräg durch die Granate hindurch setzen, wie aus der Mikrophotographie (Fig. 3), ersichtlich ist. An zwei Stellen, die diagonal zum Granat liegen, ist Serizit stark angehäuft. Hier hat der Granat sich im Wachsen gedreht, bevor die Metamorphose und die Schieferung ihre jetzige Entwicklung erreichten. In Fig. 1 und 4 hat die Rotation des Granats etwa 90° erreicht und seine Randpartien sehen aus, wie wenn sie eine Torsion erlitten hätten. Fig. 2 und 5 zeigen eine intensivere « Torsion »; die Einschlüsse bilden S-förmige Streifen, während das Grundgewebe auch eine deutliche Fältelung aufweist.

Die erwähnten Torsionserscheinungen, wie auch die Natur der zahlreichen Einschlüsse (Quarz und Mineralien, die schon früher im Gestein vorhanden waren) zeigen, dass die Granate zum grössten Teil bereits im Anfang der Metamorphose (während des Zusammenschubs der Pioramulde) entstanden sind. Die idioblastischen Granate, die nur wenige, aber aus allen Mineralien des Grundgewebes bestehende Einschlüsse enthalten und öfters helizitische Textur besitzen, haben ihre

jetzige Ausbildung erst angenommen, als die Metamorphose weiter fortgeschritten war und die Textur sich nicht mehr viel änderte (vergl. Lit. **26**, S. 56-62).

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Granatphyllite in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise und zwar in die dritte Ordnung, eingereiht werden. Analysiert wurde ein Granatphyllit vom Südufer der Murinascia bei 1895 m. Im Dünnschliff lässt sich die Zusammensetzung des Gesteins auf etwa 50 % Quarz, 25 % Serizit, 15 % Granat, und Kalzit, Erze (Pyrit, Ilmenit), Biotit, Kohle, Apatit, Zoisit, Turmalin zusammen 10 % schätzen.

Analyse 11. — **Granatphyllit von der Murinascia bei 1895 m.**

Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte nach U. Grubenmann	
SiO_2	67,21	76,4	S	76,4
TiO_2	1,01			
Al_2O_3	12,84	8,5	A	2,4
Fe_2O_3	5,11	5,4	C	4,4
FeO	0,75		F	8,3
FeS_2	0,51		M	0,0
MnO	0,05		T	1,7
CaO	3,65	4,4	K	2,4
MgO	1,73	2,9		
K_2O	3,30	2,4	Projektionswerte.	
Na_2O	0,05	0,0	a	3,0
H_2O (+ 110°)	1,70	Summa 100,0	c	6,0
H_2O (— 110°)	0,15		f	11,0
P_2O_5	0,11			
CO_2	1,59			
C	1,06			
Summa	100,82			
Spez. Gewicht	2,85			

Der FeO-Gehalt ist auffallend niedrig für ein Gestein, das so reich an gemeinem (?) Granat ist. Dies beruht vielleicht auf Oxydation des Eisens während des Zerreibens und nachher, wie bei der Analyse des Granates vom Lago Tom (s. S. 558). Nach dem niedrigen Tonerdegehalt und dem relativ hohen Wert für CaO gehört dieses Gestein in die Gruppe der Plagioklasgneise, für welche die Gruppen- und Projektionswerte ebenfalls stimmen. Leider wurde für die Analyse kein typisches Gestein, sondern eines mit sehr niedrigem Serizitgehalt gewählt. Die Granatphyllite der Pioramulde dürften, wie

schon erwähnt, in der Regel in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise gehören.

Folgende Analyse eines « granatführenden Tonglimmerschiefers », die der Arbeit von U. GRUBENMANN (Lit. 10, S. 18) entnommen ist, zeigt auch den Chemismus der Plagioklasgneise.

Analyse XIII. — **Granatführender Tonglimmerschiefer.**

Anal. U. GRUBENMANN.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	72,24	80,8	S	80,8
TiO_2	3,01		A	1,6
Al_2O_3	11,79	7,5	C	4,8
Fe_2O_3	2,99	4,0	F	5,3
FeO	1,74		M	0,0
CaO	4,06	4,8	T	1,1
MgO	0,80	1,3	K	3,3
K_2O	0,85	0,6	Projektionswerte.	
Na_2O	0,97	1,0	a	3,0
H_2O, CO_2 (Glühverlust)	2,30	Summa 100,0	c	8,0
Summa	100,75		f	9,0
Spez. Gewicht	2,5667			

Die Analyse unterscheidet sich von der vorigen hauptsächlich durch niedrigere Werte für K_2O, Fe_2O_3 und MgO, höhere für Na_2O, FeO und TiO_2. Die Gruppen- und Projektionswerte der beiden Analysen zeigen keine grosse Unterschiede.

Granat-Karbonatphyllit entsteht aus dem vorhergehenden Gestein durch Zunahme des Karbonats. Er scheint nicht sehr häufig zu sein, denn ich habe ihn nur einmal im Dünnschliff angetroffen. Fundstelle : bei der Brücke südlich der Alpe Piora.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung im Dünnschliff) : Quarz 35 %, Serizit 35 %, Granat 15 %, Karbonat 10 %.

Nebengemengteile : Biotit, Chloritoid, Staurolith, Pyrit, Magnetit, Turmalin, Rutil, Kohle.

Textur : gefältelt.

Struktur : porphyroblastisch ; Grundgewebe lepido-granoblastisch.

Nach seinem Mineralbestand bildet dieses Gestein einen Uebergang zwischen den Granatphylliten (Gruppe der Tonerdesilikatgneise) und den Kalkphylliten (Gruppe der Kalksilikatgesteine).

6. Granat-Biotitphyllit

ist ein graues, schieferiges Gestein mit 5 bis 10 mm grossen, rotbraunen Granaten, die auf der angewitterten Oberfläche des Gesteins hervortreten. Es ist eine relativ seltene Gesteinsart, und wurde nur im Quartenschiefer östlich des Camoghè und der Bucca di Fongio von mir aufgefunden. Serizit bildet auf der Schieferungsfläche eine zusammenhängende Haut, während schwarze, oft quer zur Schieferung gestellte Biotitblätter hauptsächlich auf dem Längs- und Querbruch zum Vorschein kommen.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 3 Dünnschliffen geschätzt) : Granat 10 bis 30 %, Serizit 20 bis 55 %, Biotit 10 bis 20 %, Quarz 0 bis 50 %.

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden): Plagioklas 3, Chlorit 2, Disthen 1, Erze (Magnetit, Hämatit) 3, Klinozoisit 3, Rutil 2, Turmalin 3, Zirkon 3, Apatit 2, Chloritoid 1, Staurolith 1, Kohle 1.

Struktur : porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Textur : schieferig.

Das mikroskopische Bild zeigt grosse Granat- und kleinere Biotit-Porphyroblasten, eingebettet in einem Grundgewebe von feinschuppigem Serizit, Biotit und feinkörnigem Quarz. Der Biotit, der z. T. Porphyroblasten, z. T. Grundgewebe bildet, hat lappige Formen und den gewöhnlichen Pleochroismus : braun, zuweilen mit einem Stich ins Grüne || der Basis, blassstrohgelb ⊥ dazu. Die Granate sind z. T. idioblastisch, z. T. in ganz unregelmässigen Formen, skelettartig ausgebildet, und zeigen immer Siebstruktur. Die Schieferung wird hauptsächlich durch Serizitschuppen und abgeplattete Quarzkörner in annähernd paralleler Lagerung bedingt. Die Serizitstreifen biegen sich oft nach einer Seite, um den idioblastischen Granaten auszuweichen. Zuweilen kann man die Schieferung an Hand der Einschlüsse durch die Granate verfolgen; durch diese geht sie, wie bei den Granatphylliten, etwas schräg hindurch. Von den Neben- und Uebergemengteilen verdient keiner eine besondere Bemerkung.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Granat-Biotitphyllite in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise eingereiht werden, wo sie den Uebergang von der dritten zur zweiten Ordnung bilden. C. Schmidt (Lit. **33**, S. 54) hat ein solches Gestein analysieren lassen, mit folgendem Resultat :

Analyse XIV. — **Quarzhaltiger Granatglimmerschiefer von Piora.**

Anal. L. Duparc.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	67,96	76,2	S	76,2
Al_2O_3	18,80	12,4	A	3,8
Fe_2O_3	1,28	3,2	C	2,3
FeO	2,32		F	5,3
CaO	1,91	2,3	M	0,0
MgO	1,26	2,1	T	6,3
K_2O	4,23	3,1	K	2,3
Na_2O	0,67	0,7	Projektionswerte.	
CO_2, C, H_2O	2,25	Summa 100,0	a	6,5
			c	4,0
			f	9,5
Summa	100,68			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte stimmen ziemlich gut mit denen der Tonerdesilikatgneise überein.

7. Granat-Glimmer-Plagioklasgneise

kommen zusammen mit den schwarzgrauen Granatphylliten vor, und sind von diesen makroskopisch gewöhnlich nicht zu unterscheiden. Bisweilen aber führen sie reichlich Biotit (zur Schieferung quergestellt), während die dunklen Granatphyllite biotitarm sind. Hellere Gneise finden sich im Quartenschiefer, vergesellschaftet mit Granat-Biotitphylliten und Granatphylliten, von denen sie im Terrain auch nicht zu unterscheiden sind.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 8 Dünnschliffen): Granat 10 bis 30 %, Plagioklas 8 bis 45 %, Quarz 0 bis 40 %, Serizit (z. T. Muskowit) 0 bis 40 %, Biotit 0 bis 30 % (gesamter Glimmer 20 bis 45 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden): Zoisit bis Pistazit 8, Erze (Magnetit, Hämatit, Pyrit, Limonit) 7, Turmalin 6, Rutil 5, Karbonat 3, Chlorit 4, Kohle 4, Zirkon 2, Apatit 1, Staurolith 1.

Textur: schieferig, seltener gefältelt oder gestreckt.

Struktur: porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Die Dünnschliffe sind denen der Granatphyllite sehr ähnlich. Granat ist immer, Biotit und Plagioklas gewöhnlich porphyroblastisch ausgebildet. Die Porphyroblasten zeigen oft Siebstruktur. Wo sehr viel Plagioklas vorhanden ist,

bildet er ein poikiloblastisches « Grundgewebe ». Biotit (braun || der Basis, strohgelb ⊥ dazu) tritt oft stark zurück und wird zum Nebengemengteil. Auch der Fall, dass Serizit durch Biotit oder Quarz durch Plagioklas vollständig verdrängt wird und im Dünnschliff fehlt, kommt zuweilen vor.

Der Plagioklas ist gewöhnlich Andesin. Wo die Textur eine gefältelte ist, setzt sich die Fältelung durch die Feldspäte hindurch, ohne dass die Zwillingslamellen (die nur selten vorhanden sind) dadurch gestört werden. Hier wurden also die Feldspäte gebildet, nachdem die Fältelung schon vollendet war; auch ihr poikiloblastisches Auftreten spricht dafür, dass die Plagioklase im Endstadium der Metamorphose sich entwickelten. Die Granate sind gewöhnlich als Rhombendodekaeder annähernd idiomorph, z. T. erscheinen sie aber auch ohne Kristallflächen. Sie führen nur wenig Einschlüsse, in der Hauptsache Klinozoisit, Rutil, Erz und kohlige Partikel. Gegenüber Schieferung und Fältelung verhalten sie sich wie die annähernd idioblastischen Granate der Granatphyllite. Die Granate haben somit hier ein höheres Stadium der Metamorphose erreicht als es im allgemeinen bei den schwarzgrauen Granatphylliten der Fall ist. Das Auftreten von Plagioklas und Biotit spricht auch dafür, dass die vorliegenden Gneise höher metamorph sind, als die Granatphyllite. Mit Ausnahme der erwähnten Unterschiede gleichen sie diesen vollständig und brauchen deshalb hier nicht weiter beschrieben zu werden.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Granat-Glimmer-Plagioklasgneise in die Gruppe der Plagioklasgneise eingereiht werden, und zwar in das Uebergangsgebiet zwischen Meso- und Epizone.

C. Schmidt (Lit. **33**, S. 47) beschreibt « Granat-Zoisit-Hornfelse » von Val Piora und Val Canaria folgendermassen :

« Als das letzte Stadium kristalliner Entwicklung der schwarzen Bündnerschiefer haben wir dichte, bläulich-schwarze, äusserst zähe, meist durchaus massig ausgebildete Gesteine zu betrachten, welche sehr viele Analogien mit den Hornfelsen von Granitkontaktzonen zeigen und auch mit demselben Namen belegt werden mögen, ohne dass aber dadurch auch gleiche Art ihrer Entstehung angenommen werden soll. Der grösste Teil dieser Gesteine enthält rundliche, auf Bruchflächen schwarz glänzende Granaten, 5 mm bis 1 cm im Querschnitt messend. Dieselben wittern nicht aus dem Gestein frei heraus, sondern bilden, überzogen von Teilen der serizitischen Grundmasse, knotige Anschwellungen an der Oberfläche des Gesteins. Einige Varietäten enthalten

schwarz-glänzenden Biotit, dessen scharf umgrenzte Blättchen beliebig im Gestein orientiert sind. Zoisit ist makroskopisch nur selten wahrnehmbar. Gelegentlich enthalten diese Gesteine auch Quarzknauer.

Unter dem Mikroskop zeigt die äusserst feinkörnige Grundmasse immer Parallelstruktur, und zwar ist die Schieferung meist ebenflächig, seltener verworren, flaserig oder manigfach gefältelt. Graphitoidschuppen und opake Erze sind es hauptsächlich, welche die Richtung der Flaserung bestimmen. Die übrigen Gemengteile der Grundmasse sind Quarz, Serizit, Rutil und Feldspat. Letzterer bildet oft grössere, mannigfach unterbrochene Komplexe; er stellt gleichsam die Matrize dar, in welcher die übrigen Materialien eingesprengt sind. Manchmal zeigt er Zwillingsstreifung. Je dichter die Grundmasse der Hornfelse entwickelt ist, um so grösser ist ihr Gehalt an Feldspat. Die Art des Auftretens erinnert vollkommen an kontaktmetamorphe Hornfelse. In den meisten Varietäten sind auch in wechselnden Mengen Kalzitkörner vorhanden. »

Nach dieser Beschreibung ist es klar, dass die Granathornfelse von Schmidt, z. T. wenigstens, mit meinen Granat-Glimmer-Plagioklasgneisen identisch sind. Zu der zitierten Beschreibung fügt Schmidt noch folgende Analysen (Lit. **33**, S. 54).

Analysen XV, XVI u. XVII. — **Granathornfelse von Piora.**

Anal. Dr. Scheid.

SiO_2	40,08	52,91	62,19
TiO_2	—	3,40	2,47
ZrO_2	—	2,75	0,20
Al_2O_3	10,42	18,68	15,31
Fe_2O_3	4,61	9,10	10,84
FeO	3,57	2,42	2,03
CaO	19,48	3,02	1,44
MgO	1,85	0,70	0,13
K_2O	2,11	2,07	1,57
Na_2O	5,18	2,34	1,14
CO_2	8,64	—	—
C	3,15	0,50	0,48
H_2O	2,11	2,04	1,49
F	—	—	0,54
	101,20	99,93	99,83

Molekularprozente.

SiO_2 $\left\{ \begin{matrix} + TiO_2 \\ + ZrO_2 \end{matrix} \right\}$	48,4	67,1	73,8
Al_2O_3	7,4	13,0	10,4
FeO	7,8	10,5	11,4
CaO	25,3	3,8	1,8
MgO.	3,3	1,2	0,2
K_2O	1,6	1,6	1,2
Na_2O	6,1	2,7	1,3
Summa	99,9	Summa 99,9	Summa 100,1

Gruppenwerte.

S	48,4	67,1	73,8
A	7,7	4,3	2,5
C	0,0	3,8	1,8
F	36,1	11,7	11,6
M.	25,3	0,0	0,0
T	0,0	4,9	6,1
K	0,6	1,5	2,2

Projektionswerte.

a	3,5	4,5	3,0
c	0,0	4,0	2,5
f	16,5	11,5	14,5

Analyse XVI stimmt ziemlich gut mit denen der Plagioklasgneise überein. Der CaO-Gehalt von XVII ist zu niedrig für diese Gruppe, und das Gestein muss zu den Tonerdesilikatgneisen gerechnet werden. Nach den hohen Werten für CaO und CO_2 gehört XV in die Gruppe der Kalksilikatgesteine. Auffallend ist bei dieser Analyse der hohe Wert für Na_2O, der für die Bündnerschiefer des Val Piora etwas Aussergewöhnliches ist. Da die älteren Methoden der Alkalibestimmung nicht ganz zuverlässig waren, zweifle ich an der Richtigkeit dieser Zahl.

Durch Hinzutreten von Karbonat zu den Hauptgemengteilen entsteht :

Plagioklas-Karbonat-Granatphyllit. — Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen im Dünnschliff geschätzt) : Andesin 25 %, Serizit 20 %, Karbonat 20 % (ohne Zwillingslamellen), Quarz 15 %, Granat 12 %.

Neben- und Uebergemengteile : Klinozoisit, Biotit, Kohle, Magnetit, Pyrit, Limonit, Turmalin.

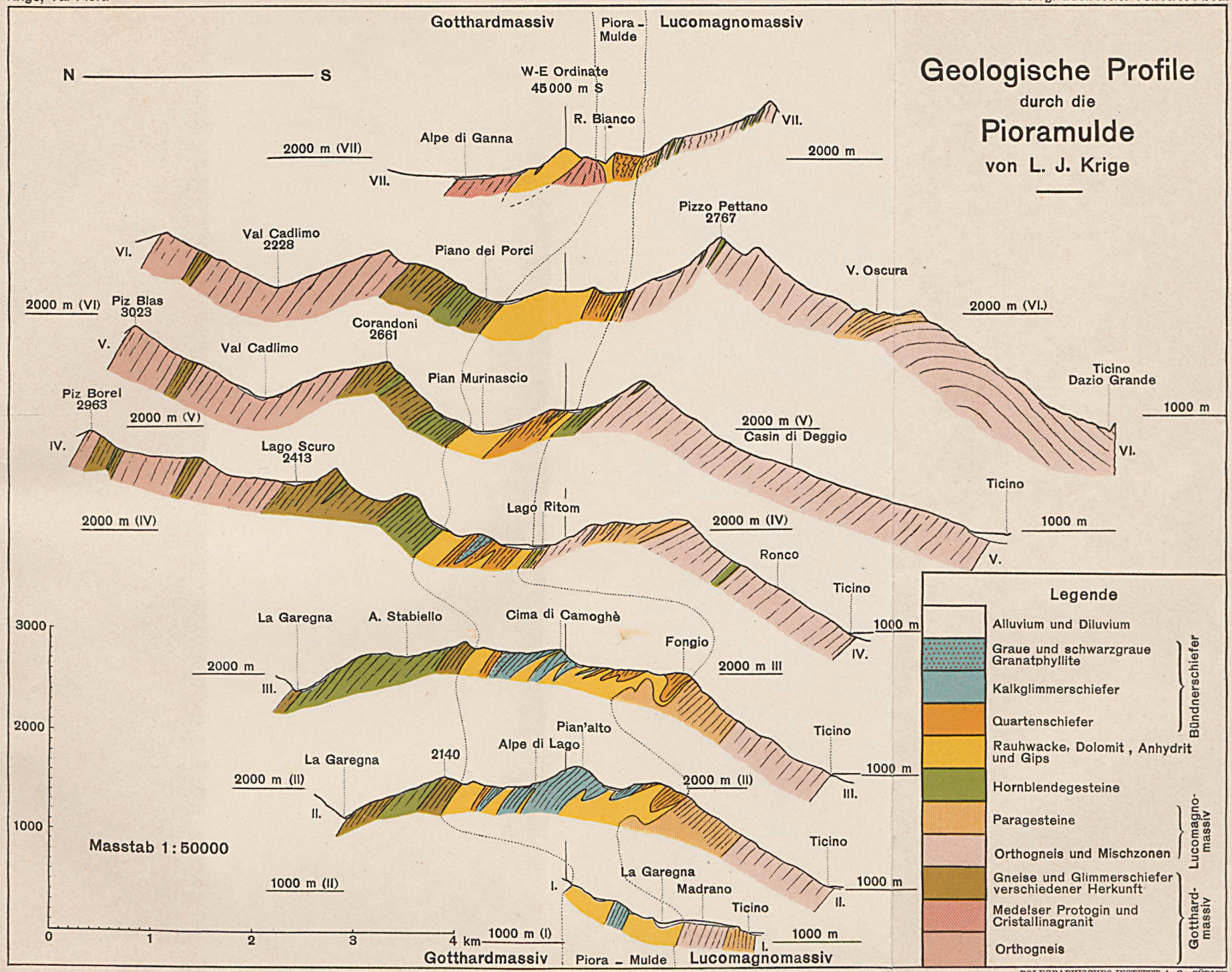
Textur : kristallisationsschieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit grano-lepidoblastischem Grundgewebe.

Eclog. Geol. Helv. Vol. XIV. Pl. XI.

Geologische Profile durch die Pioramulde

von L. J. Krige



POLYGRAPHISCHES INSTITUT A.-G., ZÜRICH

Granat und Plagioklas bilden die Porphyroblasten und haben Siebstruktur. Fundstelle : am Grat südlich der Murinasciaschlucht bei 1900 m.

Nach seinem Mineralbestand bildet dieses Gestein einen Uebergang zwischen den Plagioklasgneisen und den Kalksilikatgesteinen. Sein Chemismus dürfte etwa der Analyse XV (S. 613) entsprechen, die sich vermutlich auf ein ähnliches Gestein bezieht.

8. Die Staurolith-Granatphyllite

sind hell- bis dunkelgraue, selten rötlich- oder bräunlichgraue Gesteine, die im unteren und im oberen Bündnerschiefer zwischen Camoghè und Alpe Piora häufig vorkommen. Die hellen Varietäten (Quartenschiefer) sind in der Fallrichtung oft linear gestreckt, die dunkeln dagegen sind annähernd massig oder schwach geschiefert. Von blossem Auge erkennt man Granat, Staurolith und Glimmer, seltener auch Quarzit.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen geschätzt in 13 Dünnschliffen): Serizit 5 bis 65 %, Staurolith 10 bis 50 %, Granat 10 bis 40 %, Quarz 0 bis 35 %, [Biotit 0 bis 12 %], (gesamter Glimmer 7 bis 65 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden) : Erze (Hämatit, Magnetit, Ilmenit, Pyrit, Limonit) 13, Disthen 6, Chloritoid 12, Turmalin 10, kohlige Substanzen 6, Epidot bis Zoisit 4, saurer Plagioklas 4, Zirkon 1, Rutil 2, Chlorit 1.

Textur : schwach geschiefert bis kristallisationsschieferig, gefältelt, linear gestreckt.

Struktur : porphyroblastisch mit vorwiegend lepidoblastischem Grundgewebe.

In den Dünnschliffen scheint Serizit etwas stärker, Quarz etwas schwächer vertreten als Granat und Staurolith, die einander ungefähr das Gleichgewicht halten. Der Quarzgehalt ist sehr schwankend, während die relativen Mengen der andern Hauptkomponenten sich verhältnismässig wenig ändern. Staurolith und Granat bilden immer Porphyroblasten, gewöhnlich mit Siebstruktur, die bei Staurolith ihre schönste Entwicklung erreicht. Auch Disthen, Biotit und Plagioklas treten zuweilen einsprenglingsartig auf und besitzen dann häufig ebenfalls Siebstruktur.

Staurolith erscheint in Gestalt von annähernd idioblastischen Säulen oder in unregelmässigen Lappen. Wie bei Granat, so ist auch hier die Siebstruktur bei weitem nicht so ausgeprägt in den kristallographisch gut entwickelten

Formen wie in den lappigen. Die Länge der Säulen schwankt zwischen 1 mm und 5 cm; die grössten finden sich unterhalb dem Fussweg zwischen Lago Ritom und San Carlo. Zwillinge nach (032), sowie nach (232) sind häufig. Oft zeigt Granat eine bessere kristallographische Ausbildung als Staurolith, während das Umgekehrte viel seltener vorkommt. Die Ursache hiervon dürfte vielleicht darin liegen, dass das Verhältnis zwischen Kristallisationskraft und Kristallisationsgeschwindigkeit beim Granat ein anderes ist als beim Staurolith. Staurolith wurde gelegentlich als Einschluss in Granat angetroffen, und scheint hier früher als dieser entstanden zu sein. Auch sind Granat und Staurolith ab und zu miteinander und mit Disthen verwachsen, was aber über die Reihenfolge ihrer Entstehung keine Schlüsse ziehen lässt.

Chloritoid, der in den andern Gesteinen des Val Piora nur selten angetroffen wurde, findet sich fast ausnahmslos in den Staurolith-Granatphylliten in kleinem Betrage. Er erscheint in Form von kleinen, lappigen Schuppen, die selten radialstrahlig angeordnet sind, als Einschluss im Granat, ausnahmsweise auch im Staurolith oder im Grundgewebe. Hämatit kommt in den meisten Porphyroblasten als Einschluss vor. Die übrigen Komponenten verhalten sich wie in den anderen Gesteinsarten. Wie dort wird das Grundgewebe auch hier durch Serizit und feinkörnigen Quarz gebildet.

Die Textur ist gewöhnlich schieferig durch die parallel gelagerten Serizitschuppen; stellenweise aber bemerkt man in Querschliffen eine schwache Fältelung, als Folge eines Zusammenschubs in der Streichrichtung des Gesteins.

In schieferigen Gesteinen scheinen Granat und Staurolith (beide immer porphyroblastisch) zuweilen weder die Schieferung zu beeinflussen noch von dieser beeinflusst zu sein. Gewöhnlich liegen die Verhältnisse aber anders, und zwar so, dass 1. die der Schieferung folgenden Serizitstreifen sich etwas nach der Seite biegen um den genannten Porphyroblasten auszuweichen, oder 2. die Schieferung, wie an Hand der Quarzeinschlüsse und des kohligen Pigments zu verfolgen, glatt durch Granat und Staurolith durchgeht, oder 3. die Schieferungsfläche sich schräg durch diesen hindurch zieht, um nachher wieder ihre alte Richtung anzunehmen. Hieraus geht hervor, dass die Granat- und Staurolithbildung vor, während und nach der Schieferung stattfand.

In gefältelten Gesteinen setzt sich die Fältelung gewöhnlich völlig unabhängig durch die Staurolithe hindurch, seltener aber durch die Granate, denen sie zuweilen ausweicht. Es

scheint somit, als ob hier die Granate z. T. schon vor oder während der Fältelung gebildet wurden, die Staurolithe aber erst nachher. Oben (S. 616) habe ich aber, gestützt auf das Vorkommen von Staurolith als Einschluss in Granat, gesagt, dass dieser auch stellenweise später als jener entstanden ist. Die Erklärung dieses scheinbaren Widerspruches dürfte sein, dass die Bildung des Granats früher anfing, aber später aufhörte als die Staurolithbildung.

In einem Dünnschliff setzt sich die Schieferung durch die Staurolith- und Granat-Porphyroblasten glatt hindurch, weicht einem im Granat eingeschlossenen Chloritoidblättchen aber aus. Das zeigt, dass Chloritoid hier älter ist als die Schieferung, der Granat dagegen jünger. Schon der Umstand, dass Chloritoid fast immer in Granat eingeschlossen ist, liess seine frühe Entstehung vermuten.

Nach ihrem Mineralbestand gehören die Staurolith-Granatphyllite in die dritte Ordnung der Gruppe der Tonerdesilikatgneise.

9. Die Disthen-Staurolith-Granatphyllite und Disthen-Staurolith-Granat-Glimmer-Plagioklasgneise

kommen neben den Staurolith-Granatphylliten vor und sehen diesen ähnlich. Neben Staurolith, Granat und Serizit kann auch noch Disthen makroskopisch erkannt werden in Gestalt von schlanken Stengeln, die stellenweise garbenförmig gruppiert sind und eine Länge von 5 bis 10 cm erreichen können, gewöhnlich aber viel kleiner sind.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 9 Dünnschliffen): Staurolith 5 bis 45 %, Disthen 5 bis 25 %, Granat 5 bis 25 %, Quarz 5 bis 40 %, Serizit (z. T. Muskowit) 10 bis 40 %, [Biotit 0 bis 20 %], (gesamter Glimmer 14 bis 60 %), [Plagioklas (Oligoklas bis Andesin) 0 bis 12 %, Chlorit 0 bis 9 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden): Erze (Magnetit, Ilmenit, Hämatit, Limonit) 9, Rutil 5, Turmalin 5, Kohle 5, Zoisit 3, Zirkon 2, Chloritoid 1.

Textur: schwach schieferig bis kristallisationsschieferig, z. T. linear gestreckt, selten gefältelt.

Struktur: porphyroblastisch mit vorwiegend lepidoblastischem Grundgewebe.

Die wesentlichen Gemengteile können gewöhnlich schon makroskopisch erkannt werden, die anderen in der Regel erst im Dünnschliff. Unter dem Mikroskop scheinen die Hauptgemengteile durchschnittlich ungefähr gleich stark vertreten

zu sein. Auch Biotit, Plagioklas und Chlorit sind zuweilen so reichlich vorhanden, dass sie zu den Hauptgemengteilen gerechnet werden müssen. Man gelangt so zu folgenden Unterabteilungen, die neben dem eigentlichen Disthen-Staurolith-Granatphyllit auftreten :

a) Disthen-Staurolith-Granat-Biotitphyllit;

b) Disthen-Staurolith-Granat-Serizit-Plagioklasgneis;

c) Disthen-Staurolith-Granat-Biotit-Serizit-Plagioklasgneis;

d) Disthen-Staurolith-Granat-Biotit-Serizit-Chlorit-Plagioklasgneis.

Disthen, Staurolith und Granat sind porphyroblastisch ausgebildet, zuweilen auch Plagioklas und Biotit. Granat erscheint z. T. in mehr oder weniger idioblastischen Rhombendodekaëdern, mit spärlichen Einschlüssen (hauptsächlich Erze und Serizit), z. T. besitzt er lappige Formen, die zahlreiche Einschlüsse führen (Siebstruktur). Staurolith und Disthen zeigen gewöhnlich ganz formlose Gestalten, mit ausgesprochener Siebstruktur; stellenweise aber sind bei Staurolith die Prismenflächen gut entwickelt, während die Spaltflächen (100) und (010) bei Disthen sehr selten auftreten. Staurolith bildet häufig Zwillinge und vereinzelt kommt sogar ein Durchkreuzungszwilling von Disthen und Staurolith vor. Diese beiden schwanken in der Grösse viel mehr als Granat; die Staurolithsäulen erreichen eine Länge von bis 5 cm, die Disthenstengel 1 bis 10 cm, am Abhang nördlich der Alpe Campo, unterhalb des Weges nach San Carlo. Die Schuppen des farblosen Glimmers sind hier teilweise bedeutend grösser als in den Granatphylliten und Staurolith-Granatphylliten, und dürfen schon als Muskovit bezeichnet werden. Die übrigen Komponenten haben das gleiche Aussehen wie sonst.

Die Schieferung geht gewöhnlich glattdurch die Porphyroblasten hindurch, wo sie an Hand der kohligen Substanzen und Hämatitblätter verfolgt werden kann; seltener verläuft sie in den Porphyroblasten etwas schräg zur Schieferungsebene des Gesteins, oder die Serizitstreifen, welche die Schieferung markieren, biegen sich seitwärts, um den idioblastischen Granaten auszuweichen. Die selten vorhandene Fältelung setzt sich durch alle Porphyroblasten hindurch, ohne im geringsten durch diese gestört zu werden.

Nach ihrem Mineralbestand gehören diese Gesteine in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise, in die dritte, z. T. auch in die zweite Ordnung. Analysiert wurde ein Granat-Disthen-Staurolith-Muskowit-Biotit-Plagioklasgneis von 2060 m süd-

lich des Gipfels der Motta. Im Dünnschliff wurde sein Mineralbestand geschätzt auf 30 % Muskowit, 15 % je Granat, Disthen und Staurolith, 10 % Biotit, 10 % Plagioklas, 5 % Quarz (Hämatit, Ilmenit, Rutil, Chlorit und Kohle spurenweise vorhanden).

Analyse 12. — **Granat-Disthen-Staurolith-Muskowit-Biotit-Plagioklasgneis vom Südhang von La Motta bei 2060 m.**

Anal. L.-J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	42,02	54,1	S	54,1
TiO_2	1,82		A	6,3
Al_2O_3	33,36	24,5	C	3,1
Fe_2O_3	4,26		F	7,1
FeO	2,92	7,1	M	0,0
MnO	0,03		T	15,2
CaO	2,29	3,1	K	1,1
MgO	2,67	5,0		
K_2O	5,47	4,4	Projektionswerte.	
Na_2O	1,59	1,9	a	7,5
H_2O (+ 110°) (Glühverlust)	3,79	Summa 100,1	c	4,0
H_2O (— 110°)	0,31		f	8,5
S	0,00			
P_2O_5	Spur			
Summa	100,53			
Spez. Gewicht	2,98			

Da die gewöhnliche Methode in diesem Fall immer einen zu niedrigen Wassergehalt gab, wurde das Wasser als Glühverlust bestimmt und der erhaltene Wert für die Oxydation des FeO korrigiert. Auffallend ist der ausserordentlich hohe Tonerdegehalt, was übrigens schon nach dem Mineralbestand zu erwarten war. Analyse, Gruppen- und Projektionswerte stimmen ziemlich gut mit denen, welche die Tonerdesilikatgneise im allgemeinen aufweisen.

10. Die Staurolith-Glimmerschiefer und Staurolith-Glimmer-Plagioklasgneise.

Es sind graue, mehr oder weniger schieferige Gesteine, die in der Fallrichtung gewöhnlich deutlich gestreckt erscheinen. Nördlich und östlich des Lago Ritom wurden sie öftrs im unteren Bündnerschiefer angetroffen. Sie erreichen ihre schönste Ausbildung zwischen der Campoebene (die sich in

der Zukunft z. T. unter Wasser befinden wird) und dem Fussweg, der von der NE Ecke des Lago Ritom nach der Kapelle von San Carlo führt, ungefähr an der Stelle, wo die östlichere der zwei Quellen auf der Karte angegeben ist. Hier zeigen die Staurolithsäulchen oft eine Länge von 5 cm oder mehr.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 9 Dünnschliffen): Staurolith 12 bis 65 %, Quarz 4 bis 45 %, Serizit (z. T. Muskowit) 20 bis 50 %, Biotit 0 bis 30 %, (gesamter Glimmer 20 bis 65 %), [Plagioklas 0 bis 20 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden): Erze (Magnetit, Hämatit, Ilmenit, Pyrit, Limonit) 8, Disthen 7, Turmalin 8, Plagioklas (Oligoklas bis Andesin) 4, Rutil 4, Zoisit-Epidot 4, Chlorit 6, Kohle 2, Granat 2, Chloritoid 1, Zirkon 1.

Textur: schwach geschiefert bis kristallisationsschieferig, gestreckt.

Struktur: porphyroblastisch; Grundgewebe vorwiegend lepidoblastisch, untergeordnet auch granoblastisch.

Die Hauptgemengteile können schon von blossem Auge erkannt werden, die übrigen Komponenten in der Regel erst im Dünnschliff. Unter dem Mikroskop scheint die Zusammensetzung der Staurolith-Glimmerschiefer ziemlich viel zu schwanken; nur Staurolith ist in allen Dünnschliffen einigermassen gleichmässig verteilt. Biotit und Serizit halten einander das Gleichgewicht, oder einer von beiden tritt stark zurück und wird zum Nebengemengteil, oder fehlt sogar im Dünnschliff. In vereinzelten Fällen ist Plagioklas so stark vertreten, dass er zu den Hauptgemengteilen gerechnet werden muss. Es lassen sich somit folgende Typen unterscheiden:

a) Staurolithphyllit;
b) Staurolith-Zweiglimmerschiefer;
c) Staurolith-Biotitschiefer;
d) Staurolith-Serizit-Plagioklasgneis;
e) Staurolith-Zweiglimmer-Plagioklasgneis.

Von diesen sind *a* und *b* wesentlich mehr verbreitet als die andern, die nur selten angetroffen wurden. Mit Ausnahme des Staurolith-Biotitschiefers, der abweichende Eigenschaften zeigt und deshalb für sich allein beschrieben wird, unterscheiden sich die andern Gesteine dieser Gattung nicht wesentlich von einander. Staurolith bildet siebartige Porphyroblasten, z. T. mit gut entwickelten Kristallflächen, z. T. formlos. Disthen und Granat treten ebenfalls einsprenglingsartig auf, wie auch zuweilen Biotit, Plagioklas und Magnetit. Die Schieferung

geht gewöhnlich glatt durch die Porphyroblasten hindurch.

Nach ihrem Mineralbestand gehören die hier beschriebenen Gesteine in das Grenzgebiet zwischen zweiter und dritter Ordnung der Tonerdesilikatgneise.

Der *Staurolith-Biotitschiefer* ist ein schwarzbraunes, klein- bis feinkörniges, schwach geschiefertes oder auch massiges Gestein, das sich durch grosse Zähigkeit auszeichnet. Seine Verbreitung dürfte sehr beschränkt sein, denn ich habe ihn nur an zwei Stellen im Quartenschiefer, östlich der Alpe Campo angetroffen (bei 1930 m nördlich der Buchstaben « an » von « Fontanelle » auf der Karte, und am Fussweg bei 2040 m, südlich der Ziffern « 66 » von « 2066 »). Biotit tritt oft so stark zurück, dass die Bezeichnung « Staurolithfels » berechtigt erscheint. Im Dünnschschliff (ich besitze nur einen vom analysierten Handstück, von der zuerst genannten Fundstelle) wurde der Mineralbestand folgendermassen geschätzt: Staurolith 65 %, Biotit 15 %, Disthen, Erz, Quarz je 5 %, Turmalin, Apatit, Rutil, Chlorit (aus Biotit) in kleinen Beträgen.

Textur : massig.

Struktur : granoblastisch bis porphyroblastisch.

Staurolith findet sich meistens in Gestalt von annähernd idioblastischen Säulchen, die eine Länge von 1 bis 5 mm besitzen und oft Zwillinge bilden. Zwischen diesen liegt Disthen in Form von Stengeln, seltener als formlose Füllmasse, während der übrig gebliebene Raum durch olivgrünen, allotriomorphen Biotit ausgefüllt wird. Erze (Hämatit, Magnetit) und Quarz bilden Einschlüsse in den andern Komponenten, und dürften ein höheres Alter als diese besitzen. Auch ist es klar, dass Staurolith zum grössten Teil früher als Disthen und Biotit gebildet wurde. Die kristalloblastische Reihe lautet : Staurolith, Erze—Disthen—Biotit—Quarz.

Nach Mineralbestand, Struktur und Textur muss der Staurolith-Biotitschiefer in die zweite Ordnung der Tonerdesilikatgneise eingereiht werden.

Analyse 13. — **Staurolith-Biotitschiefer (Staurolithfels), SE der Alpe Campo.**

Anal. H. Roothaan.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	31,33	42,2	S	42,2
TiO_2	0,76		A	2,9
P_2O_5	0,54		C	2,1
Al_2O_3	42,51	33,2	F	19,7
Cr_2O_3	Spur		M	0,0
Fe_2O_3	13,06		T	28,2
FeO	3,88	17,6	K	1,0
MnO	0,19			
CaO	1,45	2,1	Projektionswerte.	
MgO	1,06	2,1	a	2,4
K_2O	2,70	2,3	c	1,7
Na_2O	0,50	0,6	f	16,0
H_2O (+ 110°)	1,54	Summa 100,1		
H_2O (— 110°)	0,00			
Summa	99,52			
Spez. Gewicht	3,46			

Diese Analyse zeichnet sich aus durch ihren niedrigen Kieselsäure- und ungemein hohen Tonerdegehalt, der auch für Gesteine dieser Gruppe etwas aussergewöhnliches ist. Merkwürdig ist ferner das Verhältnis zwischen den Eisenoxyden; man hätte eher das Vorwiegen von FeO über Fe_2O_3 erwartet, denn im Staurolith, der die Hauptmenge des Eisens enthält, ist dieses zweiwertig. Wie im Granat (s. S. 558 u. 608), so dürfte auch das Eisen im Staurolith sich beim Zerreiben und während der Analyse von FeO zu Fe_2O_3 oxydieren. Findet diese Oxydation nicht vielleicht immer statt bei der Analyse eisenhaltiger Gesteine? Jedenfalls dürfte sie viel häufiger eintreten, als im allgemeinen angenommen wird. Eine weitere charakteristische Eigenschaft des Staurolithfelses ist sein hohes spezifisches Gewicht.

11. Die Disthen-Glimmerschiefer und Disthen-Glimmer-Plagioklasgneise

sind graue, mehr oder weniger schieferige, seltener auch gefältelte Gesteine, die in der Fallrichtung fast ausnahmslos deutlich gestreckt sind. Sie sehen den Glimmerschiefern und Glimmer-Plagioklasgneisen ganz ähnlich, nur kommt noch Disthen zu den andern makroskopisch sichtbaren Komponenten hinzu. Sie begleiten die genannten Gesteine und sind im unteren Bündnerschiefer allgemein verbreitet.

Die Disthenglimmerschiefer und -gneise umfassen folgende fünf Gesteinsarten :

a) Disthen-Biotitschiefer;
b) Disthen-Muskowitschiefer;
c) Disthen-Zweiglimmerschiefer;
d) Disthen-Biotit-Plagioklasgneis;
e) Disthen-Zweiglimmer-Plagioklasgneis.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 12 Dünnschliffen) : Disthen 8 bis 55 %, Quarz 0 bis 45 %, Biotit 4 bis 60 %, Serizit-Muskowit 1 bis 50 %, (gesamter Glimmer 20 bis 75 %), [Plagioklas 0 bis 20 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie angetroffen wurden) : Erze 7, Zoisit-Epidot 8, Turmalin 12, Rutil 9, Zirkon 5, Apatit 4, Chlorit 4, Staurolith 4, Granat 2, Kalzit 1, Kohle 4.

Textur : schieferig, stengelig, gefältelt und immer gestreckt.

Struktur : porphyroblastisch ; Grundgewebe vorwiegend lepidoblastisch, z. T. granoblastisch.

In den Dünnschliffen sind Quarz, Disthen und Biotit ungefähr gleich stark vertreten. Die zwei letzten, sowie auch der seltener vorhandene Plagioklas, bilden gewöhnlich Porphyroblasten mit unregelmässiger Umgrenzung und häufig mit Siebstruktur, die jedoch bei Biotit weniger vorkommt. Die Disthenstengel, die eine Länge von bis 5 cm erreichen können, gewöhnlich aber viel kleiner sind, liegen in der Regel in der Schieferungsebene, meistens parallel der Längsrichtung, aber auch kreuz und quer. (Die geringste Härte des Disthens ist somit vorwiegend der Streckung des Gesteins parallel gerichtet.) Kristallographische Flächen sind bei Disthen nie gut ausgebildet. Biotit besitzt starken Pleochroismus : grünlichbraun bis bräunlich-grün parallel der Basis, strohgelb senkrecht dazu. Der Plagioklas ist gewöhnlich Oligoklas; stellenweise zeigt er Zwillingslamellen.

Schieferung und Streckung können oft an Hand der Quarzeinschlüsse und kohligen Substanzen durch die Porphyroblasten verfolgt werden. Serizitstreifen biegen sich z. T. seitwärts um Biotit, niemals aber um Disthen oder Plagioklas auszuweichen. In gefältelten Gesteinen setzt sich die Fältelung durch Disthen und Plagioklas fort, ohne diese zu stören, während die Biotitblätter, die hier nur klein und nicht porphyroblastisch sind, manchmal Biegungen aufweisen. Nur einmal fand ich einen stark gebogenen Disthenstengel mit hochgradig undulöser Auslöschung. Biotit scheint somit z. T. eine frühere Bildung darzustellen als Disthen und Plagioklas;

für die Richtigkeit dieser Vermutung spricht auch die Tatsache, dass Siebstruktur bei Biotit weniger vorkommt als bei den anderen. Die Biotitblätter sind häufig quer zur Schieferung gestellt, wie bei den Zweiglimmerschiefern. Wie dort ist dieses Verhalten der Stresswirkung zu verdanken, und ich verweise auf das dort Gesagte (siehe S. 597 ff.). Im übrigen gleichen diese Gesteine nach Struktur, Textur und Mineralbestand vollständig den Glimmerschiefern.

Von den hier beschriebenen Gesteinen sind die Disthen-Zweiglimmerschiefer weitaus die häufigsten; die anderen Arten wurden nur selten angetroffen. Wahrscheinlich ist auch ein Disthen-Muskowit-Plagioklasgneis im Pioratal vorhanden, ich habe ihn aber nicht angetroffen.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Disthen-Glimmerschiefer in die Gruppe der Tonerdesilikatgneise eingereiht werden, wo sie eine Stellung zwischen der zweiten und dritten Ordnung einnehmen. Die Disthen-Glimmer-Plagioklasgneise bilden einen Uebergang von dieser Gruppe in die der Plagioklasgneise. Analysiert wurde ein Disthen-Glimmerschiefer, der im Dünnschliff schätzungsweise etwa 35 % Quarz, 30 % Disthen, 20 % Biotit und 15 % Serizit-Muskowit enthält. Staurolith, Turmalin, Chlorit, Erz, Rutil, Zirkon und Apatit sind spurenweise vorhanden. Das Gestein stammt vom Quartenschiefer beim « o » von « Val Piora » auf der Karte.

Analyse 14. — **Disthen-Zweiglimmerschiefer, SE Pian Murinascio.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	67,43	76,6	S	76,6
TiO_2	1,12		A	2,6
P_2O_5	Spur		C	1,2
Al_2O_3	21,35	14,1	F	5,5
Fe_2O_3	1,70	2,6	M	0,0
FeO	1,25		T	10,3
MnO	0,00		K	3,3
CaO	1,04	1,2		
MgO	1,71	2,9	Projektionswerte.	
K_2O	3,05	2,2	a	5,5
Na_2O	0,35	0,4	c	2,5
H_2O (— 110°)	0,04	Summa 100,0	f	12,0
H_2O (+ 110°)	1,31			
Summa	100,35			
Spez. Gewicht	2,92			

Chemismus, Gruppen- und Projektionswerte sind typisch für die Tonerdesilikatgneise

12. Die Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer und Disthen-Staurolith-Glimmer-Plagioklasgneise.

Auch diese Gesteine kommen in ziemlich allgemeiner Verbreitung im Quartenschiefer vor. Sie bilden Uebergänge zwischen den in den zwei letzten Abschnitten (10 u. 11) beschriebenen Gesteinsarten, und sehen ihnen makroskopisch und mikroskopisch ähnlich. Wie dort, so gibt es auch hier verschiedene Gesteinstypen, je nachdem Biotit, Muskowit und Plagioklas als Hauptgemengteile vorhanden sind oder fehlen. Gefunden wurden :

a) Disthen-Staurolith-Biotitschiefer ;
b) Disthen-Staurolith-Zweiglimmerschiefer ;
c) Disthen-Staurolith-Muskowit-Plagioklasgneis ;
d) Disthen-Staurolith-Zweiglimmer-Plagioklasgneis.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 7 Dünnschliffen) : Disthen 10 bis 30 %, Staurolith 8 bis 25 %, Quarz 0 bis 35 %, Biotit 0 bis 30 %, Muskowit 1 bis 40 %, (gesamter Glimmer 20 bis 60 %), [Plagioklas 0 bis 35 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden) : Erze 7, Zoisit-Epidot 6, Turmalin 7, Zirkon 5, Rutil 5, Apatit 5, Chlorit 4, Granat 2, Hornblende 1, Kohle 1.

Textur : schwach geschiefert bis kristallisationsschieferig, z. T. gestreckt.

Struktur : vorwiegend porphyroblastisch mit grano-lepidoblastischem Grundgewebe, untergeordnet poikiloblastisch.

Staurolith, Disthen, Biotit und Plagioklas bilden Porphyroblasten, gewöhnlich mit unregelmässigen Formen ; ausnahmsweise aber besitzen die zwei ersten Kristallflächen. Siebstruktur ist selten bei Biotit, häufig bei den andern Porphyroblasten, durch welche die Schieferung zuweilen an Hand der Einschlüsse verfolgt werden kann. Der Plagioklas ist gewöhnlich Oligoklas bis Andesin, bald mit, bald ohne Zwillingslamellen; zuweilen funktioniert er als Füllmasse zwischen den andern Komponenten. Der farblose Glimmer ist Muskowit und nur ausnahmsweise noch Serizit. In den Gneisen tritt Quarz stark zurück, und fehlt sogar teilweise im Dünnschliff. Es scheint fast, als ob Quarz und Plagioklas hier nicht gern neben einander existieren.

Disthen-Staurolith-Muskowitschiefer und Disten-Staurolith-Biotit-Plagioklasgneis wurden nicht gefunden, dürften aber doch vielleicht vertreten sein.

Nach ihrem Mineralbestand gehören die Disthen-Staurolith-

Glimmerschiefer in die zweite Ordnung der Tonerdesilikatgneise, während die Disthen-Staurolith-Glimmer-Plagioklasgneise Uebergänge zur Gruppe der Plagioklasgneise bilden.

13. Die Epidot-Glimmerschiefer

sehen den Zweiglimmerschiefern ähnlich und kommen mit ihnen zusammen im unteren Bündnerschiefer vor. Am häufigsten wurden sie südlich der Alpe Carroreccio angetroffen. Von blossem Auge oder mit der Lupe unterscheidet man neben Biotit, weissem Glimmer und Quarz auch noch kleine Epidotstengel, die eine Länge von etwa 8 oder 10 mm erreichen können, in der Regel aber viel kleiner sind.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung iu 6 Dünnschliffen): Biotit 20 bis 45 %, Serizit-Muskowit 8 bis 55 %, (gesamter Glimmer 45 bis 70 %), Quarz 2 bis 25 %, Epidot (auch Klinozoisit und Zoisit) 10 bis 25 %, [saurer Plagioklas 0 bis 8 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie angetroffen wurden): Erze 6, Turmalin 6, Apatit 3, Kohle 2, Rutil 3, Chlorit 1, Zirkon 1, Karbonat 1, Disthen 1.

Textur: schwach schieferig bis kristallisationsschieferig.

Struktur: vorwiegend porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Die Porphyroblasten weisen immer relativ kleine Dimensionen auf und sind im Gestein nur spärlich eingestreut. Sie bestehen gewöhnlich aus Biotit, ausnahmsweise auch aus Plagioklas oder Epidot.

Im Dünnschliff ist Biotit gewöhnlich stärker vertreten als die andern Hauptgemengteile. Er erscheint gleichzeitig einsprenglingsartig und als Bestandteil des Grundgewebes, in vorherrschend grünen Farbentönen: grün bis bräunlichgrün ∥ der Basis, strohgelb ⊥ dazu. Epidot bildet längliche Stengel ohne Endfläche, aber mit (100) und (001) gut entwickelt, oder unregelmässige Körner ohne Kristallflächen. Neben Pistazit finden sich auch untergeordnet Klinozoisit und Zoisit.

Nach ihrem Mineralbestand müssen die Epidot-Glimmerschiefer zu der Plagioklasgneisgruppe gerechnet werden. Sie nehmen eine Stellung zwischen der zweiten und dritten Ordnung ein.

Für die chemische Analyse wurde ein Gestein aus dem Quartenschiefer bei der Alpe Carroreccio (südlich der Buchstaben « ar » auf der Karte, bei 2190 m) gewählt. Im Dünnschliff liess sich seine Zusammensetzung auf etwa 45 % Biotit,

15 % Serizit-Muskowit, 25 % Epidot (und Klinozoisit), 8 % Oligoklas und 5 % Quarz schätzen. Turmalin, Chlorit, Rutil, Apatit, Erz und kohlige Substanz (in Epidot eingeschlossen) sind in ganz kleinen mengen zugegen. Analyse, Gruppen- und Projektionswerte passen ziemlich gut für die Gruppe der Plagioklasgneise.

Analyse 15. — **Epidot-Zweiglimmerschiefer (bis -Plagioklasgneis) Alpe Carroreccio.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	12,61	49,3	S	49,3
TiO_2	0,92		A	4,6
P_2O_5	0,19		C	8,7
Al_2O_3	22,47	15,1	F	22,3
Fe_2O_3	5,17		M	0,0
FeO	4,20	8,5	T	1,8
MnO	0,05		K	0,7
CaO	7,08	8,7		
MgO	8,13	13,8	Projektionswerte.	
K_2O	5,17	3,8	a	2,5
Na_2O	0,74	0,8	c	5,0
H_2O (+ 110°)	2,93	Summa 100,0	f	12,5
H_2O (— 110°)	0,14			
Summa	99,80			
Spez. Gewicht	2,96			

a) *Epidot-Biotit-Chloritschiefer* wurde nur einmal angetroffen bei 1960 m südlich von La Motta. Es ist ein feinschieferiges, graugrünes, seidenglänzendes Gestein.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung im Dünnschliff) : Quarz 55 %, Biotit 20 %, Epidot 10 %, Chlorit 10 %.

Neben- und Uebergemengteile : Turmalin, Serizit, Magnetit, Apatit, Zirkon, Rutil, Plagioklas.

Textur : schwach kristallisationsschieferig.

Struktur : grano-lepidoblastisch.

Chlorit (Klinochlor) bildet Schuppen, die zwischen den Quarzkörnern liegen. Dieses Gestein stellt ein niedrigeres Stadium der Metamorphose dar als die Epidot-Zweiglimmerschiefer.

Nach seinem Mineralbestand gehört es in die dritte Ordnung der Plagioklasgneise.

b) *Epidotschiefer* ist ein graugrünes, feinkörniges Gestein, das ich nur östlich von den Hütten der Alpe Campo bei etwa 1875 m angetroffen habe. Im Dünnschliff ergibt sich folgender

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung) : Epidot 75 %, [Karbonat 10 %, Plagioklas (Oligoklas-Andesin) 7 %].

Neben- und Uebergemengteile : Erze (Pyrit, Hämatit, Limonit), Chlorit, Quarz, Biotit.

Textur : schwach geschiefert.

Struktur : granoblastisch.

Epidot (Pistazit, ausnahmsweise auch Klinozoisit) ist gewöhnlich annähernd idioblastisch mit den Flächen (100) und (001) am besten entwickelt. Die andern Komponenten sind kristallographisch schlecht ausgebildet. Kristalloblastische Reihe : Epidot-Erz-Biotit, Chlorit-Feldspat, Quarz, Karbonat.

Nach seinem Mineralbestand muss der Epidotschiefer zu den Kalksilikatgesteinen gerechnet werden, wo er in die Epizone fällt.

14. Disthen-Epidot-Glimmerschiefer und Disten-Epidot-Glimmer-Plagioklasgneis

sind relativ seltene Gesteine, die Zwischenglieder zwischen den Disthen- und Epidot-Glimmerschiefern und -gneisen bilden und neben diesen im Quartenschiefer vorkommen. Drei Arten wurden angetroffen :

a) Disthen-Epidot-Biotitschiefer ;

b) Disthen-Epidot-Zweiglimmerschiefer ;

c) Disthen-Epidot-Biotit-Plagioklasgneise :

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in fünf Dünnschliffen) : Biotit 30 bis 35 %, Disten 6 bis 25 %, Quarz 5 bis 25 %, Epidot (z. T. Klinozoisit und Zoisit) 6 bis 17 %, [Serizit-Muskowit 0 bis 25 %, Plagioklas 0 bis 12 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Rutil 5, Turmalin 5, Zirkon 2, Erze 2, Apatit 2, Chlorit 1.

Textur : schwach schieferig bis kristallisationsschieferig, z. T. gestreckt.

Struktur : porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe. Die Porphyroblasten bestehen aus Disthen, Biotit und Plagioklas.

Mikroskopisch bieten diese Gesteine, den Disthen- und Epidot-Glimmerschiefern und -gneisen gegenüber, nicht viel Neues. Von den wesentlichen Mineralien ist nur der Epidot

stellenweise idioblastisch ausgebildet. In einem Dünnschliff ist Turmalin in Form von kleinen, neugebildeten Säulchen so häufig, dass er beinahe zu den Hauptgemengteilen gerechnet werden muss.

Nach ihrem Mineralbestand nehmen diese Gesteine eine Stellung zwischen den Gruppen der Tonerdesilikatgneise und Plagioklasgneise ein.

15. Chloritoidführende Gesteine.

Als akzessorischer Gemengteil wurde Chloritoid schon öfters erwähnt, so bei den Quarziten, Granatphylliten, Staurolithphylliten und Granat-Staurolithphylliten. Man findet ihn nur als Einschluss im Granat oder seltener im Staurolith, und zwischen Quarzkörnern (in quarzitischen Gesteinen) eingebettet. Als wesentlichen Gemengteil habe ich ihn nur dreimal angetroffen, immer in quarzreichen Gesteinen.

Chloritoidquarzit wurde von mir nur einmal angetroffen, im unteren Bündnerschiefer am linken Ufer der Murinascia bei 1847 m. Makroskopisch lässt er sich von den gewöhnlichen Quarziten (s. S. 594) nicht unterscheiden. Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung im Dünnschliff): Quarz 70 %, Chloritoid 15 %, [Biotit 5 %].

Neben- und Uebergemengteile: Staurolith, Granat, Pyrit, Magnetit, Limonit, Turmalin.

Textur: kristallisationsschieferig.

Struktur: spärliche Granat-Porphyroblasten liegen in einem granoblastischen Grundgewebe.

Alle Komponenten besitzen unregelmässige Formen ohne kristallographische Begrenzung. Chloritoid erscheint in Gestalt von kleinen Blättchen, die zwischen den Quarzkörnern liegen und oft an Biotit angeschmiegt sind, oder er findet sich, öfters gemeinsam mit Staurolith, im Granat eingeschlossen.

Nach seinem Mineralbestand muss der Chloritoidquarzit in die Gruppe der Quarzitgesteine, in die dritte Ordnung, eingereiht werden.

Analyse 16. — **Chloritoidquarzit von der Murinasciaschlucht.**

Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	79,30	85,0	S	85,0
TiO_2	0,52		A	0,5
Al_2O_3	10,72	6,7	C	0,4
Fe_2O_3	2,46	5,2	F	7,4
FeO	2,78		M	0,0
FeS_2	0,77		T	5,8
MnO	0,45		K	7,6
CaO	0,39	0,4		
MgO	1,39	2,2	Projektionswerte.	
K_2O	0,62	0,4	a	1,0
Na_2O	0,05	0,1	c	1,0
H_2O (+ 110°)	1,52	Summa 100,0	f	18,0
H_2O (— 110°)	0,05			
P_2O_5	0,14			
C	Spur			
Summa	101,16			
Spez. Gewicht	2,88			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte stimmen gut mit denen der Quarzitgesteine.

Granat-Staurolith-Chloritoidphyllit wurde auch nur in der Murinasciaschlucht angetroffen, und zwar am linken Ufer bei 1860 m. Hier findet er sich neben Granat-Staurolithphyllit, von dem er ja eine Abart bildet und sich im Handstück nicht unterscheiden lässt. Im Dünnschliff zeigt sich folgender

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung) : Quarz 60 %, Granat 10 %, Staurolith 10 %, Serizit 10 %, Chloritoid 6 %.

Neben- und Uebergemengteile : Erz, Disthen, Biotit, Turmalin, Kohle.

Textur : wellig schieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit granoblastischem Grundgewebe. Granat, Staurolith und Disthen bilden die siebartigen Porphyroblasten.

Chloritoid findet sich im Granat eingeschlossen oder zwischen den Quarzkörnern im Grundgewebe. Zuweilen sieht man Chloritoidblättchen richtungslos angeordnet und von Granatsubstanz (mit Quarzeinschlüssen) umgeben. Systematisch bildet das Gestein ein Uebergangsglied zwischen den

Tonerdesilikatgneisen und den Quarzitgesteinen, und gehört in die dritte Ordnung.

Chloritoid-Staurolith-Biotitschiefer wurde bei 1875 m am Südhang von La Motta gefunden, neben Staurolithphyllit und Staurolith-Granatphyllit.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen im Dünnschliff geschätzt) : Quarz 60 %, Chloritoid, Staurolith, Biotit je etwa 12 %.

Nebengemengteile : Serizit, Erz, Turmalin, Zirkon.

Textur : kristallisationsschieferig.

Struktur : granoblastisches Grundgewebe mit siebartigen Staurolith-Porphyroblasten.

Auch hier zeigt erst das Mikroskop die Gegenwart von Chloritoid, während die anderen Hauptgemengteile und Serizit schon makroskopisch unterschieden werden können. Wie das vorige, so nimmt auch dieses Gestein eine Stellung zwischen den Tonerdesilikatgneisen und Quarzitgesteinen ein.

Wie kommt es, dass Chloritoid im Val Piora als Hauptgemengteil nur in quarzreichen Gesteinen auftritt, deren Chemismus dem seinen eigentlich gar nicht entspricht und für seine Entstehung nicht vorteilhaft scheint? Vielleicht beruht seine Gegenwart hier nicht auf günstigen Entstehungsbedingungen, sondern vielmehr auf Zuständen, die für seine Erhaltung günstig waren und seiner Umwandlung entgegenwirkten. Dies dürfte tatsächlich der Fall sein, denn Beweise für die Entstehung von Granat und Staurolith aus Chloritoid scheinen öfters vorhanden zu sein. Chloritoid hätte dann sein Fortbestehen in den soeben beschriebenen Gesteinen der schützenden Wirkung ihres hohen Quarzgehaltes gegen die Metamorphose zu verdanken. Er ist hier erhalten geblieben, während er in den quarzarmen Gesteinen, wegen ihrer grösseren Reaktionsfähigkeit, umgewandelt wurde. [Es ist klar, dass quarzreiche Gesteine sich für die Metamorphose unter Stresswirkung weniger eignen als quarzarme, denn erstens sind die Metallatome spärlicher vorhanden (des grösseren Quarzgehaltes wegen), liegen somit weiter voneinander entfernt und können deshalb nicht so leicht in chemische Reaktionen eintreten, und zweitens besitzen in Sandsteinen die Körner grössere Dimensionen, als in tonigen und mergeligen Sedimenten und infolgedessen ist ihre Reaktionsfähigkeit geringer.]

16. Hornblendegesteine.

Hornblendeführende Gesteine sind nicht sehr häufig, wurden aber an verschiedenen Stellen im Quartenschiefer

angetroffen. Die Hornblende ist hier eine dynamometamorphe (und nicht eine kontaktmetamorphe) Bildung. Da behauptet wurde, dass Hornblende in den Bündnerschiefern der Pioramulde nicht vorkommt (Lit. **21**, S. 529) ist es angezeigt, die wichtigsten Fundstellen genau anzugeben. Das wird bei der Beschreibung der verschiedenen Arten der Hornblendegesteine geschehen. Ausser an den dort zu erwähnenden Punkten, finden sich hornblendeführende Gesteine noch bei 2300 m südlich des Camoghè, an einzelnen Stellen südlich der Alpe Tom, bei 1890 m W des Namens « Fongio », bei 2080 m im Bett des Riale Bianco (E des Pizzo Columbe) und S von Frodalera, wo sie ihre grösste Verbreitung erreichen.

Die Gesteine sehen verschiedenartig aus. Die grünlichschwarze Hornblende bildet Stengel oder Säulen, deren Länge zwischen 1 mm und 20 cm schwankt und die sich zuweilen zu « Garben » zusammenscharen. Unter dem Mikroskop zeigt sie die gleichen pleochroitischen Farben, wie in den gotthardmassivischen Gesteinen : $\mathfrak{a}$ strohgelb, $\mathfrak{b}$ grasgrün bis olivgrün, $\mathfrak{c}$ graublau oder blau mit Stich ins Grüne. Nur in zwei Dünnschliffen wurden Schnitte nach (010) gefunden und konnte die Auslöschungsschiefe gemessen werden; hier war $c : \mathfrak{c} = 13^0$, resp. 16^0. Der optische Charakter ist negativ, $2\,V = 80$ bis 90^0. Nach ihren optischen Merkmalen scheint die Hornblende hier die gleiche zu sein wie im Gotthard- und im Lucomagnomassiv. Epidot erscheint in annähernd idioblastischen Stengelchen, die oft die Schieferungsebene markieren und sich dann geradlinig durch Grundgewebe und Porphyroblasten fortsetzen, ohne sich durch die Lage letzterer beeinflussen zu lassen. Das beweist, dass Epidot eine ältere Bildung ist als die Hornblende- und die anderen Porphyroblasten. In den Dünnschliffen zeigt sich die Zusammensetzung der Hornblendegesteine als eine sehr wechselnde. Nur die unten beschriebenen Arten konnten untersucht werden.

a) *Hornblende-Biotitphyllit* (Hornblendegarbenschiefer mit serizitischem Grundgewebe und Biotit-Porphyroblasten).

Dieses Gestein wurde neben Serizit-Biotit-Disthen-Plagioklasgneis bei 1975 m südlich des « a » von « Bucca di Fongio » gefunden.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung im Dünnschliff) : Serizit 50 %, Biotit 15 %, Quarz 15 %, Hornblende 10 %.

Neben- und Uebergemengteile : Oligoklas-Andesin, Epidot, Chlorit, Disthen, Staurolith, Erz, Turmalin, Zirkon.

Textur : kristallisationsschieferig, gestreckt.

Struktur : porphyroblastisch mit lepidoblastischem Grundgewebe.

Hornblende und Biotit bilden die einschlussreichen Porphyroblasten. Serizit und langgestreckte oder abgeplattete Quarzkörner in paralleler Anordnung bedingen die Schieferigkeit. Biotit erscheint meistens in linsenförmigen oder gestreckten Gestalten, die in der Schieferungsebene liegen, mit ihrem grössten Durchmesser in der Längsrichtung des Gesteins. Die Basisfläche des Biotit steht aber gewöhnlich ungefähr senkrecht zur Schieferung und besitzt eine lange, schmale Form. Die Hornblendestengel liegen in der Schieferungsebene, meistens unabhängig von der Streckungsrichtung, und scharen sich oft garbenartig zusammen. Die Hornblende zeigt stellenweise eine Umwandlung in Biotit. Bei der chemischen Analyse dieses Gesteins wurde folgendes Resultat erzielt :

Analyse 17. — **Hornblende-Biotitphyllit vom Südhang des Fongio.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	58,05	66,5	S	66,5
TiO_2	0,86		A	4,7
P_2O_5	0,06		C	2,6
CO_2	Spur		F	13 4
Al_2O_3	19,07	12,8	M	0,0
Fe_2O_3	3,67		T	5,5
FeO	3,39	6,4	K	1,4
MnO	0,04			
CaO	2,14	2,6	Projektionswerte.	
MgO	4,14	7,0	a	4,5
K_2O	5,12	3,7	c	2,5
Na_2O	0,91	1,0	f	13,0
H_2O (+ 110°)	2,59			
H_2O (— 110°)	0,11	Summa 100,0		
Summa	100,15			
Spez. Gewicht	2,86			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte sind typisch für die Gruppe der Tonerdesilikatgneise. Der Kaligehalt ist hier bedeutend grösser als das Natrongehalt, während in allen Analysen von Hornblendegesteinen des südlichen Gotthardmassivs das Verhältnis zwischen den Alkalien umgekehrt ist, mit $Na_2O > K_2O$ (siehe Analyse 4, 5 u. 6, auch Lit. **18**, S. 170 bis 173 und 180 bis 182). Das Vorwiegen von Na_2O gegen K_2O im Gestein ist somit keine unerlässliche Bedingung für die

Hornblendebildung, wie die erwähnten Analysen zu zeigen scheinen.

b) *Hornblende-Plagioklasgneis* wurde bei 2080 m am Riale Bianco angetroffen. Unter dem Mikroskop zeigt sich folgender Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 2 Dünnschliffen): Hornblende 25 bis 55 %, Quarz 10 bis 40 %, Plagioklas 10 bis 20 %, Disthen Spur bis 10 %, Grammatit 5 %, Karbonat (vorwiegend Kalzit) 0 bis 5 %, Klinochlor 2 bis 5 %, Biotit Spur bis 5 %.

Neben- und Uebergemengteile: Epidot, Rutil, Turmalin, Apatit, Zirkon.

Textur: schieferig.

Struktur: porphyroblastisch; Grundgewebe vorwiegend granoblastisch.

Von diesem Gestein wurde eine Bestimmung der Alkalien vorgenommen, um zu erfahren, ob auch hier der Kali vorherrscht, wie im Hornblende-Biotitphyllit (Analyse 17) oder der Natron, wie in den Hornblendegesteinen des Gotthardmassivs.

Alkalibestimmung im Hornblende-Plagioklasgneis von R. Bianco.

Anal. H. Roothaan.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.
K_2O	0,96	1,02
Na_2O . . .	1,07	1,73

Diese Zahlen zeigen, dass Natronvormacht auch in rein sedimentogenen Gesteinen im Pioragebiet vorkommt. Ihr Vorhandensein in den Gotthardgesteinen ist somit kein Beweis für Pneumatolyse.

c) *Hornblende-Biotit-Plagioklasgneise.* — Ausser durch das Auftreten von Hornblende, unterscheiden sich diese Gesteine in ihrem makroskopischen Aussehen nicht wesentlich von den Glimmerplagioklasgneisen (S. 603). Die Schieferung ist nur schwach entwickelt und eine Streckung lässt sich kaum noch erkennen. Die Gegenwart von Plagioklas kann auch mit der Lupe nicht festgestellt werden, und die Vertreter dieser Gesteinsart wurden erst im Dünnschliff erkannt. Sie stammen von der Murinascia SE P. 1954, von 2050 m S des « A » von « A. Tom » und von der Stelle, wo sich das « m » von « Camoghè » (auf der Karte) befindet.

Hornblende bildet Stengel und Säulen, deren Länge zwischen wenigen Millimetern und 10 oder 15 cm wechselt. Sie zeigen in der Regel isometrische Querschnitte und liegen einzeln in der Schieferungsebene oder durchkreuzen einander,

wie es scheint, zufällig. Sie scharen sich nicht zu Garben zusammen, aber ab und zu zeigt eine grosse Säule gegen ihre Enden hin kleine Spalten ‖ ihrer Längsrichtung und ⊥ zur Schieferung. Wie bei der Besprechung der Hornblendegarbenschiefer des Gotthardmassivs betont wurde (siehe S. 557, 562), sind die Hornblenden in gut entwickelten fächerförmigen « Garben » alle gleich orientiert. Sie könnten als Teile eines einzigen säulenförmigen Kristalls, der ⊥ zur Schieferung in dünne, breite, in der Schieferungsebene fächerartig divergierende Leisten gespalten ist, aufgefasst werden. Dann würden die grossen Hornblenden, die in der Mitte eine einheitliche Säule bilden, gegen die Enden hin aber parallele Spalten aufweisen, das Anfangsstadium der Garbenbildung darstellen; oder hat diese vielleicht hier ihr Ziel erreicht, die Vereinigung der Hornblenden einer « Garbe » zu einem einzigen Kristall? Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 3 Dünnschliffen geschätzt) : Hornblende 12 bis 50 %, Quarz 12 bis 30 %, Andesin 10 bis 18 %, Biotit 6 bis 25 %, [Epidot 3 bis 8 %, Chlorit 0 bis 7 %, Karbonat 0 bis 6 %, Granat 0 bis 5 %, Serizit-Muskowit 0 bis 5 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden) : Erze (Magnetit und Ilmenit) 3, Rutil 3, Turmalin 2, Zirkon 1.

Textur : schwach schieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit vorwiegend granoblastischem Grundgewebe. Hornblende, Biotit [und Granat] bilden die Porphyroblasten, die ausgesprochene Siebstruktur aufweisen und stellenweise sogar ein poikiloblastisches Gewebe darstellen.

Nach ihrem Mineralbestand gehören diese Gesteine in die zweite Ordnung der Plagioklasgneisgruppe.

d) *Hornblende-Biotit-Chloritschiefer.* — Diese chloritreichen Gesteine wurden nur beim Punkt 1954 und SSE davon, am Fussweg und im Bett der Murinascia, angetroffen. Sie dürften den Hornblendegarbenschiefern mit chloritischem Grundgewebe von L. Hezner (Lit. **18**, S. 164 ff.) entsprechen; ihre Hornblenden, die eine für das Pioragebiet merkwürdig vollkommene Entwicklung der Prismenflächen aufweisen, bilden aber keine Garben. Wohl durchkreuzen sie einander öfters, aber das scheint nur eine Folge ihrer richtungslosen Anordnung und grossen Zahl zu sein. Es sind annähernd massige oder schwach geschieferte Gesteine. Unter dem Mikroskop zeigen sie folgenden

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 3 Dünnschliffen geschätzt) : Hornblende 25 bis 35 %, Biotit 10 bis 40 %, Chlorit 10 bis 45 %, Quarz 5 bis 15 %, [Epidot 1 bis 8 %, Disthen 0 bis 10 %, Granat 0 bis 8 %].

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie festgestellt wurden) : Erze (Magnetit, Limonit) 2, Rutil 2, Zirkon 2, Apatit 2, Karbonat 1, Turmalin 1.

Textur : annähernd massig bis schwach schieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit vorwiegend lepidoblastischem bis nematoblastischem Grundgewebe. Die Porphyroblasten bestehen aus Hornblende, Biotit [Granat und Disthen].

Auch im Dünnschliff kommen die idioblastischen Prismenflächen der Hornblende zum Ausdruck, wie ich sie sonst nirgends in Pioragesteinen gesehen habe. Diese Prismen sind bei weitem nicht so einschlussreich, wie die Hornblende sonst ist. Der Chlorit besitzt die optischen Eigenschaften des Klinochlors; er erscheint in Form von kleinen Schuppen, ist der wichtigste Komponent des Grundgewebes und bedingt somit die Struktur desselben. Epidot findet sich in Gestalt von kleinen, annähernd automorphen Stengelchen in Hornblende und Granat eingeschlossen und im Grundgewebe. Die kristalloblastische Reihe lautet etwa : Turmalin—Rutil, Epidot—Granat, Hornblende—Biotit—Chlorit, Quarz.

Nach ihrem Mineralbestand gehören die Hornblende-Biotit-Chloritschiefer in die Gruppe der Plagioklasgneise, in die dritte Ordnung. Infolge ihres hohen Chloritgehaltes neigen sie nach der Magnesiumsilikatschiefer-Gruppe.

Warum erscheint die Hornblende hier in Gestalt von automorphen Prismen, was bei den Garbenschiefern nicht vorkommt? Warum treten die Kristalle einzeln auf, nach allen Richtungen orientiert, und nicht garbenbildend? Die prismatische Kristallform und die richtungslose Lage scheinen Folgen der gleichen Ursachen zu sein. Möglicherweise stehen sie auch in Beziehung mit dem Mineralbestand. Die Garbenschiefer sind unter der Wirkung eines einseitigen Druckes entstanden (siehe S. 562). Die Hornblende-Biotit-Chloritschiefer besitzen annähernd massige Textur, die wohl die Folge ihrer Entstehung unter einem mehr oder weniger allseitigen (hydrostatischen) Druck sein muss. Sie finden sich in der Mitte zwischen den parallel dem Fallen gestreckten Quartenschiefern, die N des Lago Ritom auftreten, und den in der gleichen Richtung gestauchten Gesteinen, die E der Alpe Campo vorkommen. Nach W war der Druck am grössten in der Streichrichtung, am kleinsten in der Fallrichtung (siehe S. 529). Nach

ESE war das Druckmaximum dem Fallen parallel (S. 647). An der Stelle, wo ihre Metamorphose stattfand, dürfte der Druck in allen Richtungen ungefähr gleich gross gewesen sein. Sowohl die Textur als auch der Ort ihres Vorkommens im Terrain sprechen also für die Entstehung der Hornblende-Biotit-Chloritschiefer unter annähernd hydrostatischem Druck. Dieser begünstigt aber die Entstehung neuer Mineralien nicht in einem gleich hohen Grade, wie Stress (vergl. Lit. **28**, S. 226, Lit. **27**, S. 557). Hier müssen noch andere, die Hornblendebildung fördernde Faktoren den Gang der Metamorphose beeinflusst haben. Vielleicht waren die chemischen und physikalischen Verhältnisse derart, dass alle für die Hornblendebildung nötigen Substanzen in einem Zustand von erhöhter Reaktionsfähigkeit im Ausgangsmaterial vorhanden waren. Es scheint mir nicht berechtigt, anzunehmen, dass die Temperatur hier höher war als anderswo. Wie dem auch sei, soviel dürfte feststehen, dass die Hornblende unter hydrostatischem Druck und für die Entwicklung von Kristallflächen günstigen Bedingungen entstanden ist. Deshalb besitzt sie hier die gleiche Kristallgestalt und richtungslose Orientierung, wie in den Erstarrungsgesteinen. Eine erste Folge der günstigen Verhältnisse dürfte die Entstehung von relativ vielen Hornblendekernen gewesen sein. Diese wuchsen alle weiter bis das vorhandene Material verbraucht war. Durch ihre grosse Zahl wurden die einzelnen Kristalle verhindert, bedeutende Dimensionen anzunehmen.

Bei den Hornblendegarbenschiefern war die Sachlage eine andere. Sie sind unter der Wirkung eines einseitigen Druckes entstanden (siehe S. 562). Hornblendekerne wurden nur an (wenigen) bevorzugten Stellen gebildet (vergl. Lit. **28**, S. 229). Durch den Stress wurden sie veranlasst, eine besondere Orientierung und Gruppierung anzunehmen. Infolge der Substanzzufuhr durch die zirkulierenden Lösungen sind die Kristalle langsam gewachsen und haben eine ansehnliche Grösse erreicht.

e) *Hornblende-Karbonatschiefer* ist ein seltenes Gestein, das nur einmal in Form eines schmalen Bandes in einer Marmorbank bei 1850 m am Südufer der Murinascia gefunden wurde. In diesem Band, das zuweilen kaum 1 cm breit ist, liegen kleine Hornblendestengelchen und -fasern in verworrener Lage, mit Quarz und Karbonat gemischt. Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Quarz 45 %, Hornblende 20 %, Karbonat 20 % [Chlorit 6 %, Epidot 5 %].

Neben- und Uebergemengteile : Plagioklas, Granat, Biotit, Limonit, Turmalin, Zirkon, Apatit.

Textur : schwach schieferig.

Struktur : granoblastisch. Hornblende und Granat weisen öfters eine bedeutendere Korngrösse auf, als die anderen Komponenten, sind aber doch noch nicht porphyroblastisch.

Nach seinem Mineralbestand nimmt dieses Gestein eine Stellung zwischen den Plagioklasgneisen und den Kalksilikatgesteinen ein.

f) Der *hornblendeführende Disthen-Staurolith-Biotitschiefer*, der bei 2160 m in der Schlucht westlich der Alpe Carroreccio angetroffen wurde, enthält nur wenig Hornblende und gehört deshalb an eine andere Stelle. Damit aber die hornblendehaltigen Gesteine nicht voneinander getrennt werden, dürfte es gestattet sein, ihn hier anzuführen. Im Dünnschliff zeigt er folgenden

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Disthen 30 %, Biotit 22 %, Quarz 22 %, Staurolith 15 % [Hornblende 5 %].

Neben- und Uebergemengteile : Muskowit, Chlorit, Erze, Epidot, Zirkon, Turmalin.

Textur : schwach schieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit granoblastischem Grundgewebe. Staurolith, Disthen, Hornblende und Biotit bilden die siebartigen Porphyroblasten.

17. Grammatit- und Aktinolithgesteine.

Tonerdefreie Amphibole sind in der Pioramulde noch spärlicher vertreten, als Hornblende. Wie diese wurden sie nur im unteren Bündnerschiefer gefunden. Sie erscheinen in Form von Fasern, die bis 15 mm Länge erreichen und eine radialstrahlige Anordnung aufweisen, oder in wirrer Lage zwischen den anderen Gesteinskomponenten liegen. Nach ihrer grauen oder grünen Farbe lassen sie sich als Grammatit oder Aktinolith bestimmen.

a) *Grammatit-Karbonat-Biotitschiefer* wurde beim Passo Columbe (SE des Seeleins) angrenzend an die Rauhwacke gefunden. Es ist ein hellgraues, feinkörniges Gestein, in dem radialstrahlige und verfilzte Grammatitfasern und bräunliche Biotitblättchen von blossem Auge erkannt werden können. Im Dünnschliff zeigt er folgenden

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen geschätzt) : Grammatit 60 %, Karbonat 25 %, Biotit 12 %.

Neben- und Uebergemengteile : Titanit, Chlorit, Turmalin, Zirkon.

Textur : schwach schieferig.

Struktur : nematoblastisch bis diablastisch.

Der farblose, stengelige Grammatit zeigt die typischen optischen Eigenschaften, deren Beschreibung hier überflüssig scheint. Der Biotit besitzt eine auffallend blasse Farbe und sehr schwachen Pleochroismus : blassbräunlich || der Basis, fast farblos ⊥ dazu. Der Axenwinkel ist, wie gewöhnlich, kaum von 0° zu unterscheiden. Das Karbonat lässt sich zuweilen durch die Zwillingslamellierung nach $(01\bar{1}2)$ als Kalzit bestimmen; gewöhnlich aber fehlt jede Lamellierung und dann dürfte Dolomit vorliegen. Titanit in Körnerform ist in diesem und im folgenden Gestein der wichtigste Nebengemengteil. Neben der Spaltung nach (110) machen sich zuweilen auch andere Risse [nach $(\bar{1}45)$?] bemerkbar.

Nach seinem Mineralbestand nimmt das Gestein eine Mittelstellung zwischen den Magnesiumsilikatschiefern und den Kalkglimmerschiefern ein, wie auch der ihn begleitende

b) *Grammatit-Karbonat-Plagioklas-Biotit-Chloritschiefer.* — Dieser sieht dem vorigen Gestein makroskopisch ähnlich, nur weicht Grammatit etwas zurück, während die körnigen Komponenten hervortreten und Chlorit bemerkbar wird.

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 2 Dünnschliffen geschätzt) : Grammatit 8 bis 30 %, Karbonat 8 bis 30 %, Plagioklas 18 bis 25 %, Biotit 5 bis 30 %, Chlorit 5 bis 10 %, Quarz 3 bis 15 %.

Neben- und Uebergemengteile : Titanit, Turmalin, Rutil, Apatit.

Textur : schwach schieferig oder gefältelt.

Struktur : nematoblastisch wo Grammatit vorwiegt ; an anderen Stellen bilden Biotit, Chlorit, Plagioklas und Karbonat ein poikiloblastisches Gewebe, in dem die übrigen Komponenten als Einschlüsse auftreten.

Der Plagioklas ist Andesin bis Labrador, zuweilen mit Albitlamellen. Chlorit scheint aus Biotit entstanden zu sein und zeigt die optischen Eigenschaften des Pennins. Die andern Gemengteile sind gleich ausgebildet wie im vorigen Gestein.

c) *Aktinolith-Karbonatschiefer* finden sich bei 2080 m am rechten Ufer des R. Bianco und weiter östlich bei P. 2113, auch bei 2070 m S des Fongio. Von blossem Auge können grüner Aktinolith und gelbliches Karbonat (Dolomit?) erkannt werden, die miteinander in breiteren oder schmäleren Bändern und Schlieren wechsellagern. Im Dünnschliff lässt das Gestein vom Fongio folgenden

Mineralbestand erkennen : Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung) : Aktinolith 70 %, Karbonat 15 %, Quarz 12 %.

Neben- und Uebergemengteile : Biotit, Turmalin, Rutil, Limonit.

Textur : schwach schieferig.

Struktur : nematoblastisch.

Unter dem Mikroskop zeigt Aktinolith eine blassgrüne Farbe und schwachen Pleochroismus; Zwillingsbildung nach (100) kommt zuweilen vor.

Beim Punkt 2113, NNE des Passo Predelp finden sich an vereinzelten Stellen Gruppen von weissen und grauen Disthenstengeln (mit etwa 5 cm Länge und 1 cm Breite) im Aktinolith-Karbonatschiefer. In dieser Ausbildungsform wurde Disthen auch im Quarzit zuweilen angetroffen (siehe S. 595).

18. Die Karbonat-Glimmerschiefer.

Es sind gewöhnlich graue, stellenweise auch gelblichweisse oder gebänderte, schieferige Gesteine. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt zwischen Lago Ritom und Val Canaria, wo sie fast die ganze Mächtigkeit der Bündnerschiefer darstellen. Sie erscheinen aber auch häufig im Quartenschiefer, sowie zwischen den schwarzgrauen Granatphylliten im oberen Bündnerschiefer.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 22 Dünnschliffen) : Karbonat 10 bis 70 %, Quarz 5 bis 65 %, Biotit 0 bis 35 %, Muskowit (selten Serizit) 0 bis 35 %, (gesamter Glimmergehalt 8 bis 50 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden) : Turmalin 12, Rutil 13, Zoisit-Epidot 13, Plagioklas 12, Erze (Pyrit, Magnetit, Limonit) 10, Chlorit 5, Zirkon 4, Apatit 3, Disthen 2, Staurolith 1, Kohle 2.

Textur : schwach schieferig bis kristallisationsschieferig, selten auch gefältelt oder gestreckt.

Struktur : grano- bis lepidoblastisch, porphyroblastisch. Die grosse Mehrzahl der Porphyroblasten werden durch Biotit gebildet, die übrigen durch Plagioklas, Pyrit und Karbonat.

Die wesentlichen Komponenten können schon von blossem Auge unterschieden werden, die übrigen in der Regel erst im Dünnschliff. Das Mikroskop zeigt, dass Karbonat, wie auch Quarz, dem Glimmer gegenüber gewöhnlich vorwiegen. Biotit und Muskowit können nebeneinander als wesentliche Bestandteile auftreten, doch ebenso häufig wird der eine oder andere auch Nebengemengteil oder verschwindet sogar ganz. Es lassen sich somit drei Arten unterscheiden :

a) Karbonat-Muskowitschiefer;

b) Karbonat-Biotitschiefer;

c) Karbonat-Zweiglimmerschiefer.

Biotit hat gewöhnlich eine sehr blasse Farbe und relativ schwachen Pleochroismus : blassbräunlich bis bräunlichgelb nach der Basis, strohgelb bis farblos senkrecht dazu. Da diese bleichen Töne für Phlogopit zu sprechen schienen, wurde der Glimmer auf Fluor geprüft. Er erwies sich fluorfrei, kann also nicht Phlogopit sein. Die blasse Farbe dürfte dem geringen Eisengehalt zugeschrieben werden. Der Axenwinkel ist sehr klein, wie gewöhnlich bei Biotit. Die Schlagfigur ergab einen Glimmer zweiter Art.

Das Karbonat ist z. T. Kalzit mit Zwillingslamellierung nach $(01\bar{1}2)$, z. T. Dolomit ohne Lamellierung (siehe Analyse 18). Im oberen Bündnerschiefer (Lias) ist Dolomit nur spärlich vertreten, im unteren Bündnerschiefer (Trias) hingegen verdrängt er den Kalzit nahezu vollständig. Hier wird er wahrscheinlich öfters von Magnesit, wie auch von Braunspat und Breunnerit, begleitet.

Nach ihrem Mineralbestand gehören die Karbonatglimmerschiefer in die Gruppe der Kalksilikatgesteine, zweiter Ordnung; die dolomitreichsten neigen aber stark zu den Magnesiumsilikatschiefern. Für die Analyse wurde ein Gestein vom Quartenschiefer nördlich des Lago Ritom, bei 1955 m S «a» von « Motta » gewählt. Es besteht, nach einer Schätzung im Dünnschliff, aus etwa 50 % Dolomit, 30 % Biotit, 15 % Quarz, 5 % Oligoklas. Auch Muskowit, Turmalin, Rutil und Epidot sind spurenweise vertreten.

Analyse 18. — **Dolomit-Biotitschiefer, östlich La Motta.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	28,12	35,9	S	35,9
TiO_2	0,39		A	2,5
P_2O_5	0,07		C	4,1
Al_2O_3	8,83	6,6	F	51,0
Fe_2O_3	0,90	4,3	M	21,2
FeO	3,19		T	0,0
MnO	0,09		K	0,5
CaO	18,66	25,3		
MgO	13,49	25,5	Projektionswerte.	
K_2O	2,33	1,9	a	1,0
Na_2O	0,45	0,6	c	1,5
H_2O (+ 110°)	0,65	Summa 100,0	f	17,5
H_2O (— 110°)	0,09			
CO_2	23,27			
Summa	100,53			
Spez. Gewicht	2,82			

Mit Ausnahme des hohen Magnesiagehaltes, stimmen die obigen Zahlen mit denen der Kalksilikatgesteine sehr gut überein.

Folgende zwei Analysen von Gesteinen von R. di Berri, Val Canaria, sind der Arbeit von U. GRUBENMANN (Lit. 10 S. 16 u. 20) entnommen.

Analyse XVIII. — **„Weisser, tonhaltiger Quarzitschiefer mit zwischengelagertem $CaCO_3$.“**

Anal. U. GRUBENMANN.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	25,99	35,0	S	35,0
Al_2O_3	8,95	7,1	A	3,5
Fe_2O_3	3,89	(als FeO) 4,0	C	3,6
CaO	29,70	43,1	F	50,7
MgO	3,59	7,2	M	39,5
K_2O	2,84	2,4	T	0,0
Na_2O	0,84	1,1	K	0,4
CO_2	23,86	Summa 99,9	Projektionswerte.	
Summa	99,66		a	1,0
Spez. Gewicht	2,5792		c	1,5
			f	17,5

Analyse XIX. — **Kalkglimmerschiefer.**

Anal. U. GRUBENMANN.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	21,96	23,5	S	23,5
Al_2O_3	1,43	1,2	A	0,0
Fe_2O_3 / FeO	0,78	0,9	C	1,2
			F	72,8
CaO	46,11	73,1	M	71,9
MgO	0,61	1,3	T	0,0
CO_2	30,04	Summa 100,0	K	0,3
Summa	100,93		Projektionswerte.	
Spez. Gewicht	2,7674		a	0,0
			c	0,5
			f	19,5

Analyse XVIII passt sehr gut in die Gruppe der Kalksilikatgesteine, während XIX durch ihren niedrigen Tonerde- und Kieselsäuregehalt den Uebergang zu den Marmoren bildet.

Durch zutreten anderer Hauptgemengteile zu Karbonat, Quarz und Glimmer entstehen neue Gesteinsarten. (S. a-e

S. 643-646.) In der Regel sind sie den eigentlichen Karbonat-Glimmerschiefern sehr ähnlich, und eine lange Beschreibung bei jeder ist deshalb nicht nötig. Auch bei ihnen treten Muskowit und blassbrauner Biotit entweder nebeneinander als wesentliche Komponenten auf, oder einer der beiden weicht zurück und wird zum Nebengemengteil oder verschwindet ganz. Das Karbonat kann z. T. an den Zwillingslamellen als Kalzit bestimmt werden, z. T. sind keine Lamellen vorhanden und dürfte Dolomit, seltener auch Magnesit und Braunspat, vorliegen.

a) *Karbonat-Plagioklas-Glimmerschiefer.*

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 9 Dünnschliffen geschätzt) : Karbonat 8 bis 60 %, Quarz 5 bis 50 %, Plagioklas 10 bis 40 %, Biotit 0 bis 35 %, Serizit-Muskowit 0 bis 25 %, (gesamter Glimmergehalt 15 bis 40 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe in denen sie gefunden wurden) : Erze 7, Zoisit-Epidot 7, Chlorit 6, Rutil 7, Turmalin 7, Apatit 5, Zirkon 2, Kohle 2, Grammatit 1.

Textur : schieferig, gestreckt, seltener auch gefältelt.

Struktur : grano-lepidoblastisch, porphyroblastisch, poikiloblastisch.

Biotit und Karbonat bilden gelegentlich Porphyroblasten, ebenso Chlorit und Grammatit. Plagioklas ist sowohl im Grundgewebe als auch in Form von siebartig durchlöcherten Porphyroblasten vorhanden, oder bildet ein poikiloblastisches Gewebe, in welchem die übrigen Komponenten eingebettet sind. Seine Bestimmung ist schwierig, da Zwillingslamellen nicht häufig sind und angrenzende Quarzkörner sehr selten vorkommen. Die wenigen Bestimmungen, die ich ausführen konnte, deuten auf Andesin bis Labrador. Kristalloblastische Reihe : Turmalin—Rutil—Epidote, Apatit, Pyrit—Glimmer, Chlorit—Quarz—Karbonat, Plagioklas.

b) *Karbonat-Epidot-Glimmerschiefer.*

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 5 Dünnschliffen geschätzt) : Karbonat 10 bis 60 %, Zoisit bis Epidot 10 bis 45 %, Quarz 15 bis 35 %, Biotit 0 bis 40 % [Muskowit 0 bis 7 %], (gesamter Glimmer 5 bis 40 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden) : Erze 4, Rutil 4, Turmalin 3, Kohle 1, Chlorit 2, Plagioklas 2, Titanit 1.

Textur : schieferig, seltener gefältelt.

Struktur : granoblastisch, lepidoblastisch, porphyroblastisch. Die spärlichen Porphyroblasten werden durch Zoisit und Biotit gebildet.

c) *Karbonat-Plagioklas-Epidot-Glimmerschiefer.*

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung in 10 Dünnschliffen) : Karbonat 8 bis 30 %, Plagioklas (Andesin, z. T. Labrador) 5 bis 35 %, Zoisit bis Epidot 8 bis 30 %, Quarz 4 bis 30 %, Serizit-Muskowit 0 bis 30 %, Biotit 0 bis 25 %, (gesamter Glimmergehalt 5 bis 45 %).

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie vorkommen) : Erze 9, Rutil 9, Turmalin 6, Zirkon 2, Apatit 2, Kohle 3, Chlorit 4, Granat 1.

Textur : kristallisationsschieferig, gefältelt, gestreckt.

Struktur : lepido- bis granoblastisch, porphyroblastisch, poikiloblastisch.

Einige schwarzgraue, hierher gehörende Gesteine, die hauptsächlich im Kalkglimmerschiefer SE des Camoghè auftreten, sehen etwas merkwürdig aus. Auf dem angewitterten Querbruch (senkrecht zur Fallrichtung) bilden zusammengescharte, schwarze Zoisitstengel hervorstehende, gewundene Linien, zwischen welchen die weicheren Karbonate ausgewittert sind. Auf dem Längs- und Hauptbruch erscheint das Gestein gestreckt. Der Zoisit, dessen schwarze Farbe von feinverteilter kohliger Substanz herrührt, bildet Porphyroblasten, die eine Länge von etwa 5 cm erreichen können und sehr viele Einschlüsse führen. Unter diesen befinden sich auch kleine idioblastische Klinozoisitkristalle. α-Zoisit ist viel häufiger als β-Zoisit. Rutil erscheint in Form von Körnern oder Säulchen, die nicht wie gewöhnlich mehr oder weniger gleichmässig im Gestein verteilt, sondern an einzelnen Stellen angehäuft sind, oft in Begleitung von Karbonat. Es ist klar, dass er hier ein Zersetzungsprodukt eines anderen Minerales darstellt. Im Dünnschliff zeigen die Anhäufungen zuweilen eine rhombische Begrenzung, die an Schnitte des Titanits erinnert. Dieser wurde nicht gefunden, doch vermute ich, dass Rutil hier aus ihm hervorgegangen ist.

Ein Zoisit-Karbonat-Plagioklas-Biotitschiefer, bei dem die soeben beschriebenen Eigenschaften in typischer Weise hervortreten, von 1970 m, N des « i » von « A. Ritom » wurde analysiert. Nach Schätzung im Dünnschliff besteht er aus etwa 25 % Karbonat (ohne Zwillingslamellen), 25 % Zoisit, 15 % Quarz, 15 % Biotit, 10 % Andesin, neben kleinen Mengen von Magnetkies, Kohle, Serizit, Rutil, Magnetit und Limonit.

Analyse 19. — **Karbonat-Zoisit-Plagioklas-Biotitschiefer, NW der Alpe Ritom.**

Anal. L. Hezner.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	44,15	53,3	S	53,3
TiO_2	0,92		A	2,5
P_2O_5	0,22		C	8,8
CO_2	7,30		F	24,0
Al_2O_3	16,11	11,3	M	10,7
Fe_2O_3	2,81		T	0,0
FeO	2,97	5,5	K	0,9
MnO	0,05			
CaO	15,24	19,5	Projektionswerte.	
MgO	4,39	7,8	a	1,5
K_2O	2,29	1,7	c	5,0
Na_2O	0,73	0,9	f	13,5
H_2O (+ 110°)	1,19	Summa 100,0		
H_2O (— 110°)	0,04			
C	0,93			
S	0,78			
Summa	100,12			
Spez. Gewicht	2,82			

Analyse, Gruppen- und Projektionswerte passen ziemlich gut in die Gruppe der Kalksilikatgesteine.

d) *Karbonat-Biotit-Epidot-Disthenschiefer.*

Mineralbestand : Hauptgemengteile : Karbonat, Biotit, Quarz, Epidot bis Zoisit, Disthen.

Neben- und Uebergemengteile : Rutil, Erz, Kohle, Plagioklas, Turmalin, Muskowit.

Textur : gefältelt oder schieferig.

Struktur : porphyroblastisch mit granoblastischem Grundgewebe. Die siebartigen Porphyroblasten werden durch Biotit und Disthen gebildet.

Diese Gesteine finden sich in den Karbonat-Glimmerschiefern, die in der Umgebung des « P » von « Val Piora » die Hauptmasse des unteren Bündnerschiefers bilden und eine intensive Fältelung aufweisen. Durch das Herauswittern der Karbonate, die mit den übrigen Komponenten in Wechsellagerung auftreten, wird die Fältelung noch ganz besonders zum Ausdruck gebracht. Die Axen der Fältchen verlaufen W-E parallel dem allgemeinen Streichen. Hier fand somit ein Zusammenschub in der Fallrichtung statt, während an andern Stellen häufig eine Streckung in dieser Richtung erfolgte.

Diese Gesteinsart wurde auch noch im Quartenschiefer NW von San Carlo angetroffen. Für die Analyse diente eine Probe von 2110 m S des Punktes, wo auf der Karte das « r » von « A. Piora » steht. Im Dünnschliff wurde die Zusammensetzung des analysierten Gesteins auf etwa 50 % Karbonat, 20 % Quarz, 10 % Biotit, 10 % Disthen und 10 % Epidot geschätzt. Spurenweise sind auch Erz, Rutil, Plagioklas und Kohle vorhanden. Die Analyse stimmt fast genau mit der des Dolomit-Biotitschiefers (Analyse 18 S. 641); nur ist der Kaligehalt hier bedeutend kleiner, was in der geringeren Menge des Biotits zum Ausdruck kommt. Das Karbonat muss nach den erhaltenen Zahlen auch hier ein normaler Dolomit sein.

Analyse 20. — **Dolomit-Biotit-Disthen-Epidotschiefer, vom 2110 m. südlich Alpe Piora.**

Anal. L. J. Krige.

	Gewichtsprozent.	Mol.-Prozent.	Gruppenwerte.	
SiO_2	28,85	37,3	S	37,3
TiO_2	0,55		A	1,0
Al_2O_3	8,52	6,4	C	5,4
Fe_2O_3	3,38	3,7	F	49,9
FeO	0,34		M	20,0
MnO	0,11		T	0,0
CaO	18,41	25,4	K	0,6
MgO	13,75	26,2		
K_2O	0,83	0,7	Projektionswerte.	
Na_2O	0,26	0.3	a	0,5
H_2O (+ 110°)	0,81		c	2,0
H_2O (— 110°)	0,16	Summa 100,0	f	17,5
P_2O_5	0,00			
CO_2	24,04			
Kohle	Spur			
Summa	100,01			
Spez. Gewicht	2,83			

Abgesehen vom hohen Magnesiagehalt ist die Analyse denen der Kalksilikatgesteine ganz ähnlich. Die Gruppen- und Projektionswerte stimmen noch besser für diese Gruppe.

e) *Karbonat-Biotit-Chloritschiefer*

ist ein seltenes Gestein und wurde von mir nur SE von La Motta bei 1940 m angetroffen.

Mineralbestand: Hauptgemengteile (Mengen nach Schätzung im Dünnschliff): Karbonat 30 %, Biotit 22 %, Quarz 22 %, Chlorit (Klinochlor) 15 % [Oligoklas 5 %].

Neben- und Uebergemengteile: Serizit, Pistazit, Rutil, Turmalin, Zirkon.

Textur: gefältelt.

Struktur: Biotit und Plagioklas bilden Porphyroblasten mit Siebstruktur. Das grano- bis lepidoblastische Grundgewebe besteht aus Karbonat und Quarzkörnern und kleinen Klinochlorschuppen.

Das Karbonat zeigt keine Zwillingslamellen. Um seine chemische Zusammensetzung zu ermitteln, wurde eine partielle Analyse ausgeführt, mit folgendem Resultat:

	Gewichtsprozent.	Molekul. Proportionen.	
CaO	13,23	236	466
MgO	5,74	143	
FeO (und MnO) .	6,25	87	
CO_2	20,29	462	
Summa	45,51		

Das Karbonat ist somit ein Braunspat mit der Formel Ca (Mg, Fe, Mn)$(CO_3)_2$, und bildet etwa 45 % des Gesteins. [Die letzte Zahl zeigt, dass die Schätzung der relativen Mengen der Hauptkomponenten im Dünnschliff nicht genaue, aber doch noch brauchbare Werte liefert; im vorliegenden Fall scheint es mir besser, den falschen (geschätzten) Gehalt 30 % (statt 45,5 %) anzugeben, als einfach Karbonat bei den wesentlichen Gemengteilen zu erwähnen.]

19. Marmor.

An den Hängen des Fongio und Camoghè finden sich weisse und graue Marmore, die auf der Karte eingetragen sind. Sie besitzen feine bis mittlere Korngrösse, gewöhnlich richtungslose Textur und eine geringe Festigkeit. Neben Kalzit erkennt das unbewaffnete Auge zuweilen noch Quarzkörner, seltener auch Glimmerblättchen. Das Mikroskop fügt nicht viel Neues zu den makroskopischen Beobachtungen. Die Dünnschliffe zeigen, dass diese Marmore in der Regel zu 95 bis 100 % aus Kalzit bestehen, mit Zwillingsstreifen nach (01$\bar{1}$2). Dolomit scheint hier zu fehlen, ist jedenfalls sehr selten. Die akzessorischen Komponenten dürften nicht nur der Menge, sondern auch der Zahl nach beschränkt sein. Von ihnen ist

Quarz der wichtigste; Muskowit und Serizit treten auch gelegentlich auf. Im Dünnschliff erscheint die Textur massig, die Struktur granoblastisch.

Marmor ist auch oft in Form von Linsen oder Bänken zwischen den anderen Gesteinen zugegen; besonders häufig zeigt er sich im Kalkglimmerschiefer westlich des Camoghè und des Pian'alto. Bei dieser Art des Auftretens ist die Farbe hell- bis dunkelgrau, selten weiss, während eine deutliche Schieferung sich gewöhnlich bemerkbar macht. Die Zahl und Menge der Mineralien, die neben dem Karbonat vorkommen, haben gegenüber dem schon besprochenen Marmor bedeutend zugenommen. Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender

Mineralbestand : Hauptgemengteile (Mengen in 5 Dünnschliffen geschätzt): Kalzit, Dolomit, zusammen 85 bis 100 %.

Neben- und Uebergemengteile (mit Zahl der Schliffe, in denen sie gefunden wurden) : Quarz 5, Serizit-Muskowit 5, Biotit 2, Erz 3, Kohle 2, Rutil 2, Zoisit 2, Plagioklas 1.

Textur : schieferig.

Struktur : granoblastisch.

Die beiden Karbonate treten nebeneinander oder einzeln auf, Kalzit vorwiegend im oberen, Dolomit hauptsächlich im unteren Bündnerschiefer. Letzterer erscheint in Form von kleinen isometrischen Körnern, die keine Zwillingsbildungen aufweisen, während Kalzit etwas grössere, oft längliche oder unregelmässige Gestalten besitzt und die typische polysynthetische Zwillingsstreifung nach (01$\bar{1}$2) zeigt.

Nach ihrem Mineralbestand gehören diese Gesteine in die Gruppe der Marmore, in die zweite bis dritte Ordnung. Wie ihr Auftreten zwischen andern Gesteinsarten schon vermuten lässt, gehen sie oft durch Zunahme von Quarz, Serizit oder Plagioklas in Quarzmarmor, Serizitmarmor oder Plagioklasmarmor über. Diese Abarten bilden ihrerseits wieder Uebergänge zum Quarzit, Kalkglimmerschiefer und Plagioklasgneis.

Im Dünnschliff eines Serizit-Kalzitmarmors vom Südufer der Murinascia südlich des Lago Cadagno (S des « C » auf der Karte) zeigte sich ein Echinodermenrest. (Fig. 6.) Das ist der einzige fossile organische Rest, den ich im Pioragebiet finden konnte. Dieser Fund deutet dahin, dass die Marmore, z. T. wenigstens, aus Echinodermenbreccien entstanden sind.

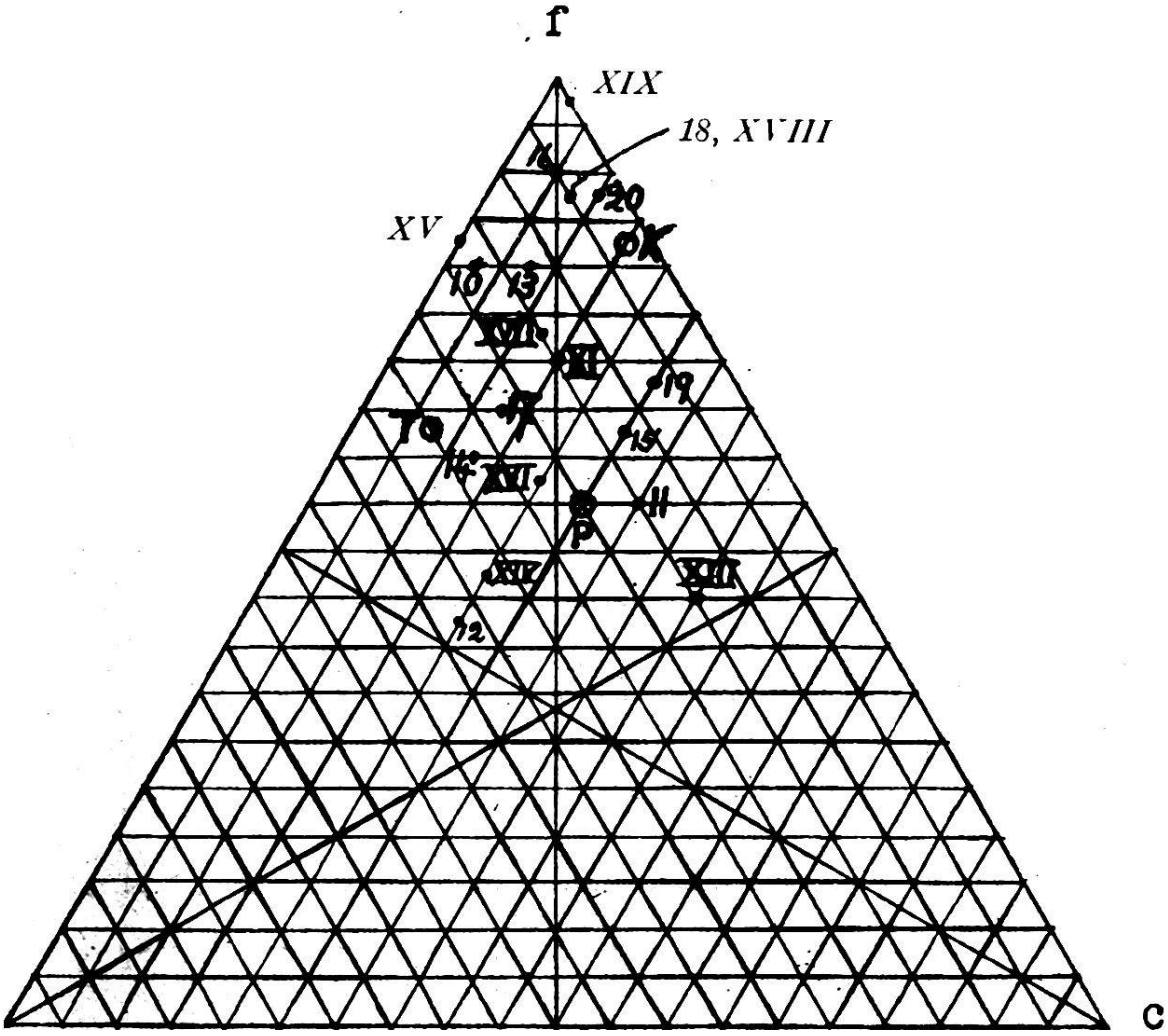
Zusammenstellung der Bündnerschiefer-Analysen.

Nachdem die verschiedenen, von mir in den Bündnerschiefern der Pioramulde angetroffenen Gesteinsarten beschrieben worden sind, scheint es mir zweckmässig, der

Uebersicht wegen, die Analysen derselben zusammenzustellen. (Tabelle umstehend.) Beim Vergleich ihrer Resultate zeigen sich grosse Schwankungen in den Werten der einzelnen Posten, die in den angegebenen Minima und Maxima deutlich zum Ausdruck kommen. Diese Unterschiede im Chemismus dürften es in erster Linie sein, die den häufigen Wechsel im Mineral bestand bedingt haben.

Projektion der Bündnerschiefer-Analysen.

(Siehe folgende Tabelle.)



T, P, K	Mittel der Gruppe der	Tonerdesilikatgneise. Plagioklasgneise. Kalksilikatgesteine.	Nach U. Grubenmann (Lit. 13).

Bündnerschiefer-Analysen. *a)* **Originale.**

Analysen	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO_2	38,92	67,21	42,02	31,33	67,43	42,61	79,30	58,05	28,12	44,15	28,85
TiO_2	1,43	1,01	1,82	0,76	1,12	0,92	0,52	0,86	0,39	0,92	0,55
Al_2O_3	26,95	12,84	33,36	42,51	21,35	22,47	10,72	19,07	8,83	16,11	8,52
Fe_2O_3	4,08	5,11	4,26	13,06	1,70	5,17	2,46	3,67	0,90	2,81	3,38
FeO	4,75	0,75	2,92	3,88	1,25	4,20	2,78	3,39	3,19	2,97	0,34
MnO	0,04	0,05	0,03	0,19	0,00	0,05	0,45	0,04	0,09	0,05	0,11
CaO	0,59	3,65	2,29	1,45	1,04	7,08	0,39	2,14	18,66	15,24	18,41
MgO	11,43	1,73	2,67	1,06	1,71	8,13	1,39	4,14	13,49	4,39	13,75
K_2O	7,34	3,30	5.47	2,70	3,05	5,17	0,62	5,12	2,33	2,29	0,83
Na_2O	0,62	0,05	1,59	0,50	0,35	0,74	0,05	0,91	0,45	0,73	0,26
P_2O_5	0,31	0,11	Spur	0,54	Spur	0,19	0,14	0,06	0,07	0,22	0,00
$H_2O +$	3,92	1,70	3,79	1,54	1,31	2,93	1,52	2,59	0,65	1,19	0,81
$H_2O -$	0,21	0,15	0,31	0,00	0,04	0,14	0,05	0,11	0,09	0,04	0,16
CO_2	—	1,59	—	—	—	—	—	Spur	23,27	7,30	24,04
C	—	1,06	—	—	—	—	Spur	—	—	0,93	Spur
FeS_2 od. S*	—	0,51	0,00	—	—	—	0,77	—	—	0,78*	—
Summa	100,59	100,82	100,53	99,52	100,35	99,80	101,16	100,15	100,53	100,12	100,01
Spez. Gew.	2,99	2,85	2,98	3,46	2,92	2,96	2,88	2,86	2,82	2,82	2,83
Molekularprozente.											
SiO_2	46,5	76,4	54,1	42,2	76,6	49,3	85,0	66,5	35,9	53,3	37,3
Al_2O_3	18,5	8,5	24,5	33,2	14,1	15,1	6,7	12,8	6,6	11,3	6,4
FeO	8,3	5,4	7,1	17,6	2,6	8,5	5,2	6,4	4,3	5,5	3,7
CaO	0,7	4,4	3,1	2,1	1,2	8,7	0,4	2,6	25,3	19,5	25,4
MgO	19,9	2,9	5,0	2,1	2,9	13,8	2,2	7,0	25,5	7,8	26,2
K_2O	5,5	2,4	4,4	2,3	2,2	3,8	0,4	3,7	1,9	1,7	0,7
Na_2O	0,7	0,0	1,9	0,6	0,4	0,8	0,1	1,0	0,6	0,8	0,3
Gruppenwerte nach U. Grubenmann.											
S	46,5	76,4	54,1	42,2	76,6	49,3	85,0	66,5	35,9	53,3	37,3
A	6,2	2,4	6,3	2,9	2,6	4,6	0,5	4,7	2,5	2,5	1,0
C	0,7	4,4	3,1	2,1	1,2	8,7	0,4	2,6	4,1	8,8	5,4
F	28,2	8,3	7,1	19,7	5,5	22,3	7,4	13,4	51,0	24,0	49,9
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	10,7	20,0
T	11,6	1,7	15,2	28,2	10,3	1,8	5,8	5,5	0,0	0,0	0,0
K	0,7	2,4	1,1	1,0	3,3	0,7	7,6	1,4	0,5	0,9	0,6
Projektionswerte.											
a	3,5	3,0	7,5	2,4	5,5	2,5	1,0	4,5	1,0	1,5	0,5
c	0,5	6,0	4,0	1,7	2,5	5,0	1,0	2,5	1,5	5,0	2,0
f	16,0	11,0	8,5	16,0	12,0	12,5	18,0	13,0	17,5	13,5	17,5

10. Zweiglimmerschiefer. (S. 602.)
11. Granatphyllit. (S. 608.)
12. Granat-Staurolith-Disthen-Zweiglimmer-Plagioklasgneis. (S. 619.)
13. Staurolith-Biotitschiefer (Staurolithfels). (S. 622.)
14. Disthen-Zweiglimmerschiefer. (S. 624.)
15. Epidot-Zweiglimmerschiefer. (S. 627.)
16. Chloritoidquarzit. (S. 630.)
17. Hornblende-Biotitschiefer. (S. 633.)
18. Dolomit-Biotitschiefer. (S. 641.)
19. Karbonat-Zoisit-Plagioklas-Biotitschiefer. (S. 645.)
20. Dolomit-Biotit-Disthen-Epidotschiefer. (S. 646.)

b) Von andern Autoren publiziert.

Analysen	XI-XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	Minima	Maxima
SiO_2	40,09	72,24	67,96	40,08	52,91	62,19	25,99	21,96	21,96	79,30
TiO_2	2,15	3,01	—	—	3,40	2,47	—	—	—	3,40
				ZrO_2	2,75	0,20				
Al_2O_3	26,46	11,79	18,80	10,42	18,68	15,31	8,95	1,43	1,43	42,51
Fe_2O_3	3,33	2,99	1,28	4,61	9,10	10,84	3,89	0,78	0,78	16,94
FeO	3,94	1,74	2,32	3,57	2,42	2,03	—			
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45
CaO	4,06	4,06	1,91	19,48	3,02	1,44	29,70	46,11	0,39	46,11
MgO	11,54	0,80	1,26	1,85	0,70	0,13	3,59	0,61	0,13	13,75
K_2O	6,07	0,85	4,23	2,11	2,07	1,57	2,84	—	—	7,34
Na_2O	0,52	0,97	0,67	5,18	2,34	1,14	0,84	—	—	5,18
P_2O_5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,54
$H_2O +$	2,20	2,30	2,25	2,11	2,04	1,49	—	—	—	3,92
$H_2O -$							—	—	—	—
CO_2	—	—		8,64	—	—	23,86	30,04	—	30,04
C	—	—		3,15	0,50	0,48	—	—	—	3,15
						F 0,54				
FeS_2 od. S*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,78
Summa	100,36	100,75	100,68	101,20	99,93	99,83	99,66	100,93	—	—
Spez. Gew.	3,0092	2,5667	—	—	—	—	2,5792	2,7674	—	—
Molekularprozente.										
SiO_2	47,5	80,8	76,2	48,4	67,1	73,8	35,0	23,5	23,5	85,0
Al_2O_3	17,8	7,5	12,4	7,4	13,0	10,4	7,1	1,2	1,2	33,2
FeO	5,2	4,0	3,2	7,8	10,5	11,4	4,0	0,9	0,9	17,6
CaO	4,9	4,8	2,3	25,3	3,8	1,8	43,1	73,1	0,5	73,1
MgO	19,6	1,3	2,1	3,3	1,2	0,2	7,2	1,3	0,2	26,2
K_2O	4,4	0,6	3,1	1,6	1,6	1,2	2,4		—	5,5
Na_2O	0,6	1,0	0,7	6,1	2,7	1,3	1,1	—	—	6,1
Gruppenwerte nach U. Grubenmann.										
S	47,5	80,8	76,2	48,4	67,1	73,8	35,0	23,5	—	—
A	5,0	1,6	3,8	7,7	4,3	2,5	3,5	—	—	—
C	4,9	4,8	2,3	0,0	3,8	1,8	3,6	1,2	—	—
F	24,8	5,3	5,3	36,1	11,7	11,6	50,7	72,8	—	—
M	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	0,0	39,5	71,9	—	—
T	7,9	1,1	6,3	0,0	4,9	6,1	0,0	0,0	—	—
K	0,7	3,3	2,3	0,6	1,5	2,2	0,4	0,3	—	—
Projektionswerte.										
a	3,0	3,0	6,5	3,5	4,5	3,0	1,0	0,0	—	—
c	3,0	8,0	4,0	0,0	4,0	2,5	1,5	0,5	—	—
f	14,0	9,0	9,5	16,5	11,5	14,5	17,5	19,5	—	—

XI und XII. Zweiglimmerschiefer (U. Grubenmann, Lit. 10).
XIII. Granatführender Tonglimmerschiefer (U. Grubenmann, Lit. 10).
XIV. Quarzhaltiger Granatglimmerschiefer (C. Schmidt, Lit. 33).
XV, XVI, XVII. Granathornfelse (C. Schmidt, Lit. 33).
XVIII. Weisser, tonhaltiger Quarzitschiefer mit zwischengelagertem $CaCO_3$ (U. Grubenmann, Lit. 10).
XIX. Kalkglimmerschiefer (U. Grubenmann, Lit. 10).

Literatur-Verzeichnis [1].

1. E. Argand. Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales. *Matér. carte géol. Suisse,* carte spéciale 64 et coupes, 1911.

2. E. Argand. Sur l'arc des Alpes occidentales. *Ecl. geol. Helv.*, XIV, 1916.

3. T. G. Bonney. On crystalline schists and their relation to mesozoic rocks in the Lepontine Alps. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 46, 1890.

4. T. G. Bonney. Notes on some small lake basins in the Lepontine Alps. *Geological Magazine,* 1898.

5. E. Bourcart. Les Lacs Alpins suisses, étude chimique et physique. Genève, 1916.

6. Delebecque. Sur les lacs du Grimsel et du Saint-Gothard. *Comptes-rendus de l'Accad. des sciences de Paris,* 136, 1904.

7. G. Eisenmenger. Migration vers le Nord de la ligne de partage des eaux dans les Alpes lepontiennes. *Comptes-rendus de l'Accad. des sciences de Paris,* 146, 1908.

8. K. von Fritsch. Das Gotthardgebiet. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz,* 15, 1873 und Geol. Karte des St. Gotthard 1 : 50000 (Spezialkarte 6), 1873.

9. E. J. Garwood. The Tarns of the Canton Ticino. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 62, 1906.

10. U. Grubenmann. Ueber die Gesteine der sedimentären Mulde von Airolo, *Mitteil. der Thurg. naturf. Ges.*, 8, 1888.

11. U. Grubenmann. Zur Kenntnis der Gotthardgranite. *Mitteil. der Thurg. naturf. Ges.*, 9, 1890.

12. U. Grubenmann. Ueber Gesteine des granitischen Kerns im östlichen Teil des Gotthardmassivs. *Mitteil. der Thurg. naturf. Ges.*, 10, 1892.

13. U. Grubenmann. Die kristallinen Schiefer. 2. Aufl., Berlin, 1910.

14. Alb. Heim und C. Schmidt. Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geol.-Gesellschaft im Gebiet der Bündnerschiefer (Graubünden und Tessin). *Ecl. geol. helv.*, II, 1890.

15. Alb. Heim. Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, mit petrographischen Beiträgen von C. Schmidt. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz,* 25, 1891.

16. Alb. Heim. Ueber die nordöstlichen Lappen des Tessinermassivs. *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich,* 1906.

17. Alb. Heim. Gneissfältelung in alpinem Zentralmassiv, ein Beitrag zur Kenntnis der Stauungsmetamorphose. *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich,* 45, 1900.

18. L. Hezner. Petrographische Untersuchung der kristallinen Schiefer auf der Südseite des St. Gotthard (Tremolaserie). *N. Jahrb. f. Min.* etc. Beilage-Band 27, 1908.

[1] Für ältere Literatur (vor 1873) siehe von Fritsch, Lit. 8.

19. W. van Holst-Pellekaan. Geologie der Gebirgsgruppe des Piz Scopi. *Dissertation der Universität Zürich*, Amsterdam, 1913.

20. G. Klemm. Bericht über Untersuchungen an den sogenannten « Gneisen » und den metamorphen Schiefergesteinen der Tessiner Alpen. *Sitzungsbericht der k. preuss. Akad. der Wiss.*, I, 1904, II, 1905, III, 1906, IV, 1907.

21. J. Koenigsberger. Ueber Kohle in Granatglimmerschiefern des Gotthard usw. *Ecl. geol. helv.*, X, 1908.

22. J. Koenigsberger. Einige Folgerungen aus geologischen Beobachtungen im Aare-, Gotthard- und Tessinermassiv. *Ecl. geol. helv.*, X, 1909.

23. J. Koenigsberger. Die kristallinen Schiefer der zentral-schweizerischen Massive usw. *Compte-rendu des XI. internat. Geologenkongr. in Stockholm*, 1910.

24. H. Lautensach. Die Uebertiefung des Tessingebiets. *Geogr. Abhandl. von Alb. Penck.* N. F., I, Leipzig, 1912.

25. H. Lautensach. Die kleinen Seebecken der Tessiner Alpen. *Zeitschrift für Gletscherkunde*, herausgegeben von Prof. E. Brückner, Leipzig, N. F. IX, 1914.

26. P. Niggli. Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassives. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F. 36, 1912.

27. P. Niggli und J. Johnston. Einige physikalisch-chemische Prinzipien der Gesteinsmetamorphose. *N. Jahrb. für Mineralogie* etc. Beilage-Band 37, 1914.

28. P. Niggli. Die physikalisch-chemische Bedeutung der Gesteinsmetamorphose. *Bericht der math.-phys. Klasse der k. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig*, 67, 1915.

29. P. Niggli und W. Staub. Neue Beobachtungen aus dem Grenzgebiet zwischen Gotthard- und Aarmassiv. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F. 45, 1914.

30. H. Preiswerk. Ueber neue Skapolithfunde in den Schweizeralpen. *Verh. der naturf. Ges. in Basel*, 28,1917.

31. F. Rolle. Das südwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, 23, 1881 und Blatt XIX der geol. Karte der Schweiz 1 : 100000, 1882.

32. W. Salomon. Ist die Parallelstruktur des Gotthardgranites protoklastisch? *Verh. des naturhist.-mediz. Vereins zu Heidelberg*, N. F. Bd. XI, 1912.

33. C. Schmidt. Petrographische Beiträge zu Alb. Heim, Hochalpen usw. Siehe Lit. **15**.

34. C. Schmidt. Geologische Kartenskizze der Alpen zwischen St. Gotthard und Montblanc. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, 48, 1908.

35. F. M. Stapff. Geologisches Profil des St. Gotthard in der Axe des grossen Tunnels. *Spezialbeilage zu dem Bericht des Schweiz. Bundesrathes*, Bern, 1880.

36. F. M. Stapff. Geologische Beobachtungen im Tessintal während Tracierung und Baues der Gotthardbahn. 1. Bau des oberen Tessintals, *Zeitschrift der deutschen geol. Ges.*, 33, 1881; 2. Strandbilder; 3. Gletscher, *ibid.*, 34, 1881; 4. Seebildungen (nur separat gedruckt), Berlin, 1883.

37. F. M. Stapff. Wie am Monte Piottino die Parallelstruktur des Gneisses in Schichtung übergeht. *N. Jahrb. für Mineralogie* etc. 1882 I.

38. F. M. Stapff. Ueber Veränderungen im Abfluss von Seen. *N. Jahrb. für Mineralogie* etc., 1882, I.

39. R. Staub. Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebiet. *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich*, 60, 1915.

40. R. Staub. Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F. 46, 1916.

41. P. Waindziok. Petrographische Untersuchungen an Gneisen des St. Gotthard. *Dissertation der Universität Zürich*, Berlin, 1906.

42. J. Weber. Geologische Wanderungen durch die Schweiz, III. Kristallinische Alpen und Randgebiete. *Clubführer des S. A. C.*, Zürich, 1915.

Druckfehlerverzeichnis.

Seite 519, Zeile 3 von oben, lies drei Tafeln und 1 geol. Karte.
» 522, » 6 von unten, » XIII statt XII.
» 546, . Analyse 2, » Al_2O_3 statt Alg_2O_3.
» 559, » 8 von unten, » (c : c) statt (*N* : *C*).
» 569, » 4 von unten, » Graphitoidphyllit statt Graphitoidphylliten.
» 579, » 1 von unten, » minus statt ohne.

Erklärungen zu den Mikrophotographien.

(Pl. XII und XIII.)

Fig. 1. — Granatphyllit von 1890 m NE der Alpe Campo. Längsschliff, gewöhnliches Licht, Vergrösserung 3fach.

Fig. 2. — Granatphyllit von 1940 m am Südufer der Murinascia. Längsschliff, gewöhnliches Licht, Vergrösserung 7fach.

Fig. 3. — Granat in Granatphyllit, 1935 m am Ufer der Murinascia. Längsschliff, Nicols ×, Vergrösserung 9fach. Einschlüsse im Granat in Streifen schräg zur Schieferung des Gesteins.

Fig. 4. — Granat aus Fig. 1. Nicols ×, Vergrösserung 7fach. Einschlüsse in Streifen senkrecht zur Schieferung.

Fig. 5. — Granat aus Fig. 2. Nicols ×, Vergrösserung 7fach. Einschlüsse in Streifen mit S-förmiger Torsion.

Fig. 6. — Echinodermenrest in Kalkglimmerschiefer (bis Glimmermarmor) bei 1940 m am Südufer der Murinascia. Längsschliff, polarisiertes Licht, Vergrösserung 65-fach.

Fig. 7. — Hornblendegarbenschiefer von 1890 m, südlich der Frodahütten, Val Canaria. Schliff parallel der Schieferung, polarisiertes Licht, Vergrösserung 7fach. Die Hornblendestengel besitzen alle die gleiche Orientierung.

Fig. 8. — Querschliff zu Fig. 7 (von der gleichen «Garbe»). Polarisiertes Licht, Vergrösserung 7fach. Die Hornblende ist senkrecht zur *c*-Axe geschnitten und zeigt die prismatische Spaltbarkeit. Die länglichen Quarzeinschlüsse folgen der Schieferung, die der *a*-Axe der Hornblende entspricht.

In Fig. 3, 4, 5 und 8 verläuft die Schieferung im Grundgewebe links—rechts.

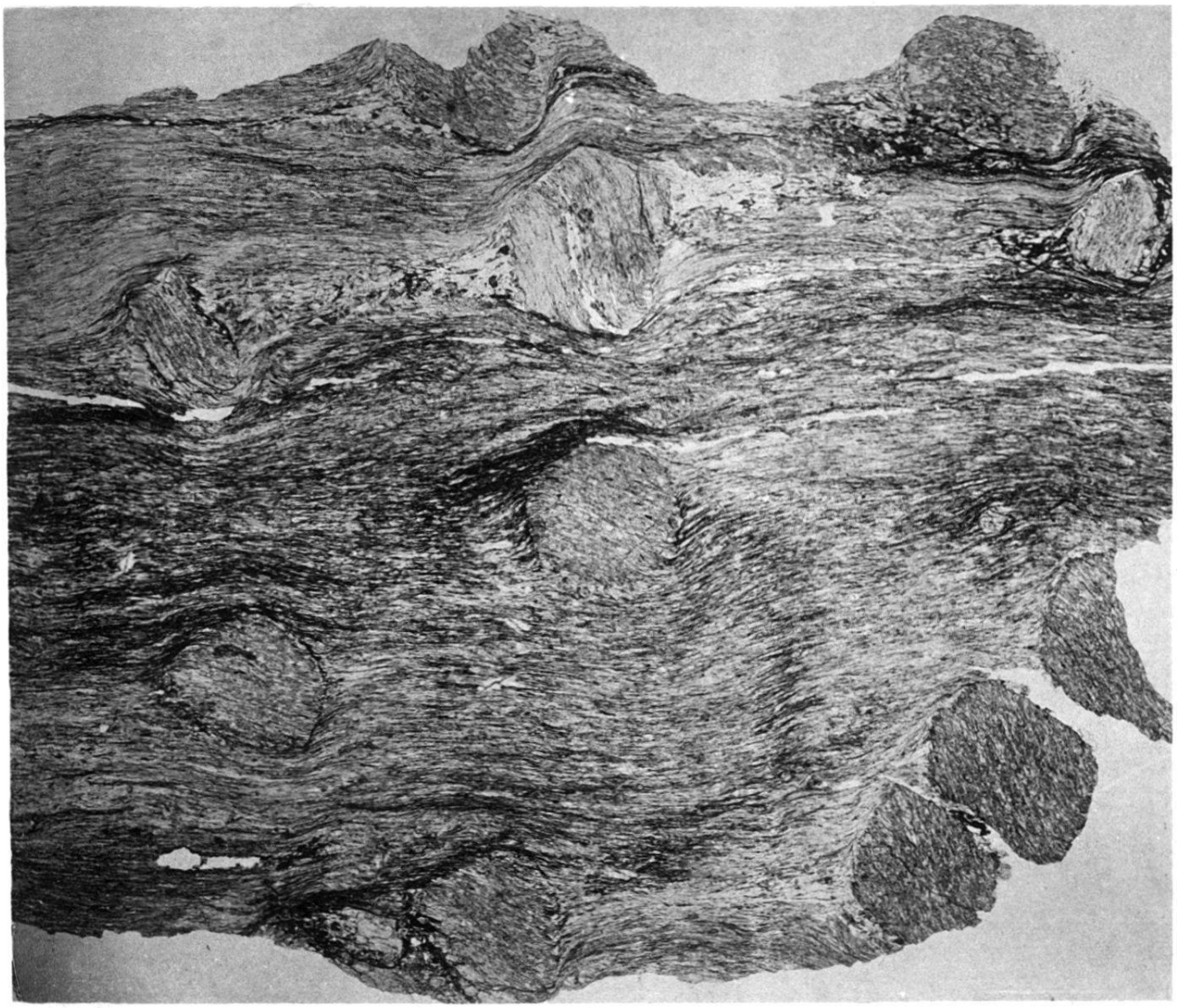


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

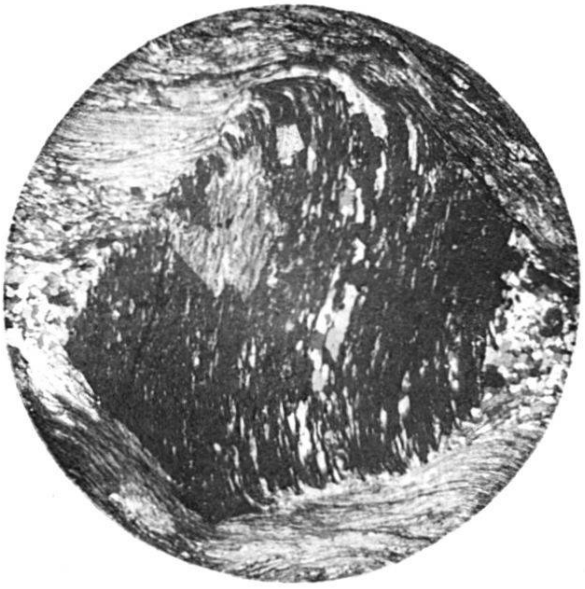


Fig. 4

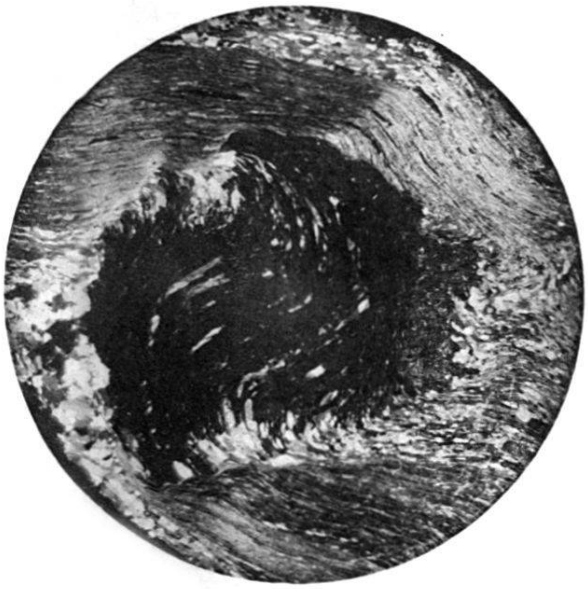


Fig. 5

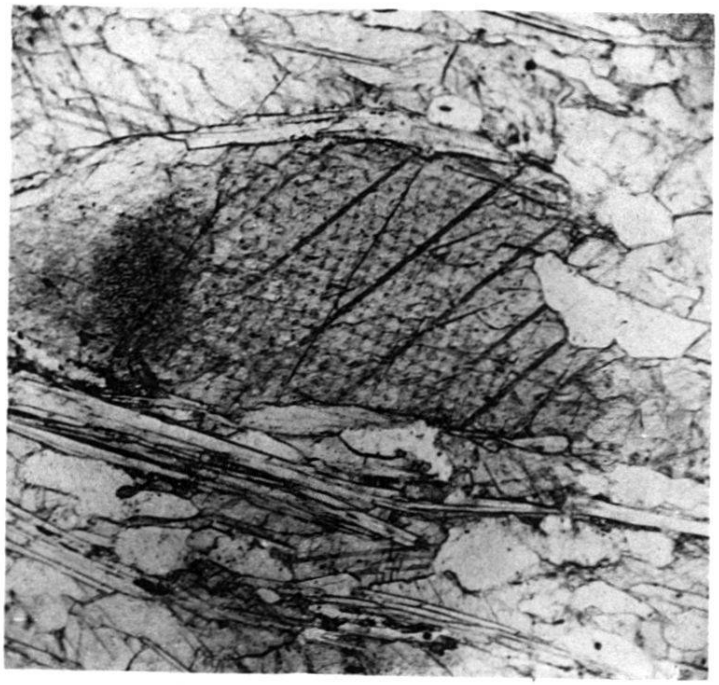


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8