

3. Geologische und petrographische Studien am Monte Aviolo im italienischen Antheil der Adamellogruppe.

Von Herrn WILHELM SALOMON in Leipzig.

Hierzu Tafel XXIX.

Seit der Mitte der 40er Jahre unseres Jahrhunderts wurde das im südlichen Theile der Ostalpen gelegene Adamello-Gebirge von einer Reihe von Forschern besucht, beziehungsweise zum Gegenstande längerer und mühsamerer Arbeiten gemacht. Es ergaben sich dabei zahlreiche, bemerkenswerthe Resultate; indessen reichen diese, wenigstens soweit sie publicirt sind ¹⁾, nicht aus, um ein in allen Zügen klares Bild von dem verwickelten geologischen Bau jener Gegenden zu entwerfen. Zu der Vervollständigung dieses Bildes beizutragen ist der Zweck der vorliegenden Arbeit. — Im Folgenden möge zunächst kurz dargestellt werden, was für dieselbe von den bisher gemachten Beobachtungen wesentlich in Betracht kommt.

Der ungefähr 1200 Quadratkilometer grosse Adamellostock besteht aus einem Kern von Tonalit und einem Gürtel von sehr verschiedenartigen Schichtgesteinen. Es sind das im SO und S permische und triassische Schichten vom „Grödener Sandstein“ aufwärts bis zu den mittleren triassischen Kalken, im N und O aber Gneisse, Glimmerschiefer und Phyllite von grösstentheils unsicherem Alter. Im W herrschen ganz besondere, eigenthümliche Verhältnisse, die wir später bei der Besprechung der STACHE'schen Untersuchungen kennen lernen werden. An der Südgrenze wurde über viele Kilometer hin eine contactmetamor-

¹⁾ Aus einer freundlichen Privatmittheilung des Herrn Ober-Berg-rath STACHE in Wien habe ich ersehen, dass derselbe beabsichtigt, sobald es ihm seine Berufs-Obliegenheiten gestatten werden, eine grössere Arbeit über die Adamellogruppe herauszugeben, die zahlreiche, bisher nicht von ihm veröffentlichte Beobachtungen umfassen wird.

phische Umwandlung der Sedimentärgebilde beobachtet und von verschiedenen Autoren mehr oder weniger genau beschrieben. Sie ist sehr ähnlich der viel früher bereits in Predazzo und am Monzoni bekannt gewordenen Metamorphose gleichartiger Schichten. Die Kalksteine wurden in Marmor verwandelt und je nach dem Grade ihrer Verunreinigung durch Kieselsäure und andere Substanzen mit Granat, Vesuvian, Wollastonit und anderen bekannten Contactmineralien imprägnirt. Der Grödener Sandstein wurde zu braungrauem Quarzit verändert¹⁾.

So genaue Nachrichten nun aber über die Umwandlung dieser Schichtcomplexe gegeben sind, so spärlich fließen die Quellen in Bezug auf die Wirkungen, die der Contact des Tonalites auf die anderen Theilen des Eruptivstockes benachbarten Schichten ausgeübt hat. Der erste, der darüber etwas angab, war ESCHER VON DER LINTH. Er sagt²⁾: „Am Nordufer des Sees (sc. Lago d'Arno östlich von Cede-golo im Val Camonica) herrscht ein schwärzliches Gestein, das wie veränderter Thonschiefer aussieht. Eine Viertelstunde bevor ich den See erreichte, sah ich in einem Seitentobel Glimmerschiefer anstehend; zugleich fanden sich viele Blöcke von weissem Marmor, deren Stammort in der Nähe liegen muss. Gegen den See hin folgt ein bei 100 m breiter, auch am Ostufer des Seeauslaufes fortsetzender Streifen höchst eigenthümlicher Gesteine, die zum Theil in hohem Grade an die Contacterscheinungen von Monzoni oder an die Silicatbildungen der Sommablöcke im Tuff von Neapel erinnern.“ BENECKE³⁾ bestätigte diese Beobachtungen und bezeichnete die fraglichen Gebilde als „harte, kieselige, graue, grünliche Gesteine von sehr eigenthümlichem Aussehen, etwa wie umgewandelter Thonschiefer“. Darauf fand LEPSIUS⁴⁾ im Glimmerschiefer des Val San Valentino, nahe dem Tonalit, Andalusit und Staurolithkrystalle auf und traf am Nordwest-Ende des Lago d'Arno „Frucht- und Knotenschiefer“ an. Die betreffende bemerkenswerthe Stelle heisst: „Um den Südwest-Fuss des Re di Castello (südwestlicher Theil des Adamellomassivs) sind die Grauwacken, Thonschiefer und Conglomerate des Rothliegenden herumgeworfen; dieselben stossen ebenso scharf, wie die Muschelkalke, an den senkrecht abstürzenden Seiten des Tonalitstockes ab. Das ganze übrige Massiv des Tonalit ist umgeben von Gneiss und Glimmerschiefer. Eine Contactwirkung auf diese Umwallung

¹⁾ SUESS. Antlitz der Erde, Bd. I, p. 316.

²⁾ STUDER's Geologie der Schweiz, Bd. I, p. 292—295.

³⁾ Ueber Trias und Jura in den Südalpen. Geogn.-paläont. Beiträge, Bd. I, Heft 1. München 1866, p. 61 u. 62.

⁴⁾ Das westliche Süd-Tirol, p. 151.

hat sicherlich stattgefunden; die Andalusite und Staurolithe im Glimmerschiefer der Val Valentino nahe dem Tonalit weisen vielleicht darauf hin; sicherlich aber jene Frucht- und Knotenschiefer, welche ich am Nordwest-Ende des Lago d'Arno anstehen sah.“ Später fand STACHE¹⁾ auf der Westseite des Adamello-Gebirges an der Grenze des Tonalits eine „Randzone, bestehend aus eigenthümlichen, fein gebänderten Schiefern, Lagen von krystallinischen, Granat führenden Kalksteinen und lagerförmigen Massen von dioritischen Gesteinen.“ Er beobachtete sie an vielen Punkten zwischen „Val d'Avoli“²⁾ im N und Val Caffaro im äussersten SO und stellte fest, dass ihre äussere Umhüllung von „Gneiss, Gneissphyllit und Glimmerschiefer“ gebildet wird. Ueber die Natur und tektonische Position der „Randzone“ spricht er sich in seiner letzten diesbezüglichen Publication³⁾ aus. Es heisst dort: „Die schmale, durch einen Wechsel von krystallinischen Kalkschichten mit deckenartigen, dioritischen Lagermassen ausgezeichnete Gesteinszone, welche auf der Westflanke des Adamello-Gebirges in langen Strecken zwischen dem Tonalit-Gebirge und dem angrenzenden Gneiss- und Quarz-Phyllit-Gebirge eingeschaltet liegt“, repräsentirt „zum grössten Theil wahrscheinlich Aequivalente der unteren Servinoschichten von Paspardo“⁴⁾. Weiterhin fährt er fort: „Es haben also übergreifend über die älteren permischen Quarzite von Paspardo, welche direct auf Quarzphyllit liegen, über Gneiss- und Quarzphyllite und die oberen Granit- und Dioritdecken (sc. der Hauptmasse des Tonalits) hinweg auf dieser Seite schon in der Schlussperiode der permischen Bildungen Ablagerungen von Kalk, quarzitischen Schiefern und Tuffen unter dem anormalen Verhältniss eines wiederholten Wechsels mit dioritischen Decken stattgefunden. Diese repräsentiren somit eine eigenthümliche, unter besonderen, nicht normalen Verhältnissen gebildete Facies.“ Er schlägt für diese den Namen „epikrystallinische oder eventuell subvulcanische Facies“ vor und spricht sich dafür aus, dass die ihr angehörigen Schichten grösstentheils ursprünglich in ihrer jetzigen Beschaffenheit abgelagert und nur „regional oder local“ nach erfolgtem Absatz metamorphosirt

¹⁾ Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt zu Wien, 1879, p. 300 bis 310.

²⁾ Val d'Avoli ist mir nicht bekannt. Sollte vielleicht ein Druckfehler vorliegen? — Val d'Aviolo ist der bei den Einwohnern gebräuchliche Name für Val Paghera der Karten.

³⁾ Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1880, p. 252—255. — Wegen der grossen Wichtigkeit dieser Angaben möge es gestattet sein, die eigenen Worte des Verfassers ausführlich wiederzugeben.

⁴⁾ In der Nähe von Breno, unteres Val Camonica.

wurden. Da er nun ferner Thatsachen auffand, die für die Existenz von Bruchspalten in der „alten Kernmasse und ihrer Umrandung“ sprechen, so nahm er an, dass grosse Theile der „epikrystallinischen Randfacies“ in diesen Bruchspalten absanken oder eingequetscht wurden. Zum Schluss fasst er seine Beobachtungen wie folgt zusammen: „Ich sehe in der schmalen, im Westen des Adamellostockes zwischen dem Tonalit und dem Phyllitgebirge eingezwängten, durch krystallinische Kalklager ausgezeichneten Zone die in tektonisch sehr merkwürdiger Weise postirten Reste jener jüngeren epikrystallinischen Randbildungen, welche einst beiläufig entlang der älteren Grenzlinie zwischen Tonalit und Phyllitgebirge übergreifend auf Phyllit und Tonalit lagen. Nur die zwischen Tonalit und Phyllit den jungen Bruchlinien entlang eingezwängten Theile dieser Randzone blieben von der späteren völligen Zerstörung durch die Erosionsarbeit der glacialen und postglacialen Zeit verschont.“ Soweit gehen STACHE's interessante Mittheilungen über die relativ jüngeren Randbildungen entlang der westlichen Grenze des Tonalitstockes. Ueber dort vorhandene Beziehungen zwischen dem Tonalit und dem alten „Phyllit- und Gneissphyllit-Gebirge“ selbst giebt er dagegen nur wenig an. Er erwähnt, dass eine „Gneissphyllitzunge“ zwischen Cina Casinella und Passo della Forcellina auf der Randzone des Tonalits und daher indirect auf diesem selbst lagert (l. c., 1879). Ueber den Tonalit spricht er sich in seiner letzten bereits citirten Publication des Jahres 1880 wie folgt aus: „Welches Bildungsalter und welche Bildungsweise dem Tonalit der nördlichen Presanellamasse mit ihrer rindenartigen Gneissdecke und dem Granit des centralen Adamello zugeschrieben werden muss, darüber will ich mich hier noch nicht äussern.“

Ueberblickt man all die angeführten Beobachtungen, welche im Contact mit dem Tonalit aufgefundene Schichten betreffen, so beziehen sie sich auf vier ganz verschiedenartige Schichtgruppen. Es sind das: 1. die breite, mit Contactmineralien imprägnirte Zone von Trias- und Permschichten des Südens; 2. die von STACHE untersuchte eigenthümliche Randzone, die den grössten Theil der Westflanke des Tonalits begleitet; 3. die von LEPSIUS erwähnten „Grauwacken, Thonschiefer und Conglomerate des Rothliegenden“ am Südwestfusse des Re di Castello und 4. das alte Gneiss-, Glimmerschiefer- und Phyllit-Gebirge, im Westen durch die STACHE'sche Randzone vom Tonalit getrennt, aber ursprünglich unter dieser an den Tonalit stossend, im Norden und Osten für sich allein die Begrenzung des Eruptivstockes bildend. Ueber die beiden erstgenannten Schichtcomplexe liegen ausführliche Berichte vor. Auf die dritte Gruppe beziehen sich die Beobach-

tungen von LEPSIUS über „Frucht- und Knotenschiefer“ am Lago d'Arno, sowie wenigstens ein Theil der Beobachtungen von ESCHER und BENECKE. Ueber eine Contactmetamorphose der letztgenannten Gruppe ist ausser jener allein stehenden Wahrnehmung von LEPSIUS im Val San Valentino noch gar nichts bekannt geworden.

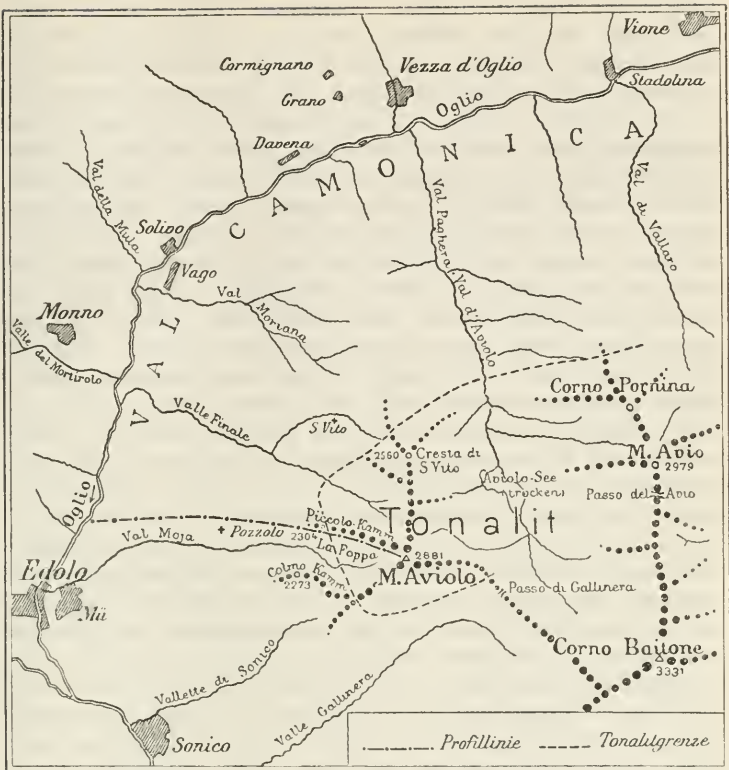
Es gelang mir nun auf einer im Jahre 1888 in diese Gegenden unternommenen Reise an dem Monte Aviolo, dem nordwestlichsten Tonalitpfeiler der Adamellogruppe, einige Thatsachen aufzufinden, die für eine contactmetamorphische Umwandlung des dort an den Tonalit angrenzenden Gneiss-Phyllit-Gebirges sprachen. Ich wurde indessen damals durch Erkrankung verhindert, jene Beobachtungen fortzusetzen. Da mir nun später auch Herr Ober-Bergrath STACHE auf eine Anfrage in liebenswürdigster Weise mittheilte, dass er glaube, eine petrographische Specialuntersuchung jenes kleinen Abschnittes der Tonalitgrenzzone könne zu interessanten Resultaten führen, so verwendete ich einen grossen Theil des Sommers 1889 auf eine genaue Untersuchung des Aufbaues jener Zone.

Im Folgenden sind die Resultate der Aufnahmearbeiten, sowie der im Winter und Frühling 1889—90 daran angeknüpften petrographischen Untersuchungen enthalten. Es dürfte dabei am zweckmässigsten sein, zunächst eine topographische Schilderung des Gebietes zu entwerfen, darauf die Darstellung der geologischen Beziehungen zu bringen und zum Schluss erst die petrographische Einzelschilderung folgen zu lassen.

Topographische Schilderung¹⁾.

Am Passo Tonale berühren sich die südlichsten, rundlich geformten Ausläufer des Ortlerstockes (im orographischen Sinne) mit den nördlichsten, gleich wild und schroff ansteigenden Tonalitfelsen der Adamellogruppe. Die Passhöhe selbst ist eine flache, sumpfige, fast eine halbe Stunde lange Hochebene, über die quer hinweg die italienisch-österreichische Staatsgrenze verläuft. Steigt man nach Westen hinunter, so erreicht man bald den Lauf des Oglio, der nun für eine weite Erstreckung hin die orographische Grenzlinie des Adamello - Gebirges bildet. Das Thal, in dem er fliesst, trägt den Namen „Val Camonica“. Es verdankt seine eigenthümliche Schönheit, die durch den Contrast zwischen wilder

¹⁾ Man vergleiche die nebenstehende Kartenskizze event. Blatt Adamello - Tione der österreich. Generalstabskarte in 1 : 75 000. Genauere Details enthalten die Blätter Edolo und Monte Tonale der italienischen Generalstabskarte in 1 : 50 000. Bezüglich der Literaturangaben vergl. man das am Schluss der Arbeit abgedruckte Verzeichniss.



Hochgebirgsnatur auf den Höhen ringsum und üppigem, südlichem Pflanzenwuchs im Grunde neben dem Flusse charakterisirt ist, nicht zum kleinsten Theil der Eigenart des geologischen Baues, wie wir später sehen werden. Es zieht von Ponte di Legno, dem ersten Orte unter dem Tonale in ungefähr westlicher Richtung bis nach Vezza, biegt dann allmählich immer mehr nach Süden um, bis es sich bei Edolo, dem Hauptort dieser Gegenden, sogar südöstlich richtet, indessen nur für eine kurze Strecke; denn bei dem nur eine halbe Stunde von Edolo entfernten Sonico nimmt es wieder SSW-Richtung an und behält sie bis Breno, dem Hauptort des unteren Thales. Folgt man auf dieser langen Strecke dem Laufe des Flusses, so fällt ein eigenthümlicher Zug der Landschaft zur Linken auf. Im Allgemeinen nämlich verdecken niedrige bewaldete Vorberge die Aussicht auf die der

Karte nach gar nicht weit entfernten hohen Erhebungen des eigentlichen Adamello-Massivs. In kurzen Zwischenräumen aber, gewöhnlich von einer halben oder ganzen Stunde, öffnet sich ganz plötzlich senkrecht auf die Richtung des Hauptthales ein Querthal und bietet nun ein durch sein unerwartetes Erscheinen um so stärker fesselndes und anziehendes Bild erhabener Hochgebirgsnatur dar. Die höchsten Spitzen der mit Schnee und Firn bedeckten, in den Hintergrund der Thäler Gletscher entsendenden Berge erreichen 3600 m. Das Hauptthal senkt sich zwischen Ponte di Legno und Edolo bis auf 700 m hinunter. Die Höhendifferenz zwischen der Thalsole und den z. Th. nur wenige Kilometer in der Luftlinie entfernten Bergespitzen beträgt also, wenigstens auf dieser Strecke, fast immer über 2000 m. — Mit dem raschen Abfall des Gebirges zum Oglio hin steht eine andere Erscheinung in Verbindung. Die Bäche der erwähnten Seitenthäler besitzen nämlich in Folge ihres kurzen Laufes, der grossen Niveaudifferenz zwischen Quelle und Mündung und ihrer relativ bedeutenden Wassermengen gewaltige bei Gewittern oder nach anhaltendem Regen oft entsetzliche Verheerungen hervorbringende Kraft. Sie bilden Wasserfälle von ansehnlicher Höhe und haben, was an dieser Stelle am meisten in Betracht kommt, regelmässig den Contact zwischen dem Tonalit und den Schichtgebilden dem Auge des Beobachters entblösst. Denn die Linie des Contactes, die auf dem Passo Tonale mit der orographischen Grenzlinie zusammenfällt, bildet weiter westlich einen spitzen Winkel mit der Richtung des Hauptthales und entfernt sich daher immer weiter von ihm. Während auf dem Passo Tonale zur Linken unmittelbar Tonalit ansteht, steigt man im Aviothal bereits eine Stunde aufwärts, bis man ihn erreicht, und muss in dem Val Moja zu demselben Zweck 1500 m Höhendifferenz und 4 km Horizontal-Entfernung überwinden. Wo der Contact verläuft, das kann man schon aus grossen Entfernungen gewöhnlich mit Sicherheit bestimmen. Denn der Tonalit ist härter als die ihn umgebenden Schiefer und widersteht auch der Verwitterung besser als diese. Dazu kommt, dass wo die Verwitterung und der Spaltenfrost in ihn eindringen, sie in Folge seiner eigenthümlich verlaufenden Kluftsysteme andere Formen erzeugen als bei den Schichtgesteinen. Endlich hebt er sich von diesen auch durch seine lichtere Farbe deutlich ab.

Schon diese Erscheinungen mit den durch sie erklärten Contrasten der Oberflächenformen geben der Landschaft eine gewisse Abwechslung. Dasselbe, wenn auch mit ganz anderen Mitteln, erreichte ein anderes Phänomen, nämlich die Thätigkeit der in der Diluvialzeit Haupt- und Seitenthäler erfüllenden Gletscher. —

Da über die schön und typisch ausgebildeten Glacialerscheinungen des oberen Val Camonica bis jetzt so gut wie gar nichts bekannt geworden ist, so will ich hier beiläufig einige bemerkenswerthe Thatsachen aus dem Aviologebiet¹⁾ hervorheben. In der Umgebung von Edolo erscheinen fast sämtliche Hügel und Ausläufer der höheren Berge als typische „roches moutonnées“. Als Beispiele seien angeführt: 1. Die „colline di Nembra“, eine Viertelstunde von Edolo im Cortenothal. 2. Alle Hügel auf der Südseite desselben Thales vom „Ponte militare“ bis Santicolo, was für die schon von AMIGNETTI erwähnte Communication zwischen Oglio- und Valtellina-Gletscher spricht. 3. Der Hügel, auf dem der kleine dem Herrn FOLONARI in Edolo gehörige Aussichtsthurm neben der Kaserne steht. 4. Fast sämtliche Bergausläufer, östlich neben der Chaussee zwischen Edolo und Sonico. 5. Ein grosser Theil der Ausläufer nördlich von dem unteren Val Moja; besonders schön der Felsvorsprung nahe der Baita Felici. — Nicht weit von der Baita Vestaz, südlich von dem Val Moja sah ich an einem durch Abrutschung der Humusdecke erst kürzlich entblösten Schliß auf Phyllit auch noch die bekannten Schrammen, die unter einander ziemlich parallel, schwach im Sinne des Thales geneigt waren. Nicht selten findet man an Stellen der Oberfläche solcher Rundhöcker, wo Bäche ganz sicher niemals fließen konnten, mässig grosse, rundliche oder länglich ausgezogene Vertiefungen, die gewöhnlich mit Regenwasser erfüllt sind. Ich halte dies, wenigstens z. Th., für Reste von Gletschertöpfen, obwohl ich ganz sichere Beweise dafür nicht beibringen konnte. Ein weiteres Kennzeichen der ehemaligen Vereisung sind die Reste der alten Grundmoräne des Ogiogletschers, die sich an verschiedenen Stellen, besonders schön aufgeschlossen aber bei den Boscavegno genannten Sennhütten südlich von dem Val Moja, 300 m über dem Oglio finden. Sie bedecken dort einen grossen Theil der Bergflanke, sind durch kleine, im Sommer gewöhnlich trockene Wasserläufe gut aufgeschlossen und lassen alle charakteristischen Merkmale von Grundmoränen erkennen. Ihr Material ist feinsten, lehmiger Sand, ganz erfüllt mit Geschieben von allen möglichen Grössen bis hinauf zu über ein Meter im Durchmesser haltenden Blöcken. Es sind hauptsächlich Tonalit-

¹⁾ Ich muss mir versagen, an dieser Stelle über die Glacialerscheinungen des Val d'Avio zu berichten, möchte aber auf die 4 perlschnurartig an einander gereihten, von Rundhöckern abgeschlossenen, theilweise jetzt bereits ausgefüllten Seen dieses Thales aufmerksam machen. Dieselben liegen auf 4 in schroffen Felswänden abbrechenden Terrassen, über deren Rand das Wasser des Baches in gewaltigen Wasserfällen niederstürzt.

stücke und sehr verschiedenartige Schiefervarietäten. Bemerkenswerther Weise finden sich auch, wenngleich nur selten, kleinere Stücke eines weissen, gebänderten Marmors, petrographisch vollkommen mit dem Gestein aus den Steinbrüchen von Vezza nördlich des Oglio übereinstimmend. Anstehend wurde Marmor auf dieser Seite des M. Aviole niemals gefunden. Gerade diese Stücke nun waren in Folge ihrer geringeren Härte viel häufiger als die aus Schiefer bestehenden in der für Grundmoränen - Geschiebe charakteristischen Weise auf den sonst abgeschliffenen Flächen geschrämmt und zerkratzt. Auch die Abrundungsart, welche man treffend als „Kantenrundung“ bezeichnet hat und bei Flussgeröllen nicht in dieser Weise trifft, zeigt sich hier überaus häufig an den Geschieben. Daneben finden sich dann auch Stücke, besonders grössere Blöcke, die kaum irgend welche Spur von Politur und Bearbeitung aufweisen. Landschaftlich tritt die Boscavegno-Moräne dadurch sehr deutlich hervor, dass an einer Stelle, wo mehrere kleine Wasserläufe sie dicht neben einander anschneiden, nur noch sehr merkwürdig geformte Reste von ihr erhalten blieben. Es sind 4—5 m hohe, scharfe Kämme, die zu beiden Seiten in Folge der wohl den meisten Grundmoränen gemeinsamen Zähigkeit ihrer Substanz mit sehr grossem Neigungswinkel abfallen. Oben sind sie oft nur wenige Centimeter breit. Mitunter ragen grössere Blöcke in den oberen Theilen nach beiden Seiten frei heraus. Jeder Regenguss erniedrigt die Kämme, und es ist dann nicht ungefährlich, die schmalen Rinnen zwischen ihnen zu passiren. Denn wenn der Regen das sandig-lehmige Cäment erweicht, welches die stützende Unterlage der schweren Blöcke bildet, so stürzen diese oft ganz plötzlich und unerwartet nieder. Wahrscheinlich werden sich aus diesen eigenthümlichen Producten der Erosion im Laufe der Zeit bei stärkerem Einschneiden der jetzt noch unbedeutenden seitlichen Furchen „Erddpyramiden“ herausbilden. — Hier also markirt sich die Moräne in sehr auffallender Weise an der Oberfläche. An vielen anderen Orten aber erkennt man ihr Dasein nur an einzelnen grösseren, aus dem Boden hervorragenden Blöcken, die an der Stelle, wo man sie findet, nicht anstehend vorkommen und dorthin auch nicht durch fliessendes Wasser, durch Sturz oder durch Lawinentransport getragen sein können, sowie an der grösseren Fruchtbarkeit des Terrains. Die letztere ist sehr auffällig. Die prachtvollen Wälder von Edelkastanien finden sich gern auf solchem Boden. Daneben bedecken sie allerdings auch die flachen Schuttkegel vor den Ausmündungen mancher kleinen Seitenthäler. Eben diese Kastanien sind es aber, die im Verein mit Maulbeer- und

Nussbäumen, sowie den in Edolo zuerst auftretenden, nach Süden immer häufiger werdenden Weinpflanzungen und Feigenbäumen der Vegetation der untersten Thalgehänge den südlichen Charakter verleihen, der einen so reizvollen Gegensatz zu der echt alpinen Natur der höheren Erhebungen bildet. Beiläufig sei hier bemerkt, dass Latschen, Lärchen und andere Pinus-Arten in der Foppa bei Edolo bis zu ungefähr 2300 m, in der Nähe der Wallfahrtskirche von San Vito oberhalb Incudine bis etwa 2200 m Meereshöhe hinaufgehen, und dass hier die Baumgrenze ziemlich scharf mit der Grenze zwischen Schiefer und Tonalit zusammenfällt. — All' die geschilderten Eigenthümlichkeiten der Landschaft übersieht man mit einem Blick von dem Thalkessel von Edolo aus, wenn man das Auge auf den M. Aviolo richtet. Man unterscheidet an diesem eine untere Zone, in der rundliche, wenig individualisirte Formen vorherrschen, darauf eine breite mittlere Zone, die ebenso wie jene aus Schiefer besteht, aber wenigstens in ihren höchsten Theilen gar nicht oder nicht stark von der mechanischen Thätigkeit der Gletscher beeinflusst wurde. Sie weist im Gegensatz zu der unteren Zone der „roches moutonnées“ wohl charakterisirte Kämme und Vorsprünge auf. Ganz oben folgt der die höchsten Theile des Berges zusammensetzende Tonalit, der sich durch seine zackigen, zerrissenen Formen, sowie durch seine hellere Farbe deutlich von der zweiten Zone abhebt.

Die bisher angeführten allgemeinen Erscheinungen sind wichtig, wenn wir uns von der geologisch zu untersuchenden Gegend auch landschaftlich ein Bild machen wollen. Gehen wir jetzt zu einer specielleren topographischen Darstellung des Aviologebietes über. Es sei hier gleich im voraus bemerkt, dass von den verschiedenen Thälern, die den Monte Aviolo durchfurchen, das Val Moja bei Edolo wohl die meisten und interessantesten Aufschlüsse bietet. Es wurde daher mit besonderer Sorgfalt untersucht, und die geologische Darstellung des weiter unten folgenden Abschnittes wird hauptsächlich aus einer Schilderung des in ihm gegebenen geologischen Profils bestehen. Bei der topographischen Schilderung wollen wir daher dem Bache des Val Moja von seiner Mündung in den Oglio aufwärts folgen bis zum Gipfel des Monte Aviolo und dann über die von dort leicht zu übersehenden anderen Theile des Berges einen Ueberblick zu gewinnen suchen. —

Von Edolo¹⁾ kommend überschreiten wir die Ogliobrücke,

¹⁾ Die Wegangaben sind hier absichtlich sehr ausführlich gehalten, um späteren Besuchern derselben Gegenden das Auffinden der interessantesten Punkte zu erleichtern bezw. überhaupt zu ermöglichen.

welche die beiden nur durch den Fluss von einander getrennten Gemeinden Edolo und Mù verbindet, steigen ziemlich steil zu der beiden Ortschaften gemeinsamen grossen Kirche an und folgen darauf einem gepflasterten Karrenwege in nordöstlicher Richtung. Wenige 100 Schritte hinter dem Campanile erreichen wir den Bach des Val Moja. Er ist hier sehr unansehnlich und unbedeutend, da die Anwohner weiter oben den grössten Theil seines Wassers in zahlreichen kleinen Kanälen in ihre Felder und Matten ableiten. Auf dem rechten Ufer stehen schroffe Klippen von aufgerichtetem Phyllit an, die ersten Aufschlüsse, denen wir begegnen. Wir benutzen nun einen der vielen kleinen Fusspfade, die an dem Bach entlang aufwärts führen. Der unterste Theil des Thales, den wir zunächst durchwandern, bildet eine ziemlich breite, aber nicht sehr tief eingeschnittene Furche zwischen den in der Glacialzeit geglätteten Ausläufern der untersten Zone des Berges. Bis zu 900 m Meereshöhe, d. h. 200 m über der Sohle des Hauptthales, bleibt der Charakter der Landschaft derselbe. Dann aber fällt es uns auf, dass die Kastanien allmählich verschwinden, dass das Thal sich verengt und seine Wände höher und schroffer werden.

Unterhalb der Baita Daone verlässt endlich auch der Weg den Grund, und es folgt nun ein weit weniger zugänglicher Abschnitt, den ich bis zu einer Höhe von ungefähr 1200 m rechne. Die Neigung ist hierin eine viel grössere; dreimal bildet der Bach hohe Wasserfälle, die über die Schichtflächen steil aufgerichteter Quarzphyllite herunterstürzen. Einen Weg findet man nur auf einer ganz kurzen Strecke. Da nun ausserdem noch dichtes Buschwerk das Vorwärtskommen erschwert, so ist es sehr mühsam, stellenweise sogar schwierig, dem Lauf des Baches zu folgen. Hat man indessen diesen schwer zugänglichen Abschnitt überwunden, so erreicht man in etwa 1200 m Höhe eine kesselartige Thalweiterung, die von einem Wege gekreuzt wird. Von hier aus führt wieder ein schlechter Fusspfad auf dem rechten Ufer entlang. Folgen wir ihm, so verengt sich das Thal von neuem, und es fällt uns auf, dass die schiefrigen Gesteine der Felswände nicht mehr das Aussehen normaler Quarzphyllite haben. Bald darauf erblicken wir einen schmalen Porphyrgang und erreichen, wenige hundert Schritte weiter, das untere Ende eines kleinen Eruptivstockes von Quarzdiorit, der hier die Schiefer durchbrochen und verändert hat. Zu demselben Punkt führt auch ein breiter Weg südlich von dem Val Moja, von den Boscavegnohütten aus. Etwa 60 Schritte oberhalb der Einnündung desselben, aber auf dem anderen Ufer, geht ein schwierig zu findender, ganz schmaler Pfad in dem

Eruptivstock in die Höhe und stösst nach kurzer Zeit auf einen anderen, dort ziemlich horizontal verlaufenden Weg, der weiter im Thale entlang führt. Bald ist der Diorit, dessen horizontale Ausdehnung nur etwa 200 m beträgt, durchschritten, und es folgen von neuem schiefrige Gesteine. Noch eine Strecke weit fehlt es nicht an Aufschlüssen; dann aber wird die Thalwand, auf der wir uns befinden, flacher; Buschwerk und Wiesen treten auf, und man sieht nur noch wenig anstehendes Gestein. In 1450 m Höhe quert ein guter Weg das Thal; er führt nördlich nach Pozzolo, südlich nach Preda, den beiden höchsten Sennhütten auf dieser Seite des Monte Aviolo.

Dann aber beginnt ein neuer sehr steiler, auch geologisch von dem vorigen unterschiedener Abschnitt des Val Moja. Leider ist es hier zunächst unmöglich, neben dem Bach in die Höhe zu steigen, um die durch ihn angeschnittenen Felsen zu untersuchen. Denn die schmale, glatte Rinne, in der das Wasser steil herunterstürzt, ist nicht gangbar. Man ist daher genöthigt einen Umweg zu machen und erreicht die Aufschlüsse erst sehr viel höher. Da trifft man dann aber Gesteine, welche sich von den bisher beobachteten phyllitisch-quarzitischen wesentlich unterscheiden und nun bis zum Contact mit dem Tonalit anhalten. Wir werden uns später ausführlich mit ihnen beschäftigen müssen. Hier sei nur erwähnt, dass man in ihnen an einem zweiten, in grösserer Höhe von Pozzolo nach Preda führenden Wege einen Porphyritgang aufgeschlossen sieht, aller Wahrscheinlichkeit nach das von STACHE aufgefundene und von v. FOULLON (l. c., 1886) genau beschriebene Vorkommen, jedenfalls aber petrographisch damit völlig identisch. In dieser Höhe beginnt der Bach sich mehrfach nach oben in einzelne kleinere Zuflüsse zu gabeln. Gleichzeitig werden die Furchen der Wasserläufe entsprechend kleiner, und bald ist auch die Einsenkung des Hauptbaches nur noch eine so geringe, dass man nicht mehr gut von einem eigentlichen Thal sprechen kann. Man erhält vielmehr, namentlich aus der Entfernung, den Eindruck einer ziemlich ebenen, stark geneigten Bergwand, die auf beiden Seiten von höheren Ausläufern der sich darüber erhebenden Gipfel und Kämme begrenzt wird, in der Mitte aber von unbedeutenden kleinen Wasserläufen durchfurcht ist. Sie reicht bis zu einer Höhe von 1820 m hinauf. Dicht unter ihrem oberen Rand bricht das Wasser des Hauptbaches als Quelle aus dem Erdreich hervor; steigt man aber bis zu dem Rande selbst hinauf, dann erblickt man plötzlich ein eigenthümliches, offenbar die Fortsetzung des Val Moja bildendes Hochthal. Es wird von den Bewohnern des Hauptthales „La Foppa“ genannt und für ein streng von dem

Val Moja getrenntes Gebilde gehalten. Den Ursprung des letzteren sehen sie dort, wo der Bach sich tiefer in die Bergwand einzuschneiden beginnt.

Die Foppa ist eines jener merkwürdig gebauten, im Hintergrunde kesselartig gestalteten Hochthäler, wie sie in der Adamellogruppe so weit verbreitet sind. Sie hat ebenso wie das Val Moja, bei dem nur der unterste ONO verlaufende Abschnitt eine Ausnahme macht, eine ziemlich scharf östliche Richtung, ist fast eine Stunde lang und etwa eine Viertelstunde breit. Nördlich und südlich wird sie von zwei langgezogenen, die Thalsohle 3—400 m überragenden Kämmen begrenzt. Im Hintergrunde ist sie durch eine mächtige Tonalitwand, die den Fuss des eigentlichen Aviologipfel-Massivs bildet, senkrecht auf ihre Längserstreckung abgeschlossen.

Ungefähr in der Mitte befindet sich eine steilere Thalstufe, an der man auch anstehendes Gestein sieht; sonst aber ist sie wenig geneigt und vollständig mit Bergtrümmern bedeckt. Diese letzteren sind Stücke von allen möglichen Grössen, mitunter die Semihütten der Bergbewohner an Rauminhalt übertreffend, wild umhergewürfelt und auf einander liegend. Ihren Ursprung erkennt man leicht, wenn man die langen, mächtigen Schutthalden betrachtet, die von den Felsrippen und Wänden der Kämme zu dem Trümmermeer des Grundes, abwärts sich immer mehr verbreiternd, herunterziehen. Eine Folge dieser Schuttanhäufung auf dem felsigen Boden des Thales ist es, dass die Bäche, welche in den höchsten Theilen des Aviolo entspringen, schon ganz im Hintergrunde unter den Trümmern verschwinden. An manchen Stellen hört man freilich das Wasser in der Tiefe rauschen. Doch ist es nicht zugänglich und erreicht das Tageslicht erst wieder an dem oben beschriebenen Ort als „Quelle“ des Mojabaches. — Es sei noch erwähnt, dass die äussersten Ausläufer der beiden Foppakämme von Edolo aus gesehen wie zwei selbstständige Bergspitzen erscheinen. Der südliche höhere, mit einem trigonometrischen Signal versehene trägt den Namen „Colmo“, in dem brescianischen Dialekt der Thalbewohner „Collem“. Der nördliche, niedrige hat keine Bezeichnung. Da es mir aber im Folgenden wichtig ist, mich einer solchen bedienen zu können, so werde ich den Namen „Monte Piccolo“ anwenden.

Dringt man auf dem schmalen Pfade, der von Hirten durch die Felstrümmer hindurch gebahnt ist, in das Innere der Foppa ein, so erreicht man nach $\frac{3}{4}$ Stunden drei kleine, flache Wiesen, die einzigen nicht von Trümmern bedeckten Stellen des Thalgrundes. Bei ihnen hört der Weg auf. Richtet man hier den Blick

nach Norden, so erkennt man sofort, dass man auf der Höhe des Kammes den Contact zwischen Tonalit und Schiefer vor sich hat. Alle die bereits beschriebenen landschaftlichen Merkmale des Gesteinswechsels zeigen sich auf's Deutlichste (vergl. Tafel XXIX). Schon der Farbenunterschied ist sehr erheblich. Dann aber gehen die Klippen des Tonalits viel tiefer in das Thal herunter, während sich der Kamm ganz plötzlich um ein bedeutendes Stück erhebt. Ausserdem unterscheidet sich der Tonalit durch seine eigenthümliche Zerklüftung von den ihm benachbarten Gesteinen. Es ist dies ein schönes Beispiel für den Zusammenhang zwischen der landschaftlichen Physiognomie und dem geologischen Bau einer Gegend. Auch auf der Südseite, wo gleichfalls der Contact entblösst ist, kann man bei günstiger Beleuchtung an den geschilderten Kennzeichen die Grenzlinie unterscheiden. Da aber die Verbandverhältnisse hier viel complicirter sind, ist auch die Erscheinung lange nicht so klar und schön zu beobachten¹⁾. — Mehrere Gründe sprechen dafür, dass auch die Foppa zur Diluvialzeit einen selbstständigen Gletscher ernährt haben dürfte. Erstens nämlich fand ich an einer Stelle auf dem Abhange des Piccolokammes abgerundete und geglättete Felsflächen, die jedenfalls auf die Thätigkeit eines Gletschers zurückzuführen sind. Zweitens bleiben noch jetzt in manchen Sommern vereinzelte kleine Firnflecken an günstigen Stellen das ganze Jahr hindurch liegen²⁾. Drittens spricht schon die Configuration der Foppa ganz allein dafür, dass sie unter solchen klimatischen Bedingungen, wie sie während der Glacialzeit geherrscht haben müssen, einen Gletscher ernähren konnte.

Der Anstieg zu der Spitze des Aviolo bietet weniger Schwierigkeiten, als man nach dem Aussehen der schroffen Felswände erwarten sollte. Andere Gesteine als Tonalit treten nicht auf. Auch der 2881 m hohe Gipfel³⁾ wird von ihm aufgebaut. Sind wir aber oben angelangt, so können wir uns nun leicht über das ganze Gebiet ringsum orientiren. Im Osten, unmittelbar zu unseren Füßen, liegt der grosse ehemalige Seeboden des Pagherathals. Jenseits desselben erhebt sich die lange Kette zackiger Berghäupter, die vom Corno Baitone nach Norden aus-

¹⁾ Die der Arbeit auf Tafel XXIX beigegebene Photographie habe ich auf der höchsten der drei Wiesen aufgenommen. Sie stellt den Contact auf der Nordseite dar.

²⁾ Im Sommer 1889 erhielt sich der Firn nicht einmal in den höchsten Punkten des Aviolo, 1888 blieb er an vereinzelten Flecken selbst bei 2000 m Höhe liegen.

³⁾ Häufig nicht als „Monte Aviolo“, sondern als „Castello della Foppa“ bezeichnet.

strahlt, im Corno Pornina und Monte Avio culminirt. Parallel zu dieser Kette erstreckt sich auch von unserem Standpunkt ein mächtiger Kamm nach Norden, das Val Paghera im Westen begrenzend. Zwischen seinen nordwestlichsten Ausläufern liegt der bereits erwähnte Thalkessel von San Vito sowie der Ursprung des kleineren, bei Incudine mündenden Val Moriana. In ungefähr westlicher Richtung von unserem Gipfel strahlen die beiden zunächst die Foppa, weiterhin das Val Moja umschliessenden Kämmе des Colmo und des Monte Piccolo aus. In dem Winkel zwischen diesem letzteren und dem schon beschriebenen, nach Norden gerichteten Kamm entspringen die Bäche des Val Finale, dessen untersten Theil wir bis zu seiner Eimmündung in das Ogliothal gegenüber von Monno überblicken. Der zweite südliche Foppakamm theilt sich in ungefähr 1 Kilometer Entfernung von dem Gipfel in zwei Aeste²⁾, deren einer eben in dem Colmo endigt. Der andere verläuft scharf nach Südwesten und schliesst mit jenem den Ursprung eines bei Sonico mündenden kleinen Thaies ein. Dasselbe ist den Einwohnern als die „Valletta di Sonico“ bekannt, aber auf der österreichischen Generalstabskarte als „Val Re“, auf der italienischen als „Valle Grandi“ bezeichnet. Ich werde mich im Folgenden des bei den Einwohnern gebräuchlichen Namens bedienen. Endlich verläuft parallel mit dem zuletzt beschriebenen Kamm, in südwestlicher Richtung das Val Gallinera, das den M. Aviolo im Süden begrenzt. Nur im Südosten steht dieser mit dem Adamello-Hauptmassiv in directer Verbindung, und zwar durch den vom Gipfel zuerst in östlicher Richtung fortziehenden, dann nach Südosten umbiegenden Gallinerakamm, der zu dem höheren, Gletscher tragenden Corno Baitone hinüber führt. Aber auch hier ist die Einsenkung eine ziemlich beträchtliche. Der niedrigste Punkt des verbindenden Ansläufers liegt fast 600 m unter dem Gipfel des Aviolo. Man benutzt ihn als Pass, um von der Malga Levedole im Pagherathal in das Val Gallinera zu gelangen. Daher ist die orographische Grenzlinie des Aviologebietes auch hier eine scharfe. Später werden wir sehen, dass dasselbe geologisch gleichfalls gut individualisirt und begrenzt ist. Um schliesslich auch noch eine Vorstellung von seiner absoluten Grösse zu geben, sei bemerkt, dass die Basis, über der sich seine Berge erheben (zwischen Val Camonica, Val Paghera und Val Gallinera) nicht ganz 50 Qu.-Kilom. Oberfläche hat.

²⁾ Der Punkt der Theilung ist auf den beiden Generalstabskarten als „Monte Foppa“ bezeichnet. Es beruht das wohl auf einer Verwechselung mit „La Foppa“, dem beschriebenen Hochthal.

Geologische Beschreibung.

Wir haben auf unserer Wanderung durch das Val Moja und auf der sich daran anknüpfenden Besteigung des Aviologipfels erkannt, dass an dem Aufbau dieses Berges in hervorragendem Maasse nur der Tonalit und ein mannichfaltiger Complex verschiedenartiger Schichtgesteine theilnehmen. Diese letzteren wollen wir im Folgenden auf Grund der schiefrigen Structur der meisten ihnen zugehörigen Gesteine der Kürze halber als „Schiefer“ bezeichnen. Es dürfte dies umsomehr berechtigt sein, als wir erkennen werden, dass die wenigen, keine Schieferstructur besitzenden Gesteine unter ihnen die jetzige Anordnung ihrer Gemengtheile, ja diese selbst grössten Theils erst secundären Processen verdanken.

Der Tonalit bildet den eigentlichen Kern des Berges. Er wird aber nur in den obersten Theilen desselben sichtbar, da ihn rings umher, mit Ausnahme eines Theiles der Ostseite, angelagerte, steil aufgerichtete Schiefermassen umhüllen und verdecken. Bis zu ungefähr 2300 m Höhe reichen diese hinauf, und erst die höchsten Kämme und Gipfel zwischen 2300 und 2881 m bestehen ausschliesslich aus Tonalit. Dieser letztere bildet eine geologisch vollkommen einheitliche Masse. Kein Anzeichen deutet darauf hin, dass man in ihm Theile von ungleichem Alter unterscheiden müsse. Im Gegensatz dazu zerfallen die Schiefer nach ihrer petrographischen Ausbildung in zwei verschiedene Abtheilungen. Die jüngere gehört der STACHE'schen Quarzphyllit-Gruppe¹⁾ an. Sie setzt den äusseren, niedrigsten Theil des Berges zusammen, reicht im Val Moja bis zu ungefähr 1550 m Höhe hinauf und überlagert die Schichten der älteren Abtheilung. Die letztere dürfte, wie später erörtert werden wird, wahrscheinlich der Gneissphyllit-Gruppe STACHE's, beziehungsweise einer Uebergangszone zwischen Gneissphyllit und Quarzphyllit angehören. Ausser diesem mächtigen Schiefercomplex und dem Tonalit theilnehmen sich noch eine Reihe untergeordneter, wenig ausgedehnter Intrusionen von porphyrisch struirtten Eruptivgesteinen an dem Aufbau des Gebirges. Sie durchsetzen in derselben Weise sowohl die Schiefer wie den Tonalitkern und sind dadurch als jüngste Glieder des Ganzen charakterisirt. Endlich findet sich noch in den Quarzphylliten des Val Moja ein zweiter dioritischer Eruptivstock, fällt aber seiner Masse nach gegenüber dem Tonalit nur wenig in's Gewicht. Wegen der nahen Beziehungen, in de-

¹⁾ G. STACHE. Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. J. k. k. R., 1874, Heft 2.

nen diese beiden Eruptivstöcke zu den sie umgebenden Schiefeln, nicht aber unter einander stehen, wurde es für zweckmässig gehalten, bei der nun folgenden Darstellung der geologischen Beziehungen eine entsprechende Anordnung zu treffen. Es wird daher zuerst der Quarzphyllit-Complex zusammen mit dem zu ihm gehörigen Dioritstock, darauf der ältere Schiefercomplex mit dem Tonalit und zum Schluss die Gruppe der porphyrisch struirtcn Eruptivgesteine besprochen werden.

I. Der Quarzphyllit-Complex und der zu ihm gehörige Dioritstock.

A. Die Quarzphyllite.

Die hierher gehörigen Schichten setzen eine geologisch einheitliche Masse zusammen, deren Theile unter einander concordant gelagert sind und von allen Bewegungen des Gebirges in gleicher Weise erfasst wurden. Die Schichten sind steil aufgerichtet, streichen zwischen Edolo und Vezza in NO- bis ONO-Richtung, d. h. ungefähr parallel dem Laufe des Oglio, und fallen nach NW, beziehungsweise NNW ein. Da die Nebenthäler auf der linken Seite des Oglio ungefähr senkrecht gegen dessen Lauf gerichtet sind, so gelangt man, wenn man in einem derselben, z. B. in dem Val Moja emporsteigt, stets in ältere, die vorher durchschrittenen unterteufende Schichten hinein, Dabei beobachtet man, dass der Fallwinkel in der Nähe des Hauptthales etwa 40 bis 50° beträgt, je weiter man sich aber von diesem entfernt, um so mehr zunimmt, bis schliesslich eine fast saigere Schichtstellung vorherrschend wird.

Allerdings ergeben in diesem Gebiet die Messungen der geologischen Richtungen oft ganz verschiedene Resultate, selbst wenn der Horizontal- und Verticalabstand zwischen den Beobachtungspunkten nur ein unbedeutender ist. Das hat seine Ursache darin, dass das ganze Gebirge in hohem Maasse von Stauung und Faltung ergriffen ist. Diese Erscheinungen lassen sich im kleinen, im einzelnen Fels und selbst im Handstück auf das deutlichste erkennen. Sie äussern sich in Faltungen, Fältelungen und Kniekungen der Schiefer, die durch ihre Zusammensetzung aus abwechselnden, dünnen Lagen von verschiedenartigem Material die erwähnten Phänomene deutlich zeigen. Auch mit dem Mikroskop kann man derartige Wirkungen der Gebirgsbewegung studiren. Viel schwieriger, ja fast immer unmöglich war es, die durch sie im Grossen erzeugten tektonischen Verhältnisse zu übersehen und zu verfolgen. Hier ist das Haupthinderniss der Mangel an wohl charakterisirten, über grössere

Erstreckungen hin anhaltenden Horizonten. Es wäre daher durchaus nicht unmöglich, dass der scheinbar aus einander regelmässig unterlagernden Schichten bestehende Schiefercomplex aus einer grösseren oder geringeren Zahl von überschobenen und eng zusammengepressten Falten mit abgetragenen Sätteln bestünde. Indessen lassen sich in unserem Gebiet schon aus dem angeführten Grunde keine Anhaltspunkte für eine derartige Annahme auffinden, und es möge daher gestattet sein, so lange die scheinbare Schichtenfolge als wirkliche und normale anzusehen, bis sich, etwa bei einer genaueren Untersuchung grösserer Gebirgsabschnitte, das Gegentheil erweisen sollte.

Der ganze hier betrachtete Complex gehört, wie bereits angeführt, der STACHE'schen Quarzphyllit-Gruppe an, die ihren mehr im geologischen Sinne gefassten Namen von dem in ihr dominirenden Gestein, dem petrographischen Begriff „Quarzphyllit“ erhalten hat. Auch in den hier zu besprechenden Schiefen hat dieses Gestein selbst die grösste Verbreitung. Es besteht aus abwechselnden dünnen Lagen von Quarzkörnchen in quarzitischem Gefüge und solchen von Phyllit, die ihrerseits wieder häufig mächtigere Knauern und Linsen von weissem, gröber körnigem Quarz umschließen. Es entspricht der „Quarzite micacea“ CURIONI's, der von ihm sagt¹⁾, seine Bänke seien „costituiti esclusivamente di quarziti talvolta finamente arenacee con alternanza di leccature micacee“. Je nachdem nun darin die Zahl und Mächtigkeit der Phyllit- bzw. Quarzitlagen auf Kosten der anderen zunehmen, erhält das Gestein mehr den Habitus echter Phyllite oder echter Quarzite. Die letzteren sind indessen nicht so häufig ausgebildet wie die Phyllite. Diese finden sich auch in zahlreichen Varietäten, gehören aber immer der Glimmerschiefer-ähnlichen, deutlicher krystallinischen Abtheilung an, die man „Thonglimmerschiefer“ oder „glimmerige Phyllite“ zu nennen pflegt. Sie entsprechen demnach der von GÜMBEL vorgeschlagenen Bezeichnung „Phyllite“ im Gegensatz zu den mehr Thonschiefer-ähnlichen „Schistiten“. Echte Vertreter dieser letzteren Abtheilung treten nur ganz untergeordnet auf. Dagegen entstehen umgekehrt durch Vermehrung des Glimmergehaltes und die dadurch bedingte Zunahme des Glanzes auf den Schichtflächen Gesteine, die man bei gesonderter Betrachtung vielleicht als Glimmerschiefer bezeichnen würde. Da dieselben indessen nur ganz local und untergeordnet ausgebildet sind und in ihrer mikroskopischen Structur sehr grosse Aehnlichkeit mit den Phylliten zeigen, so wurden sie in der Beschreibung nicht von diesen getrennt. Endlich kommen noch einzelne, petrogra-

¹⁾ Geologia, I, p. 25.

phisch z. Th. ganz abweichende Gebilde vor, die den Phylliten concordant eingeschaltet und geologisch auf's Engste mit ihnen verknüpft sind, nämlich Phyllitgneisse, verschiedene Arten der Amphibolite, vielleicht auch Lager von Pyrit¹⁾. Doch konnte die Art und Weise, in welcher dieser letztere auftritt, nicht festgestellt werden. Die Phyllitgneisse und Amphibolite bilden wahrscheinlich dickbauchige Linsen.

Ordnen wir nun all' die Gesteine, welche den bisher betrachteten unteren Schiefercomplex zusammensetzen, in einer Reihe an, entsprechend ihrer Verbreitung und Wichtigkeit, so müssen wir mit den Quarzphylliten und den normalen Phylliten beginnen. Es folgen dann: Quarzite, kohlenstoffreiche Phyllite, Chloritphyllite, sericitische Phyllite, Granatphyllite, Biotitphyllite, Feldspath- und Epidotamphibolite, Phyllitgneisse, ganz vereinzelt auch Lagen von Feldspath führenden Quarzit, endlich noch seltener Lagen von Thonschiefer-ähnlichem Phyllit-Schistit. Allerdings wird diese Anordnung in verschiedenen Gebieten sehr variiren, und selbst in einem bestimmten Gebirgsabschnitt ist es durchaus nicht immer möglich zu entscheiden, welche von zwei Varietäten verbreiteter ist. Es soll auch dadurch nur ungefähr eine Vorstellung von der Verbreitung der einzelnen Gesteine gegeben werden.

Vergleichen wir die bisher entworfene Schilderung mit der, welche STACHE von der Quarzphyllit-Gruppe giebt, so erkennen wir, dass wir es hier jedenfalls nur mit der unteren, älteren Abtheilung derselben zu thun haben, die ihrerseits wieder auf dem Gneissphyllit-Complex auflagert. — Was das Alter unserer Schiefer betrifft, so gelang es nicht, in dem Aviolegebiet selbst irgend welche Anhaltspunkte für eine absolute Bestimmung desselben zu finden. Dagegen lässt sich ihr relatives Alter, wie wir weiter unten sehen werden, mit Sicherheit feststellen. Das Ergebniss ist, dass die Quarzphyllite älter sind als sämtliche Eruptivgesteine, mit denen wir sie in Berührung finden, jünger nur als die, geologisch betrachtet, unter ihnen liegenden, aber in grösserer Höhe an dem Berge aufgeschlossenen Gneissphyllite. Es muss noch erwähnt werden, dass

¹⁾ Was mir über das Auftreten dieses Minerals bekannt wurde, ist sehr wenig. Ich sah nämlich bis faustgrosse Stücke von dichtem Pyrit, die jedenfalls nicht concretionären Ursprungs waren. Arbeiter hatten sie vor einigen Jahren bei Gelegenheit einer Brunnengrabung an einem Hügel östlich des Oglio nicht weit von Mù gefunden und dem Besitzer des Grundstückes übergeben. In welcher Weise das Erz dort vorkommt, ob in Form eines Ganges oder eines den Schichten concordant eingeschalteten Lagers, habe ich nicht erfahren können. CURIONI (Geologia, Bd. II, p. 144 — 149) beschreibt von mehreren Punkten der Adamellogruppe sowohl Lager als Gänge („filoni“) von Pyrit.

CURIONI darauf hingewiesen hat, dass die petrographisch durch Reichthum an Kohlenstoff ausgezeichneten Phyllite, seine „scisti arenacei (oder silicei) melmosi antracitici“, in der nordwestlichen und nördlichen Randzone des Aviole im Allgemeinen zu den jüngsten Schichten gehören und sich stets in ziemlich hohen Horizonten befinden. Er betrachtet sie sogar als eine besondere, geologisch geschiedene Unterabtheilung der Quarzphyllite¹⁾. Obwohl nun das erstere entschieden richtig ist, so ist es doch durchaus noch nicht bewiesen, dass der Kohlenstoff-Reichthum immer ganz demselben Horizont der Quarzphyllit-Gruppe zukommt. —

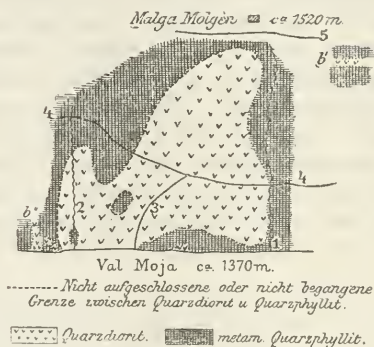
In all' den oben angeführten Varietäten der Phyllite ist Chlorit ein weit verbreiteter und charakteristischer Gemengtheil. Neben ihm findet sich in ungefähr gleicher Menge Muscovit, und zwar entweder in grösseren, meist unregelmässig conturirten Lamellen, oder als Sericit in winzigen Schüppchen, bezw. in faserigen Aggregaten von innig mit einander verfilzten Blättchen. Die letztere Ausbildungsweise ist die häufigere. Biotit wurde nur sehr selten beobachtet. Er fehlt gewöhnlich ganz; wo er aber vorkommt, da findet er sich mit Vorliebe in quarzreichen Lagen, und zwar in Form von kleinen, unregelmässig begrenzten Fetzchen. Ausserdem tritt er in einer wenig verbreiteten Varietät als accessorisches Mineral in vereinzelt, auffallend grossen, wohl conturirten Lamellen auf. Turmalin ist constant, aber nur spärlich vorhanden. Von den Eisenerzen herrscht der Ilmenit bei Weitem vor. Magnetit scheint recht selten zu sein, und auch Pyrit wurde nur ganz vereinzelt beobachtet. Rutil tritt in sehr geringen Mengen auf. Die Titansäure scheint fast ganz und gar zur Bildung des Ilmenits verwendet worden zu sein.

B. Der Dioritstock und die durch ihn bewirkte Contactmetamorphose der Quarzphyllite.

Das Gestein des Moja-Eruptivstocks, in dem man mit unbewaffnetem Auge Quarz, Glimmer und Feldspath in granitisch-körnigem Gefüge unterscheidet, ergiebt sich bei der mikroskopischen Untersuchung als ein Diorit; denn der Feldspath ist darin ausschliesslich Plagioklas. Da ferner Hornblende gänzlich fehlt und der Quarz einen wesentlichen Antheil an dem Aufbau des Gesteins nimmt, so werden wir es vollständiger als „hornblendefreien Quarzglimmerdiorit“ bezeichnen müssen. Es ist jün-

¹⁾ Geologia, I, p. 76. Der betreffende Passus lautet: „In questa valle (sc. del Foppone, eines der Aviolethäler, wahrscheinlich die Valletta di Sonico) gli scisti arenacei melmosi antracitici sono intimamente connessi colle suddette quarziti micacee, che ne costituirebbero il piano inferiore.“

ger als die Schiefer, hat diese durchbrochen und bildet einen kleinen Eruptivstock in ihnen. Leider sind die Aufschlüsse nicht so günstig, dass man sich ein klares Bild von der Gestalt des Stockes machen könnte; es ergibt sich nur, dass dieselbe eine sehr unregelmässige sein muss. Die rechte Thalwand ist in horizontaler Richtung 200—250 m weit, in verticaler bis zu mehr als 250 m Höhe über dem untersten Aufschluss des Eruptivgesteins fast ausschliesslich aus diesem zusammengesetzt. Auf dem linken Ufer bestehen nur wenige Felsen unmittelbar an dem Bache daraus. Die Querausdehnung des Stockes konnte aus Mangel an geeigneten Aufschlüssen überhaupt nicht ermittelt werden, und ebenso wenig liess sich auf dem rechten Ufer die Grenze zwischen Diorit und Schiefer überall feststellen. Die Thalwand fällt nämlich an vielen Stellen sehr steil ab und konnte dort nur mit Gefahr oder überhaupt nicht begangen werden. Soweit mir die Grenze indessen bekannt wurde, verlief sie ganz unregelmässig, etwa in der Art und Weise, wie es die nebenstehende Skizze andeutet. Dieselbe stellt einen ungefähr in der Ebene



b' und *b''* Apophysen des Quarz-Diorits, *b''* unmittelbar neben dem Bach.
1 und 2 Ransen, davon 1 mit kleinem Bach, 2 wasserlos,
3 bis 5 Fusspfade, 3 aufwärts führend, 4 und 5 ungefähr horizontal,
letzterer unterhalb Molgèn.

des Abhanges geführten Schnitt durch das Gebirge dar. Sie kann freilich nur in zwei Dimensionen ein Bild von der Ausdehnung des Diorits geben, lässt aber doch die Thatsache erkennen, dass dieser nicht etwa den Schichten des hier fast senkrecht stehenden und fast senkrecht gegen die Zeichnungsebene streichenden Schiefers concordant eingelagert ist, sondern dieselben in durchgreifender Lagerung durchsetzt. Ferner sieht man daraus, dass er wenigstens zwei grössere Schollen von Schiefer umschliesst und an mehreren Punkten schmale Apophysen in

diesen entsendet. Ausser den grossen Schollen wurden in ihm noch kleine, eckige Bruchstücke von einem Aktinolith-Schiefer und einem Feldspath-Amphibolit beobachtet. Besonders die letzteren häufen sich an einer Stelle neben dem Bach so sehr in dem Diorit an, dass dieser förmlich eine breccienartige Structur erhält.

Für die Betrachtung der contactmetamorphen Veränderungen, welche die Schiefer erlitten haben, beginnen wir unsere Beobachtungen am besten in jener kesselförmigen Thalweiterung, welche wir bei Gelegenheit unserer Wanderung durch das Val Moja erwähnten. Dort steht auf dem rechten Ufer, wenig oberhalb des Baches ein ausserordentlich chloritreicher Phyllit in stark gefalteten und gefalteten Schichten an. Das Gestein enthält ausser dem Chlorit noch Muscovit von nicht sericitischem Habitus in vereinzelt, sehr grossen Lamellen, spärlich auftretenden Turmalin und Körner von Eisenerz. Quarz findet sich hauptsächlich in einzelnen Linsen und Lagen. Biotit fehlt ganz. Das Gestein zeigt keine wesentlichen Unterschiede von anderen in grosser Entfernung von jedem Eruptivgestein beobachteten normalen Phyllitvarietäten und muss demnach als gänzlich unbeeinflusst angesehen werden. Folgen wir aber von dem beschriebenen Punkte dem oben erwähnten kleinen Fusspfade aufwärts, so erreichen wir sehr bald Gesteine, die in ihrem Habitus von den normalen Schiefen abweichen. Unser Weg ist stets ungefähr senkrecht gegen den Verlauf der Schichten gerichtet. Seitwärts, im Sinne ihres Streichens sind Aufschlüsse entweder nicht vorhanden oder nicht zugänglich. Die ersten Veränderungen, die man in den Schiefen überhaupt wahrnimmt, bestehen darin, dass mitten in den grünlich oder bräunlich grau gefärbten Phyllitlagen kleine dunklere Punkte und Flecken von selten mehr als 2 mm im Durchmesser auftreten. U. d. M. erkennt man, dass diese zum grössten Theil von Anhäufungen kleiner Blättchen eines braunen Glimmers gebildet werden, der sich durch seine Gestalt und durch die Art der Zusammenlagerung seiner Lamellen wesentlich von dem sonst in normalen Phylliten auftretenden Biotit unterscheidet. Daneben finden sich auch Flecken, die aus einem Korn von Ilmenit und einem randlichen, schmalen Hof von Biotitblättchen bestehen. In beiden Fällen ist der letztere jedenfalls auf Kosten ursprünglich vorhandenen Chlorits gebildet worden, während die Ilmenitkörner wohl schon ursprünglich vorhanden waren und den Biotitblättchen nur als Ansatzpunkte dienten. Uebrigens überwiegen in den meisten Lagen des Gesteins die Ilmenit enthaltenden Flecke über die anderen, verdrängen sie sogar nicht selten vollständig. Neben dem Biotit ist in diesen Gesteinen stets noch eine beträchtliche Menge Chlorit vorhanden und weist darauf hin, dass sie nur einen

verhältnissmässig geringen Grad der Metamorphose erlitten haben. Ich möchte sie nach ihrem charakteristischsten Gemengtheil und ihrer Structur als „Ilmenit-Fruchtschiefer“ bezeichnen. Das Material, aus dem sie hervorgegangen sind, ist unzweifelhaft ein chloritischer Phyllit gewesen.

Nach den Ilmenit - Fruchtschiefern folgen in der Richtung zum Diorit zunächst sehr quarzreiche Gesteine und zwar vorwiegend Quarzite. Sie sind trotz ihrer geringeren Entfernung von dem Eruptivgestein in Folge ihrer chemischen Zusammensetzung nur wenig von diesem beeinflusst worden und unterscheiden sich makroskopisch von den normalen Quarziten nur durch ihre hellere Färbung und anscheinend geringere Fissilität. Auch u. d. M. kann man an den Quarzen keine Veränderung wahrnehmen. Ziemlich häufig findet man aber glimmerige Zwischenlagen, die in ihrem jetzigen Zustande aus wenig braunem, viel farblosem Glimmer und mitunter etwas ganz zersetztem Feldspath bestehen. Primärer Chlorit fehlt. Ob in diesen Lagen eine Veränderung stattgefunden hat, ist zweifelhaft, doch wegen des Mangels an dem sonst in den Quarziten gewöhnlich auftretenden Chlorit wahrscheinlich. Der Feldspath findet sich auch in rein quarzigen Lagen mitunter in vereinzeltten Körnern. Er ist jedenfalls als ein primär vorhandener Gemengtheil der ursprünglichen Gesteine aufzufassen.

Weiterhin sind den Quarziten wieder deutlich spaltende, sehr glimmerreiche Gesteine eingelagert, die gegen den Diorit hin immer mehr an Mächtigkeit zunehmen und schliesslich vorherrschen. Sie unterscheiden sich schon makroskopisch durch ihren bedeutend grösseren Glanz auf den Schichtflächen und ihre dunklere, violettlich graue Färbung von den normalen Phylliten. U. d. M. erkennt man, dass sie hauptsächlich aus Muscovit, Quarz und Biotit bestehen, zwischen denen sich ganz vereinzelt, spärliche Krystalle von Andalusit finden. Der Biotit tritt gern in bestimmten Lagen auf, fast stets jedoch in geringerer Menge als der Muscovit. Mitunter, aber selten, trifft man auch noch die oben beschriebenen, von Biotithöfchen umgebenen Ilmenitkörner an. Diese Schiefer bilden den Uebergang zu den am stärksten umgewandelten, von nun an bis zum Contact vorherrschenden Gesteinen, die im Grossen und Ganzen der von DALMER¹⁾ gegebenen Beschreibung der „schiefrigen Andalusit-Glimmerfelse“ mancher Granitecontacthöfe Sachsens entsprechen. Sie sind offenbar aus ehemaligen Quarzphylliten entstanden. Denn der häufige Wechsel zwischen glimmerigen und

¹⁾ Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen, Section Schneeberg und Lössnitz, p. 39.

quarzigen Lagen, wie er für diese sehr charakteristisch ist, tritt in ihnen noch sehr deutlich hervor. Man erhält schon dadurch den Eindruck eines geschichteten Gesteines. Ausserdem aber zeigen auch die feinschuppigen, glimmerigen Lagen für sich allein eine nicht gerade sehr ausgeprägte, aber doch erkennbare Parallelstructur. Die Farbe ist oft ebenfalls violettlich bis bläulich grau. U. d. M. erkennt man wieder in den Quarzlagen keine wesentlichen Veränderungen, während die anderen Theile des Gesteins sehr stark beeinflusst sind. Eine solche lagenweise verschiedene Stärke der Metamorphose ist indessen nicht auffallend, wenn man an die chemisch ausserordentlich verschiedene Zusammensetzung der quarzigen und der glimmerigen Lagen denkt, auch steht diese Beobachtung durchaus nicht vereinzelt da. Erst vor Kurzem wieder wurde sie von Beck¹⁾ an ähnlichen Gesteinen eines sächsischen Contacthofes gemacht und mit folgenden Worten beschrieben: „Bei denjenigen Quarzitschiefern, welche durch dünn-schichtige Wechsellagerung mit Phyllit verknüpft sind, erstrecken sich die Contactwirkungen nur auf den letzteren“, nicht aber auf den Quarzit. — Untersuchen wir jetzt auch die glimmerigen Lagen unseres Gesteins unter dem Mikroskop, so erkennen wir als Gemengtheile vorwiegend Muscovit, Biotit und demnächst Andalusit, ausserdem aber Eisenerzkörnchen, etwas zersetzten Feldspath, wenig Quarz. In ganz vereinzelt, seltenen Lagen, aber in diesen sehr häufig, finden sich blaue, mitunter ziemlich scharf krystallisirte Körner von Korund. Der Biotit und der Andalusit besitzen oft eine eigenthümliche, wohl nur in metamorphischen Gesteinen zu beobachtende Structur, die weiter unten genau beschrieben werden soll. Eisenerzkörner sind nicht selten, aber es fehlen ihnen die für das erste Stadium der Metamorphose so charakteristischen Höfe von Biotit.

Es bleiben uns nun noch drei Gesteine zu erwähnen, die nur untergeordnet zwischen den übrigen bereits beschriebenen umgewandelten Schiefern auftreten. Das erste von ihnen hat weisse Farbe, ist relativ grobkörnig struirt und besteht aus meist polysynthetisch verzwilligtem Feldspath, grossen Quarzindividuen und zu Chlorit zersetztem Biotit, der an Menge hinter den beiden anderen Mineralien zurücksteht. Accessorisch kommen Titaneisen, Titanit und Zirkon vor. Es findet sich zwischen den Quarziten, ist aber zu schlecht aufgeschlossen, als dass man die Art des Verbandes mit dem Nebengestein genau feststellen könnte. Durch sein gröberes Korn

¹⁾ R. BECK. Erläut. zur geol. Specialkarte, des Königr. Sachsen, Section Berggiesshübel, p. 50.

unterscheidet es sich von allen übrigen, mit ihm zusammen auftretenden Gesteinen. Vielleicht ist es als ein pegmatitischer Secretionsgang aufzufassen. Gegen die Annahme, dass man es mit einer Apophyse des Diorites zu thun habe könnte, spricht das abweichende Mengungsverhältniss der Gemengtheile, sowie die relativ erheblichere Korngrösse. Das zweite noch zu erwähnende Gestein hat bläulich schwarze Farbe, erscheint dem unbewaffneten Auge ganz dicht und zerfällt bei der Verwitterung genau so wie manche daneben anstehende Quarzgesteine in scharfkantige, lang prismatische Bruchstücke. U. d. M. erkennt man, dass es fast ganz und gar aus innig mit einander verwebten Nadeln und Garben von hell grünem Aktinolith besteht, zwischen denen nur wenig von einer farblosen, wohl aus winzigen Quarzkörnchen gebildeten Masse zu sehen ist. Es wurde an vier oder fünf Stellen beobachtet, theils in den Quarziten, theils in den schiefrigen Andalusit-Glimmerfelsen. An einer Stelle und zwar gerade da, wo der Quarzit dieselben Verwitterungsformen aufweist, fand ich ein Stück, das einen Uebergang zwischen den beiden Gesteinen darzustellen scheint. Makroskopisch glaubt man darin einen lagenartigen Wechsel von dem verschiedenartigen Material zu erkennen. U. d. M. sieht man, dass sich zwischen den Quarzkörnern des Quarzits zuerst ganz vereinzelt, dann zu Garben zusammen tretende Nadeln der Hornblende einfinden, bis schliesslich durch Ueberhandnehmen derselben das echte Aktinolithgestein entsteht. In manchen Varietäten kann man eine schiefrige Structur beobachten; sie wird durch reihenförmige Anordnung von Eisenerzkörnchen hervorgebracht. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch diese Gesteine nicht in ihrer ursprünglichen Ausbildungsweise erhalten sind; aber es gelang nicht, Aufschluss darüber zu bekommen, aus welchem primären Material sie entstanden sein mögen. Das dritte hierher gehörige Gestein tritt auf der bergwärts gelegenen Seite des Dioritstockes wenige Meter vom Contact entfernt auf. Es besteht zum allergrössten Theil aus einer schmutzig braunen, nicht sehr lebhaft pleochroitischen Hornblende, die für einen Amphibolit auffällig gut krystallisirt ist. Neben ihr tritt eine zweite, hell grüne, nur ganz schwach pleochroitische Hornblende auf, die dem Aktinolith angehört. Die letztere umwächst gern die braune und zwar in der Art und Weise, dass sie krystallographisch ganz in der gleichen Weise orientirte, schmale Zonen um die Krystalle der ersteren herum bildet. Andererseits tritt sie aber auch selbstständig auf und reichert sich sogar an manchen Stellen so an, dass von der braunen Hornblende gar nichts mehr zu sehen ist. Von anderen Mineralien finden sich noch Quarz in kleinen Mengen, auffällig zahl-

reiche, durch staubartige Interpositionen ganz dunkel gefärbte Apatitkrystalle und Eisenerzkörnchen. Das Gestein besitzt richtungslose Structur und unterscheidet sich ebenso sehr von den Hornblendporphyriten wie von den übrigen Amphiboliten, welche in dem Aviologebiet beobachtet wurden. Sein Ursprung konnte nicht festgestellt werden. — Ueber die räumliche Ausdehnung der contactmetamorphischen Wirkungen ist nicht viel zu sagen. Die am wenigsten veränderten Gesteine, die wir beim Durchschreiten der Contactzone antrafen, nämlich die Ilmenit-Fruchtschiefer, sind ungefähr 100 bis 150 m von dem ersten Aufschluss des Quarzdiorits entfernt. Dagegen scheint auf der östlichen, d. h. bergwärts gelegenen Seite des Eruptivstocks die Einwirkung desselben auf die Schiefer sich nicht so weit in diese hinein erstreckt zu haben.

Soviel ist in diesem Theile der Arbeit über die Umwandlungen, welche die Phyllite und Quarzphyllite durch den Quarzdiorit des Val Moja erlitten haben, anzuführen. Es müssen aber noch die Gesteine der von dem Diorit umschlossenen Bruchstücke kurz besprochen werden; denn diese unterscheiden sich durch ihren Mineralbestand zum Theil so sehr von den zur Untersuchung gelangten umgewandelten Quarzphylliten, dass man zu der Vermuthung gedrängt wird, sie könnten anderen, in der Tiefe anstehenden Gesteinen entstammen, seien von dem Eruptivgestein losgerissen und mit in die Höhe transportirt worden. Es bezieht sich das indessen nur auf die Felsart der grösseren Schollen, während die kleineren Bruchstücke von Feldspathamphibolit und Aktinolithschiefer doch immerhin eine solche Aehnlichkeit mit dem oben erwähnten, dicht neben dem Contact anstehenden eigenthümlichen Amphibolit haben, dass ihre Zusammengehörigkeit mit diesem sehr wahrscheinlich ist. Von dem Aktinolithschiefer wurden überhaupt nur zwei, wenige Kubikcentimeter Inhalt besitzende Stückchen beobachtet, die wohl ursprünglich einem einzigen grösseren Fragment angehörten. Sie haben hell grau-grüne Farbe, ausserordentlich dünnschieferige Structur und sind ganz unregelmässig eckig gestaltet. Der Aktinolith, der sie fast ausschliesslich zusammensetzt, erscheint u. d. M. in grösseren, nur ganz schwach pleochroitischen Individuen. Er ist dem Aktinolith des oben beschriebenen, apatitreichen Amphibolits sehr ähnlich, nur dass er hier nicht mit brauner Hornblende zusammen vorkommt. — Von dem Feldspathamphibolit wurden sehr zahlreiche, bis faustgrosse Bruchstücke aufgefunden. Sie haben gewöhnlich eckige, seltener rundliche Formen und sind, wie ich hervorheben möchte, keinesfalls den später zu besprechenden, hornblendereichen, dunkelen, sphäroidalen Körpern im Tonalit analog. Dagegen ist hier

die Aehnlichkeit mit dem apatitreichen, ausserhalb des Diorits anstehend gefundenen Amphibolit noch viel auffallender, obwohl ein Gehalt an Plagioklas, die grosse Menge der hell grünen, das anscheinend gänzliche Fehlen der braunen Hornblende und besonders die viel gröber körnige Structur immerhin deutliche Unterschiede hervorrufen. — Ganz anders steht es mit den erst erwähnten grösseren Schollen. Welche Form und Ausdehnung dieselben besitzen, liess sich nicht feststellen. Jedenfalls sind sie ihrer Masse nach gar nicht mit den kleinen Amphibolitfragmenten zu vergleichen. Sie sind meist nicht scharf gegen das Eruptivgestein abgegrenzt, scheinen vielmehr, wohl in Folge von partieller Einschmelzung, allmählich in den Diorit überzugehen. Dennoch kann auch bei ihnen kein Zweifel darüber bestehen, dass sie nicht etwa concretionär ausgeschiedene Bestandmassen des letzteren, sondern Einschlüsse sind. Die Hauptgemengtheile, die sich an ihrem Aufbau betheiligen, sind Cordierit, Biotit und Quarz, weniger wesentlich sind Plagioklas, Apatit und Eisenerz. Muscovit und Andalusit beobachtete ich in den von mir gesammelten Stücken niemals. Die Formentwicklung und Anordnung des Biotits ist ausserordentlich auffällig und kommt in derselben Ausbildungsweise in normalen krystallinen Schiefern niemals vor. Auch die Ausbildungsweise des Cordierit ist sehr eigenthümlich. — Der mineralogischen Zusammensetzung nach besteht demnach nicht die geringste Aehnlichkeit mit den vorher beschriebenen schieferigen Andalusit-Glimmerfelsen, die aus den Quarzphylliten hervorgehen, um so grössere aber, wie ich hier vorgreifend bemerken möchte, mit den Umwandlungsproducten, die der Tonalit erzeugt hat. Der Structur nach unterscheiden sie sich aber auch von diesen. Eine eingehende petrographische Beschreibung dieses Gesteins kann erst im letzten Theil der Arbeit gegeben werden.

Rückblick. Fassen wir in wenigen Worten die in diesem Abschnitt gegebenen Thatfachen zusammen, so erkennen wir Folgendes. Der hornblendefreie Quarz-Glimmerdiorit des Val Moja bildet einen kleinen, unregelmässig gestalteten Eruptivstock innerhalb phyllitischer und quarzphyllitischer Gesteine. Er hat dieselben im Contact metamorphosirt, und man kann, wenn man von den Unregelmässigkeiten absieht, welche durch die lagenweise verschiedene chemische und mineralogische Zusammensetzung der ursprünglichen Gesteine hervorgebracht werden, im Ganzen zwei verschiedene Zonen der metamorphischen Einwirkung unterscheiden: 1. Die Zone der Ilmenit-Fruchtschiefer, in denen die Hauptmasse des Gesteins im Wesentlichen unverändert ist, und die Umwandlung des Chlorits in Biotit sich noch auf einzelne kleine Flecke beschränkt. 2. Die Zone der völlig veränderten „schie-

ferigen Andalusit-Glimmerfelse.“ Da wo man zwischen diesen beiden Zonen in anderen Contactgebieten gewöhnlich Frucht- oder Garbenschiefer mit krystallin veränderter Gesteinsmasse aufgefunden hat, sind hier quarzitisches Gesteine eingelagert, die in weit geringerem Maasse von der Contactmetamorphose beeinflusst wurden als die weiter von dem Diorit entfernten chloritischen Phyllite. Ausserdem umschliesst das Eruptivgestein noch Bruchstücke fremder Gesteine, die in ihrem jetzigen Zustande gleichfalls wohl als metamorphosirt aufzufassen sind und theils mit noch jetzt anstehend in der Nähe zu beobachtenden Felsarten übereinstimmen, theils aus der Tiefe heraufgetragen zu sein scheinen.

II. Der Tonalit und der ihn umgebende Schiefercomplex sowie ihre gegenseitigen Beziehungen¹⁾.

Um die Contactfläche zwischen Tonalit und Schiefer zu untersuchen, mögen wir etwa von der Mitte der Foppa aus den Colmokamm, der sie im Süden abschliesst, ersteigen. Wandern wir dann zu dem Tonalit hin, das heisst also in ungefähr östlicher Richtung, so schreiten wir über die Schichtköpfe von Schieferen hinweg. Allerdings ist die Schichtung oft nur un deutlich wahrzunehmen, weil in Folge der später zu besprechenden metamorphischen Veränderungen ihre ursprünglich schieferige Structur zum Theil verwischt wurde und weil ferner auch hier Bewegungen des Gebirges zahlreiche Faltungen und Fältelungen erzeugten, die eine genauere Bestimmung der geologischen Richtungen unmöglich machen. Dennoch kann man feststellen, dass die Schiefer im Grossen und Ganzen fast senkrecht stehen, nicht selten aber äusserst steil gegen den Tonalit einzufallen scheinen, und in ungefähr nordwestlicher bis nördlicher Richtung streichen. Sie setzen den allergrössten Theil des Kammes zusammen, und erst kurz vor dem Punkt, wo sich dieser mit der eigentlichen Gipfelmasse des Aviolo vereinigt, treffen wir die Grenze zwischen ihnen und dem Tonalit.

Kehren wir jetzt auf dem Kamm einige hundert Schritte zurück und steigen durch eine der zahlreichen, nordwärts hinunter führenden Rensen in gerader Richtung zur Foppa ab.

¹⁾ In diesem Abschnitt werden alle Gründe, welche den Nachweis liefern, dass die den nordwestlichen Adamello umgebenden Schiefer von gluthflüssigem Tonalit durchbrochen und im Contact metamorphosirt worden sind, der Tonalit demnach für jünger als jene zu erklären ist, mit besonderer Ausführlichkeit behandelt werden, da STACHE diese Fragen entweder noch gar nicht berührte oder sich ganz unbestimmt äusserte (vergl. Einleitung dieser Arbeit), LEPSIUS aber gerade das Gegentheil zu erweisen suchte (vergl. weiter unten, p. 484, Anm.).

so sehen wir, dass die untersten anstehenden Felsen, die wir an dem Abhang treffen, wieder aus Tonalit bestehen, der sich von dort an dem Abhang entlang, in östlicher Richtung bis zu dem rein tonalitischen Gipfelmassiv des Aviolo verfolgen lässt. Auf dieser Strecke lagert also der Schiefer auf dem Tonalit. Man kann diese Erscheinung bei günstiger Beleuchtung bereits aus der Entfernung an dem Farbenunterschied der Felsen wahrnehmen. Obwohl nun die dem Tonalit unmittelbar benachbarten Gesteine jetzt durchgehends richtungslose Structur besitzen, so muss man doch auf Grund der an allen anderen Stellen des Kammes beobachteten Lagerungsverhältnisse annehmen, dass die Schichten der hier ursprünglich vorhandenen Schiefermassen an der Contactfläche scharf abschnitten. Dass eine concordante Anlagerung derselben gar nicht denkbar ist, beweist übrigens auch der schon aus der Entfernung erkennbare, unregelmässig zackige Verlauf der Contactlinie. Ein Irrthum ist dabei ausgeschlossen; denn ich constatirte auch bei einem Anstieg durch die allerdings sehr schroffen und steilen und daher zum grössten Theil ganz unzugänglichen Felswände das Eingreifen unregelmässiger grosser Lappen des Contactgesteins in den Tonalit. Die angeführten Thatsachen scheinen mir insofern von Bedeutung zu sein, als sie beweisen, dass die Contactfläche zwischen Tonalit und Schiefergebirge wenigstens an dieser Stelle die ursprüngliche, nicht etwa eine durch Brüche hervorgebrachte ist. Ferner aber kann ich mir dann den eigenthümlich zackigen Verlauf der Contactlinie bzw. Contactfläche nur durch die Annahme erklären, dass der Tonalit jünger ist als das Schiefergebirge und dies durchbrochen hat.

Wenden wir uns jetzt zu der nördlichen Seite der Foppa, das heisst also dem im Monte Piccolo endigenden Kamm derselben, so bemerken wir, dass die Contactstelle hier in ungefähr NNW-Richtung von der auf dem Colmokamm besuchten gelegen ist. In derselben Richtung verlief aber auch das Streichen der dort untersuchten Schiefer, und ungefähr ebenso verläuft es an all' den Punkten des Piccolokammes, wo man die Schichtstellung noch erkennen kann. Was die Neigung der Schichten betrifft, so ist dieselbe häufig ungefähr senkrecht; doch findet man sehr oft ein äusserst steiles Einfallen gegen den Tonalit. Bemerkt sei bei dieser Gelegenheit, dass auch die Felsen, welche die oben erwähnte Thalstufe im Grunde der Foppa bilden, ungefähr NW streichen und deutlich aber steil gegen den Tonalit einfallen.

Vom Grunde des Thales gesehen scheint der Rücken westlich von der Contactstelle des Piccolokammes ganz und gar aus

Schiefer zu bestehen, der scharf an dem Tonalit abschneidet. Der Contact zwischen den beiden Gesteinen ist aber nur in einer etwa 5—6 m hohen, stark geneigten Fläche entblösst, während weiter unten alles von Trümmern und Schutt bedeckt ist. In das Verbandverhältniss lässt sich vom Thalgrunde aus kein Einblick gewinnen. Steigt man aber an den Tonalitklippen entlang zu der Contactstelle empor, so erkennt man Folgendes: Auf der linken westlichen Seite stehen sehr verschiedenartige, grösstentheils den Eindruck von veränderten Schiefermachende Gesteine an. Schieferige Structur lässt sich in den meisten nicht mehr beobachten. Besonders auffällig ist ein ausserordentlich feinkörniges, dunkel graues Gestein, das makroskopisch einem Eruptivgestein nicht unähnlich ist und auch völlig massiges Aussehen besitzt. In diesen Gesteinscomplex entsendet in dem untersten Theil der vorher erwähnten schrägen Fläche der Tonalit eine kurze, anscheinend apophysenartige Zunge hinein. In der Mitte der Fläche sieht man sogar in dem feinkörnigen grauen Gestein schmale Adern einer grobkörnigen, aus Quarz, Plagioklas und grossen Biotitblättern bestehenden Masse, die wohl als eine Modification des Tonalits aufzufassen ist. Ganz oben aber, auf der Höhe, wo man nach der anderen Seite in das Val Finale tief hinunterschaut, reicht der Tonalit über die Contactstelle westlich hinaus und theiligt sich demnach auch dort noch an der Zusammensetzung des Kammes. Jedenfalls muss die Contactfläche zwischen ihm und dem Schiefergebirge ziemlich steil stehen und eine Strecke weit in ungefähr westlicher Richtung verlaufen. Da nun die Schiefer, wie bereits hervorgehoben, in NNW streichen, so schneiden die Schichten demnach auch hier an der Contactfläche ab.

Vergleichen wir die auf den beiden Thalseiten der Foppa gemachten Beobachtungen, so erhalten wir, in wenigen Worten zusammengefasst, folgendes Resultat. Die Contactfläche zwischen dem Tonalit und dem Schiefer hat eine ganz unregelmässige Gestalt. Sie entspricht nämlich nicht etwa einer ebenen oder regelmässig schwach gewölbten Fläche, sondern sie ist regellos buckelig geformt; auf der einen Thalseite steht sie steil, auf der anderen ist sie schwach geneigt und verflacht beide Male in verschiedenen Richtungen. Die Schichten der Schiefer liegen stellenweise auf dem Tonalit und schneiden mitunter scharf an der Contactfläche ab. Dabei ist im Grossen und Ganzen ihr Streichen aber dennoch dem Verlauf der Grenzlinie parallel. Die eigenthümliche Gestaltung der Contactfläche beweist einerseits das Fehlen von Brüchen, andererseits die intrusive Natur des Tonalits.

Weitere Beweise für diese Thatsachen sollen im Folgenden erbracht werden. Am Grunde der Foppa, nicht weit von den

oben erwähnten drei Wiesen, finden sich zwischen Trümmern verschiedener Tonalitvarietäten auch lose Blöcke eines hornblende-freien Tonalits, der zahlreiche, mehr oder weniger eckig gestaltete Einschlüsse von anderen Gesteinen führt. Die mikroskopische Untersuchung dieser letzteren ergab ihre Uebereinstimmung mit einem auf beiden Foppakämmen in der Nähe des Contacts auftretenden charakteristischen Cordieritgestein und deutete ferner darauf hin, dass Theile der ihrer chemischen Zusammensetzung nach sehr basischen Einschlüsse von dem saureren Tonalitmagma aufgelöst worden sind. Dafür spricht auch die Thatsache, dass rings um diese Fragmente in dem Tonalit zahlreiche braun-rothe Granaten und auffällig grosse, nach der c - Axe säulenförmige Biotitkrystalle ausgeschieden sind. Die dadurch erzeugte eigenthümliche Varietät des Eruptivgesteins wird man, da ihre besondere Ausbildungsart unzweifelhaft auf eine stoffliche Beeinflussung des flüssigen Magmas durch den Contact mit dem eingeschlossenen Gestein zurückzuführen ist, als eine „endogene Contactmodification“ des Tonalits bezeichnen müssen. Diese Auffassung wird noch dadurch bestätigt, dass dieselbe, durch grosse braunrothe Granaten ausgezeichnete Varietät des Tonalits auf dem Piccolokamm in losen Blöcken, auf dem Colmokamm auch anstehend, beide Male aber in der Nähe des Contactes gefunden wurde. Allerdings darf es nicht unverwähnt bleiben, dass auch das Nebengestein an dem letzteren Fundort ganz ähnliche Granaten führt. Indessen ist es mir nicht wahrscheinlich, dass die Granaten des Tonalits nur von der Einschmelzung verschonte Reste dieses Nebengesteins sind, da ja an der ersterwähnten Fundstelle, an der die Granaten am reichlichsten in dem Tonalit auftreten, in dem eingeschlossenen Gestein nichts davon zu sehen ist.

Nicht weniger Beachtung verdient eine zweite Thatsache, die gleichfalls an einem losen Block beobachtet wurde. Derselbe fand sich in dem mittleren Val Moja, unmittelbar neben dem Bach an der Stelle, wo die oben erwähnten Ilmenit-Fruchtschiefer in dem Contacthof des Mojadorites anstehen. Er hat ungefähr einen Kubikmeter Inhalt und besteht auf beiden Seiten aus einem eigenthümlichen, schieferigen Gestein, wie es anstehend in der Foppa, also in nicht grosser Entfernung von dem Tonalit beobachtet wurde. Man erkennt in ihm die Schichtung nur noch an den Quarzlin sen und Lagen; doch sind diese in Folge des Gebirgsdruckes in mannichfaltiger Weise gebogen, verzerrt und zerrissen. Durch den Schiefer hindurch setzt ein ungefähr einen halben Meter breiter Gang von echtem, Hornblende führendem Tonalit. Die Grenze ist scharf und geradlinig. Die gebogenen Quarzlin sen schneiden an ihr ab. — Es geht daraus zweierlei hervor, erstens,

dass der Tonalit den Schiefer durchbrochen hat. zweitens, dass die Intrusion erst stattfand, als bereits Bewegungen des Gebirges die Faltungen und Biegungen des Schiefers erzeugt hatten. — Ausser diesem unzweifelhaften Gang von Tonalit wurden noch vier andere gangförmige Vorkommnisse, worunter drei anstehend, beobachtet, von denen es zwar sehr wahrscheinlich ist, aber nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt werden konnte, dass sie gleichfalls als Tonalit aufzufassen sind. Es sind sämmtlich grobkörnige, aus Plagioklas, Quarz und Biotit bestehende Gesteine, die makroskopisch dem hornblendefreien Tonalit gleichen und auch mikroskopisch ganz dieselbe Structur wie dieser besitzen. Sie umschliessen zum Theil Bruchstücke des cordieritreichen Nebengesteins und vereinzelte Körner von Cordierit. Das eine dieser Vorkommnisse fand sich sehr schön aufgeschlossen, aber nicht ganz leicht zugänglich an einer von dem Piccolokamm der Foppa nach Süden herunterziehenden Felsrippe. Es ist ein ungefähr 1 m breiter Gang, an dem die gebogenen Lagen der Schiefer in der gleichen Weise scharf abschneiden, wie es bei dem nicht anstehenden Block aus dem Val Moja beschrieben wurde. Zwei andere Vorkommnisse wurden anstehend, aber nicht so gut aufgeschlossen auf dem Colmokamm beobachtet, das vierte als loser Block jenseits des Colmokammes in der Valletta di Sonico. Gerade dies letztere umschloss bereits makroskopisch deutlich erkennbare Bruchstücke des charakteristischsten Contactgesteins der Foppa und muss, nach dem Auftreten des letzteren zu urtheilen, aus ganz geringer Entfernung von dem Tonalit stammen. Die drei ersten anstehend beobachteten wurden gleichfalls in der näheren Umgebung des Tonalits aufgefunden.

Es kommen daher zu den oben angeführten Beobachtungen über das Verbandverhältniss zwischen Tonalit und Schiefer noch folgende Ergebnisse hinzu: 1. Der Tonalit durchsetzt das Nebengestein mitunter in Form schmaler Gänge. 2. Er umschliesst Bruchstücke desselben. 3. Das Tonalitmagma ist an manchen Stellen im Contact mit dem Nebengestein stofflich von diesem beeinflusst worden. Die dadurch entstandene Granat führende Varietät ist demnach eine endogene Contactmodification des Tonalits.

Aus all' den angeführten Gründen kann an dem jüngeren Alter des Tonalits den Schiefen gegenüber nicht gezweifelt werden. Denken wir nun aber an die Grösse des von ihm gebildeten Eruptivstockes, an die gewaltigen Wirkungen, die er im Contact mit dem Grödenen Sandstein und den kalkigen Schichten der Trias im Süden der Adamellogruppe ausgeübt hat, und ziehen wir endlich zur Vergleichung die Erfahrungen heran, die man bei

der Untersuchung so zahlreicher grosser Granit-, Syenit- und Dioritstöcke der ganzen Welt gemacht hat, dann werden wir von vorn herein auch eine contactmetamorphische Veränderung der ihn in unserem Gebiete umgebenden älteren Schieferschichten erwarten. Und wirklich finden wir denn auch hier entlang der Grenze des Tonalits eine mächtige, bisher unbekannt gebliebene Zone von contactmetamorphisch umgewandelten Gesteinen.

Die petrographische Beschaffenheit derselben lässt mit Sicherheit erkennen, dass die ursprünglichen Gesteine zu einem grossen Theil jedenfalls nicht Phyllite waren. Ebenso besteht der schmale Saum von zweifellos unveränderten Gesteinen zwischen der Contactzone und den schon besprochenen Quarzphylliten, soweit er in dem Val Moja aufgeschlossen ist, fast ausschliesslich aus Gneissen mit untergeordneten Einlagerungen von Glimmerschiefer. Der ganze Complex liegt unter den Quarzphylliten und ist also älter als dieselben. Diese Lagerungsweise sowie der petrographische Charakter der Schichten machen es wahrscheinlich, dass sie der Gneissphyllit-Gruppe STACHE's¹⁾ angehören. Damit stimmen auch die Beobachtungen überein, welche dieser Forscher in der nordwestlichen und wohl auch der nördlichen Randzone des Adamello machte. Er fand dort immer zwischen dem Tonalit und dem äusseren Quarzphyllit-Gebirge eine Zone von „Gneissen, Gneissphylliten und Glimmerschiefern“ eingeschaltet, welche jedenfalls mit dem älteren Schichtcomplex des Val Moja identisch ist. Eine „durch einen Wechsel von krystallinischen Kalkschichten mit deckenartigen, dioritischen Lagermassen“ ausgezeichnete Gesteinszone, wie sie nach STACHE²⁾ auf der Westflanke des Adamello entlang der Tonalitgrenze übergreifend über den Tonalit und das angrenzende Schiefergebirge ausgebreitet war, ist auf der Westseite des Monte Aviole nicht vorhanden, bzw. nicht erhalten. Uebrigens hat STACHE selbst bereits angeführt, dass diese eigenthümliche Gesteinszone nur dort, wo sie in Spalten zwischen Tonalit und Schiefer eingequetscht wurde, vor der Zerstörung durch Denudation und Erosion bewahrt blieb.

Für die Betrachtung der Lagerungsverhältnisse der Gneissphyllitzone unseres Gebietes müssen wir auch die bereits besprochene Lagerung der Quarzphyllite und einige Angaben von CURIONI und vom RATH zur Vergleichung heranziehen.

Die Quarzphyllite des unteren Val Moja haben im Allgemeinen NO-Streichen bei NW, also von dem Tonalit weggerich-

¹⁾ Man vergleiche die Schilderung desselben in: J. d. k. k. R.-A., 1874, Heft 2.

²⁾ Man vergleiche die ausführlichen Citate in der Einleitung.

tetem Fallen. Der Fallwinkel ist in grösster Entfernung von dem Eruptivgestein am geringsten und wird mit der Annäherung an dasselbe immer grösser, bis endlich verticale Stellung der Schichten vorherrscht. In der Foppa dagegen trafen wir bei den contactmetamorphisch veränderten Schiefern fast immer ein N-bis NNW-Streichen ungefähr entsprechend dem dort beobachteten Verlauf der Contactlinie. Dabei ist das Verfläichen dieser Schichten, wenn sie nicht ganz senkrecht stehen, fast stets steil gegen den Tonalit gerichtet. Die Uebergangszone zwischen den Quarzphylliten und dem älteren Schichtcomplex ist einerseits ausserordentlich verworren gelagert, andererseits wenig oder unklar aufgeschlossen und gestattet in Folge dessen keinen deutlichen Einblick in die Structur der von ihnen zusammengesetzten Theile des Berges. Dafür beobachtete aber auch CURIONI in der Valletta del Foppone¹⁾ südlich von dem Val Moja, dass der äussere, tiefer am Berge gelegene Schichtcomplex die Schichten des anderen, höher am Berg gelegenen überlagert und demnach jünger ist als dieser. Der bezügliche Passus lautet: „Nella valle del Foppone a mozzodi della Valle di Moja ed a levante di Mù, si incontrano, oltrepassato un potente deposito di rocce di trasporto, gli scisti silicei con melme micacee antracitiche (die kohlenstoffreichen Phyllite). Essendo i terreni rialzati a levante, progredendo nella valle si giunge ai banchi che sotto giacciono a quelli antracitiferi. Essi si appoggiano alle masse sienitiche del gruppo di monti dell' Avio; sono contorti, molto micacei, e contengono vene quarzose.“ Diese letzteren glimmerreichen Schiefer, die er nicht näher untersuchte, gehören ohne Zweifel zu den von mir in dem Val Moja und in der Valletta di Sonico beobachteten Glimmerschiefern und Gneissen. — Ausser dieser Angabe CURIONI's sind noch GERHARD VOM RATH's (l. c., 1864) Beobachtungen über die Lagerung der Schiefer in dem 9 km in ONO - Richtung vom Val Moja entfernten Val d'Avio bemerkenswerth. Auch dort nämlich sind die Schichten unmittelbar an dem Tonalit am steilsten, ja fast senkrecht aufgerichtet, streichen parallel dem Verlaufe der Contactlinie und fallen, je weiter man sich von dem Tonalit entfernt, immer flacher von der Gesteinsgrenze fort. Fassen wir diese Beobachtungen zusammen, so ergibt es sich, dass die ursprünglich concordant gelagerten Schiefer in der nördlichen und nordwestlichen Umrandung des Tonalits jetzt gewisse Unterschiede in der Schichtstellung und zwar immer in dem Fallen, mitunter auch in dem Streichen aufweisen. Dabei werden diese Diver-

¹⁾ Vergl. Anmerkung auf pag. 469.

genzen im Allgemeinen um so stärker, je mehr man sich dem Contact mit dem Tonalit nähert. Ihre Grösse ist also gewissermaassen eine Function der Entfernung von dem Tonalit. Ich habe mir diese Verhältnisse durch Annahme derselben Erscheinungen zu erklären versucht, welche man stets dort beobachtet hat, wo geschichtete Systeme durch Gebirgsbewegung an vorliegenden festeren Massiven gestaut wurden.

Dass grossartige Bewegungen auch das Adamello-Gebirge betroffen haben, das ist wenigstens für seine östlichen Theile längst nachgewiesen. Denn wir erkennen ihre Wirkungen an dem Judikarienbruch, an der von TELLER (l. c., 1886) beschriebenen Ueberschiebung am Corno Alto, an der langen, den Tonalit im Osten begrenzenden Bruchlinie und an den Faltungen der Schieferschichten zwischen dieser und der Judikarienlinie. Ebenso wie dort wurde die Adamellomasse auch im N und NW einem gewaltigen Druck ausgesetzt, der sie zum Ausweichen und somit zu Bewegungen nöthigte. Es geschah dies zu einer Zeit, in welcher der Tonalit bereits längst erstarrt war und längst die später zu beschreibende Contactmetamorphose der Schiefer bewirkt hatte. Da er nun schon in Folge seiner grösseren Homogenität und durch seine mineralogische Zusammensetzung die gleichzeitig mit ihm bewegten Schiefer an Festigkeit und Widerstandskraft bedeutend übertraf, so bewirkte der Druck in ihm nicht so sehr eine innere Auslösung der Spannung durch Verschiebung der einzelnen Theile gegen einander als eine einheitliche Bewegung der ganzen Masse im Grossen. Er wurde in Folge dessen wie ein fester Klotz¹⁾ gegen die ihn umgebenden Schiefer gepresst. Es ist für die dabei erzielte Wirkung gleichgültig, ob man sich die bewegende Kraft von der Tonalit- oder von der Schieferseite ausgehend denkt. In jedem Fall wurden die geschichteten Gesteine so an die Contactfläche angedrückt, dass sie, wo dies nicht schon ursprünglich der Fall war, ein im Grossen und Ganzen mit dem Verlauf der Contactfläche übereinstimmendes Streichen erhielten. Was das Fallen betrifft, so wurden sie unmittelbar am Contact gewöhnlich senk-

¹⁾ Ich entnehme diesen Ausdruck von LEPSIUS, der zuerst die beschriebenen Lagerungsverhältnisse durch Bewegungen der starren Tonalitmasse erklärte. Seine Anschauung unterscheidet sich aber dadurch sehr wesentlich von der hier vertretenen, dass er den Tonalit für älter als die ihn umgebenden Sedimentgebilde hielt. Er nahm nämlich an, dass ersterer in festem Zustand aus einer Tiefe von wenigstens 20000 Fuss emporgehoben, durch die ihn bedeckenden Schichten durchgestossen und neben die ihn jetzt umlagernden Formationen geworfen worden sei. Die Contactmetamorphose führte er auf die „Eigenwärme“ zurück, welche der feste Tonalit als Glied jener Tiefenstufe besass.

recht oder fast senkrecht emporgerichtet, an manchen Punkten, wie in der Foppa, sogar in eine überkippte Stellung gebracht. Je weiter man sich von dem Contact entfernt, um so geringer wird die Abweichung der Lagerung von der ursprünglichen. In noch grösserer Entfernung geht das Fallen und Streichen allmählich in das des umgebenden Schiefergebirges über. Dieses letztere ist zwar auch in Falten geworfen, aber dieselben lassen keine Beziehungen zu der Tonalitmasse und deren jetzt entblösster Grenzlinie erkennen.

Ein besonderer Fall konnte eintreten, wenn die Bewegungsdifferenz zwischen dem Tonalit und der Schiefermasse so gross wurde, dass sie zu Zerreibungen ursprünglich fest mit einander verbundener Gebirgtheile führte. Es bildeten sich dann, wie STACHE (l. c., 1880) bereits für die Westseite annahm, grössere und kleinere Brüche entlang der Contactlinie. Dazu kam es indessen weder in der Foppa, noch überhaupt an dem Westabhang des Monte Avio.

Jedenfalls aber haben wir in dem Profil des Val Moja drei verschiedene tektonische Zonen zu unterscheiden. Erstens nämlich eine ganz schmale Zone in der unmittelbarsten Nachbarschaft des Tonalits, in welcher die mit der Intrusion des Eruptivgesteins in Verbindung stehenden Unregelmässigkeiten der Lagerung noch jetzt maassgebend sind. Dort beobachten wir local discordantes Abschneiden der Schichten an der Contactfläche. Zweitens eine dem Tonalit im weiteren Sinne benachbarte Gesteinszone, in welcher das Streichen der an die Contactfläche herangepressten Schiefer parallel der Grenzlinie, d. h. NNW verläuft. Drittens eine am weitesten entfernte Zone, welche das ONO-Streichen des tektonisch nur noch unbedeutend beeinflussten Grundgebirges jenseits des Oglio besitzt. Alle drei Zonen gehen allmählich in einander über. Dort, wo der Verlauf der Tonalitgrenze mit dem Streichen des unbeeinflussten Schiefergebirges übereinstimmt, wie es in dem Aviothal der Fall zu sein scheint, kann natürlich eine Divergenz in dem Streichen der Schichten nicht beobachtet werden. —

Bei der nun folgenden Beschreibung der durch den Tonalit in den Schiefen hervorgebrachten Contactmetamorphose sind die Ergebnisse der petrographischen Untersuchungen, soweit sie zur Erkenntniss der geologischen Vorgänge beitragen können, mit aufgeführt. Da indessen für die hier vorliegenden Contactgesteine ein neues Benennungsprincip angewendet wurde, so ist vorher in wenigen Worten auseinandergesetzt, weshalb und in welcher Weise dies geschah. Die von NAUMANN, LOSSEN, ZIRKEL, ROSENBUSCH, DALMER und zahlreichen anderen deutschen, französischen und englischen Forschern beschriebenen Contactgesteine unterscheiden

sich meist durch ihren Mineralbestand, ihre Structur und durch die Natur der ursprünglichen, von der Metamorphose ergriffenen Gesteine so sehr von den hier untersuchten, dass mir die dort gewählten und mehr oder weniger passenden Benennungen¹⁾ nicht anwendbar erschienen. Es wurde deshalb nöthig, neue Bezeichnungen zu wählen, und es geschah dies nach dem Grundsatz, dass der Name, wenn es irgend angeht, gleichzeitig den Mineralbestand und die Genesis des Gesteins ausdrücken soll. Freilich liess sich beides der gleichfalls wünschenswerthen Kürze des Namens wegen nicht immer vollständig erreichen. Indessen wurde es wenigstens erstrebt. Wenn daher die wesentlichen Gemengtheile des vorliegenden Gesteins eine Mineralcombination ergaben, die durch einen bestimmten Namen der petrographischen Nomenclatur bezeichnet zu werden pflegt, so wurde dieser angewendet, ohne Rücksicht darauf, dass er eigentlich für normale Gesteine der archaischen Formationen bestimmt war. Gleichzeitig aber wurde durch Vorsetzung des Wortes „Contact“ angedeutet, dass ein oder mehrere, oder alle Gemengtheile des Gesteins entweder ganz und gar, oder doch in ihrer jetzigen Structur Producte einer Contactmetamorphose sind. Betheiligten sich noch besonders charakteristische Gemengtheile ausser der im Namen bereits ausgedrückten Mineralcombination wesentlich an der Zusammensetzung des betreffenden Gesteins, so wurde ihr Name der ganzen Bezeichnung vorangesetzt. Nicht schiefrige Gesteine wurden Contactfelse benannt und gleichfalls durch Hinzufügung des Namens des wichtigsten Gemengtheils etwas näher charakterisirt. Eine genauere Angabe des Mineralbestandes war hier nicht möglich, weil sonst die Bezeichnung zu lang geworden wäre. Nach diesen Auseinandersetzungen dürften Ausdrücke wie Andalusit-Contactgneiss und Cordierit-Contactfels ohne weiteres verständlich sein.

An der Zusammensetzung der charakteristischsten Contactgesteine der Foppa betheiligen sich in erster Linie: Cordierit, Andalusit, Biotit, Muscovit, Quarz, Feldspath und zwar gewöhnlicher Orthoklas, ein eigenthümlich faserig erscheinender Orthoklas, ziemlich wenig Plagioklas; in zweiter Linie sind zu nennen, weil nur untergeordnet oder doch nur in vereinzeltten Fällen in grösserer Menge auftretend: Granat, Turmalin, Sillimanit, Spinell, Korund, Zirkon, Ilmenit, vielleicht etwas Magnetit, ganz selten Pyrit. — Von den zuerst aufgeführten wichtigeren Mineralien besitzen drei eine ausserordentlich auffallende und merkwürdige Structur, die ich, wie hier gleich im voraus bemerkt sei, in den

¹⁾ Hornfels, Knotenthonschiefer, Knotenglimmerschiefer, Andalusitglimmerfels, Cornubianit, Leptynolith, Fruchtgneiss u. s. w.

vorliegenden Gesteinen überall für ein Characteristicum der durch die Contactmetamorphose erzeugten Neubildungen halte und daher als Contactstructur bezeichne. Die drei Mineralien, bei denen sie sich findet, sind der Cordierit, der Andalusit und jener faserige Orthoklas. Bemerkenswerther Weise treten diese in den unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern der äusseren Zone überhaupt niemals auf. Die Contactstructur äussert sich bei ihnen auf die folgende Art und Weise.

In den allermeisten Cordierit führenden Gesteinsarten sind bald sämmtliche Körner des Cordierits, bald wenigstens ein grosser Theil desselben von oft sehr zahlreichen, eigenthümlich gestalteten Biotitblättchen erfüllt. Während diese letzteren nämlich, wo sie in normalen krystallinen Schiefern, z. B. in den unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern des Aviolegebets als Interpositionen auftreten, ganz unregelmässige, nicht selten ausgefrante oder in kleinen Zacken vorspringende und umgekehrt wieder eingebuchtete Conturen besitzen, sind sie hier mit Vorliebe kreisrund, länglich oval, scharf sechseckig oder rechteckig, und wenn unregelmässiger, dann jedenfalls geradlinig polygonal umrandet, nicht aber in der beschriebenen Weise ausgefrant. Dabei sind ihre Dimensionen gewöhnlich ausserordentlich gering. Sie gleichen, wie SAUER¹⁾ bei der Beschreibung derselben Interpositionen in neugebildeten Quarzen metamorpher Gesteine sagt, „winzigsten braunen Glaseiern“. Mit ihnen zusammen finden sich gleichfalls sehr zahlreiche, aber nicht so regelmässig gestaltete Titaneisenkörnchen, mitunter auch vereinzelte kleine runde Quarzkörnchen eingeschlossen. Schon die Zahl der Interpositionen ist oft in hohem Grade auffällig. Ich zählte in den Cordieritkörnern mancher Contact-Felse und -Gneisse gar nicht selten in noch nicht Quadratmillimeter grossen Durchschnitten mehrere hundert Biotitblättchen. Zur Vergleichung wurden normale, Cordierit führende Gesteine der archaischen Formationen herangezogen. Auch in diesen fanden sich mitunter vereinzelte rundliche oder scharf geradlinig conturirte Biotitblättchen im Cordierit, auch wohl zusammen mit einzelnen Erzkörnchen, aber niemals auch nur annähernd mit der Beständigkeit, in der Zahl und mit der Regelmässigkeit der Ausbildung, welche sie in den hier vorliegenden Gesteinen erreichen.

Sehr ähnlich ist die Contactstructur bei dem faserig erscheinenden Orthoklas entwickelt. Was zunächst diesen selbst betrifft, so möchte ich hier gleich bemerken, dass er keine Aehnlichkeit mit Mikroptherit hat. Ebenso wenig scheint die Faserung mit der von SAUER

¹⁾ Erläuter. zur geol. Specialkarte des Königr. Sachsen, Section Meissen, 1889, p. 67.

in contactmetamorphisch neu gebildetem Feldspath (l. c., p. 66—67) beobachteten übereinzustimmen. Worauf sie in den von mir untersuchten Gesteinen beruht, habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können. Eine genaue Schilderung folgt weiter unten in dem petrographischen Theil der Arbeit. Immerhin ist es auffällig, dass auch hier gerade derjenige Feldspath, welcher durch die Contactstructur als Neubildung charakterisirt ist, ebenso wie in den Contactgesteinen der Meissener Gegend durch eine eigenthümliche, sonst nicht beobachtete Faserung ausgezeichnet ist. Ausser den sehr charakteristischen, ganz in der gleichen Weise wie im Cordierit ausgebildeten Biotitblättchen besitzt unser Feldspath an Interpositionen auch noch etwas grössere, meist runde bis ovale Quarzkörnchen in wenigstens ebenso grosser Zahl, doch ist die Gesamtzahl der Interpositionen hier niemals so gross wie in dem Cordierit. Auch die dort so häufigen Erzkörner fehlen hier meistens ganz. Jedenfalls aber ist der Anblick dieses faserigen, von runden Quarzkörnchen vielfach durchbrochenen Feldspathes mit den in seinem Innern angesammelten, eigenthümlich gestalteten Biotitblättchen so charakteristisch, dass eine Verwechslung mit selbst ganz Einschluss-erfüllten Feldspathen normaler archaischer Schiefer¹⁾ gar nicht denkbar ist. Wieder passt auch hier die von SAUER (l. c.) gegebene Schilderung von den Interpositionen seines faserigen Feldspathes ganz genau für die hier beschriebenen Verhältnisse.

Beim Andalusit ist die Contactstructur wenigstens mit derselben, eher aber mit noch grösserer Regelmässigkeit ausgebildet wie bei dem Cordierit und dem faserigen Orthoklas. Sie wird in ihm hauptsächlich durch Quarzkörnchen, demnächst durch Erzpartikel, selten nur durch Biotitblättchen hervorgerufen. Die Gestaltung der Quarzeinschlüsse ist etwas abweichend von der im Feldspath beobachteten. Erstens nämlich sind die Dimensionen der Körner entschieden geringere; zweitens treten neben den auch hier vorherrschenden rundlichen bis ovalen Formen noch andere mannichfaltigere auf. Nicht selten sind Körner von dem Aussehen einer Thräne; sehr häufig findet man andere, die länglich ausgezogen sind und eigenthümlich gebogene und gekrümmte, bald sich verengernde, bald wieder breiter werdende, fladenartige oder wurmähnliche Gestalten besitzen. Die Zahl dieser Interpositionen ist gewöhnlich ganz ausserordentlich gross und der Anblick, den ein von ihnen erfüllter, im Dünnschliff durchbrochen erscheinender

²⁾ Man vergl. z. B. die von v. FOULLON beschriebenen und abgebildeten Feldspathe gewisser Gneisse in: Ueber die Gesteine und Minerale des Arlbergtunnels. J. d. k. k. R., 1885, p. 70—71.

Andalusit gewährt. sehr eigenthümlich. Immerhin ist bei der beschriebenen Ausbildungsart der Structur der Zusammenhang der umschliessenden Krystalle noch vollkommen gewahrt. Es kommt aber nicht selten zu der Ausbildung einer förmlichen Skelett-structur, bei der dann die Interpositionen den die Rolle des Wirthes spielenden Krystall an Menge und Masse bei Weitem übertreffen. Es ist nun eine vielfach beobachtete Thatsache, dass die neu gebildeten Andalusite der Contactgesteine mit zahlreichen Einschlüssen von Quarz, Erz, Biotit und anderen Mineralien erfüllt zu sein pflegen. Auch in den umgewandelten Phylliten des oben beschriebenen Contacthofes im mittleren Val Moja sind die neu gebildeten Andalusite durch Reichthum an Interpositionen ausgezeichnet. Ja, diese letzteren besitzen sogar ganz dieselben Formen wie in dem Andalusit der Tonalit-Contactgesteine. Die gleiche Structur beobachtete auch SAUER wieder an den in so vielen Punkten eine völlige Analogie mit den Foppagesteinen aufweisenden metamorphen Felsarten der Meissener Gegend. Ausserdem liegen noch zahlreiche Beobachtungen anderer Autoren vor, die ganz dieselbe Structur bei dem Andalusit der Schiefercontacthöfe auffanden.

Berücksichtigt man all' die geschilderten Thatsachen, und erinnert man sich des bereits oben erwähnten Factums, dass weder der Cordierit, noch der Andalusit, noch der faserige Orthoklas in den unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern des äusseren Gürtels auftreten, so dürfte es gerechtfertigt erscheinen, dass die beschriebene Structur in den vorliegenden Gesteinen als ein Characteristicum durch die Contactmetamorphose erzeugter Mineralien aufgefasst wurde. Ich halte dementsprechend sowohl den Cordierit, den Andalusit und den faserigen Orthoklas, wie die von ihnen umschlossenen Quarzkörnchen und Biotitblättchen für Neubildungen.

Daraus ergibt sich nun aber eine Anzahl von Anhaltspunkten zur Bestimmung der Genesis anderer Gemengtheile derselben Gesteine. Es sind nämlich die Biotitinterpositionen besonders in den Cordierit-Contactfelsen, aber auch in den Contactgneissen mitunter durch deutlich erkennbare Uebergänge mit dem selbstständig auftretenden Biotit verbunden. Ferner treten der Korund und der Spinell nur in Verbindung mit dem Cordierit, niemals ohne diesen auf. Das Gleiche gilt von dem allergrössten Theil des Sillimanits. Sodann wurden in grösseren, porphyrischen Plagioklaskrystallen eines sehr feinkörnigen Cordierit-Contactgneisses Andalusitkörner und Sillimanitnadeln als Einschlüsse aufgefunden. Endlich beobachtete ich in vereinzelter Fällen Interpositionen von Quarzkörnchen im Muscovit, in selbstständigem Biotit und im Turmalin bestimmter Contactgneisse, die

sehr reich an faserigem Orthoklas mit der beschriebenen Contact-structur sind. Obwohl nun die genannten Mineralien durch diese Interpositionen noch nicht ein derartiges Aussehen erhalten, dass man auch bei ihnen von einer förmlichen Contactstructur sprechen könnte, ja obwohl sie ganz gut in derselben Ausbildungsweise auch in unveränderten krystallinen Schiefern auftreten könnten, so halte ich sie doch wenigstens in diesen Gesteinen gleichfalls für Neubildungsproducte der Contactmetamorphose. Mit Bestimmtheit aber nehme ich den Korund, den Spinell, wenigstens den grössten Theil des Sillimanits, die erwähnten porphyrischen Plagioklaskrystalle, den Biotit der Contactfelse und einen Theil des Biotits der Contactgneisse als Producte der Metamorphose in Anspruch. Dieselbe Genesis ist für den Turmalin schon aus dem Grunde wahrscheinlich, weil er seiner Vertheilung nach in der Art und Weise auftritt, wie sie für die Anschauung, die man sich von seiner Bildung in Contactgesteinen macht, charakteristisch ist. Im Allgemeinen ist er nämlich nur in ganz vereinzeltten Säulchen in den Gesteinen verstreut zu finden. Wo er aber in etwas grösserer Menge auftritt, da ist sein Vorkommen nicht etwa an ein bestimmtes Gestein geknüpft, sondern an eine bestimmte Lokalität, derart, dass alle Felsarten, welche in der Nähe derselben auftreten, den Reichthum an Turmalin gemeinsam haben. Näheres über diese bekannte Erscheinung ist überflüssig.

Ganz anders ist die Sachlage bei den noch übrigen Gemengtheilen der Contactgesteine. Weder bei dem Quarz, noch bei dem gewöhnlichen, nicht faserigen Orthoklas noch bei dem allergrössten Theil des Muscovits habe ich jemals irgend ein Anzeichen getroffen, welches das Auftreten dieser Mineralien von dem in den unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern beobachteten unterscheidet. Sie sind den unveränderten und den veränderten Schiefern in gleicher Ausbildungsart gemeinsam. Bemerkenswerth ist es ferner, dass der gewöhnliche Orthoklas und der Muscovit in grösseren Mengen überhaupt erst in den äusseren Theilen der Contactzone aufgefunden wurden, der inneren aber theils ganz (Muscovit), theils fast ganz (Orthoklas) fehlen. Ganz dasselbe gilt auch von dem allerdings nur accessorisch auftretenden Apatit, der sich hier stets in grossen, unregelmässig begrenzten Körnern, nur selten in den bekannten schmalen Säulchen findet. Ich halte es daher für sicher, dass diese Mineralien in ihrer jetzigen Ausbildungsweise wenigstens zu einem sehr grossen Theil bereits in den ursprünglichen Gesteinen vorhanden waren und von den unwandelnden Processen bei der Contactmetamorphose nicht wesentlich oder gar nicht beeinflusst wurden. Eine solche partielle Metamorphose kann durchaus nicht befremden. Ganz analoge Verhältnisse hatten

wir ja auch in dem Contacthof des Mojadorits gefunden, wo in den Ilmenit-Fruchtschiefern neben neu gebildetem Biotit noch grössere Mengen von Chlorit vorhanden waren, und wo die Quarzlagen selbst in ganz stark umgewandelten Gesteinen in der Nähe des Contactes durchaus keine Anzeichen von Metamorphosirung durch Umkrystallisirung erkennen liessen. Ferner möchte ich darauf verweisen, dass ganz dieselben Verhältnisse nach den später noch ausführlich zu citirenden Arbeiten von Beck¹⁾ und SCHALCH²⁾ in den von diesen Autoren aufgefundenen, partiell contactmetamorphen Andalusit-Gneissen und -Glimmerschiefern bestehen müssen. Wir werden auf all' diese Thatsachen später noch einmal zurückkommen, wenn wir zu der Frage gelangen, aus welchen Gesteinen die Contactzone der Foppa ursprünglich zusammengesetzt war. —

Sehen wir jetzt, in welcher Weise die beschriebenen Mineralien an dem Aufbau der Contactgesteine betheiligt sind. In dem Gürtel, auf den sich die metamorphosirenden Wirkungen des Tonalits erstreckt haben, können wir zwei Zonen verschieden starker Einwirkung unterscheiden. Die Ausdehnung der beiden Zonen ist auf dem Colmokamm geringer als auf dem Piccolokamm. Auf diesem beträgt die Breite der inneren Zone etwa 100 bis 150 m, die der äusseren gegen 600 m. Daher erreicht die Gesamtbreite der ganzen Contactzone von dem letzten entblössten, nicht gangförmigen Tonalitvorkommen bis zu den äussersten, schon zwischen unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern auftretenden Contactgesteinen gerechnet, noch nicht 800 m. Indessen ist diese Bestimmung nur unsicher, da man ja über die Gestalt der Tonalitmasse, soweit sie unter der Oberfläche verborgen ist, gar nichts weiss.

Die Gesteine der **inneren** Zone sind fast ausnahmslos richtungslos struirt, und nur untergeordnet kommen schiefrige Gebilde zwischen ihnen vor. Das bei Weitem charakteristischste Gestein, das auch den grössten Theil der ganzen Contactzone fast ausschliesslich zusammensetzt, besteht in den meisten Varietäten zur Hälfte, sehr häufig wohl zu 60—70 %, mitunter in noch höherem Maasse, aus Cordierit. Damit zusammen finden sich stets, aber in wechselnden Mengen, Biotit, Andalusit, Quarz, Sillimanit, Titan-eisen, Zirkon. Nur in vereinzelten Varietäten wurden beobachtet Plagioklas, sehr wenig Orthoklas, Granat, Spinell, Korund. — Muscovit fehlt ganz. Je nachdem sich nun die hier aufgeführten

¹⁾ R. BECK. Erläut. zur geol. Spec.-Karte von Sachsen, Section Elster und Schönberg.

²⁾ FR. SCHALCH. Ebendort, Section Schwarzenberg.

Mineralien neben dem Cordierit an der Zusammensetzung des Gesteins betheiligen, entstehen sehr verschiedenartige Varietäten, die durch zahlreiche Uebergänge mit einander verbunden sind. Sie erhielten sämmtlich den Namen „Cordierit - Contactfels“, da in ihnen der Cordierit sowohl der wesentlichste als auch der charakteristischste Gemengtheil ist. Gewisse Eigenschaften sind allen in gleicher Weise gemeinsam. Das gilt besonders von der auffälligen, dunkel grau-blauen Farbe, die, verbunden mit eigenthümlichem Fettglanz, bereits bei der Betrachtung mit unbewaffnetem Auge auf einen Cordieritgehalt deutet. Die neben dem Cordierit vorhandenen Gemengtheile kann man schon mit blossen Auge fast stets deutlich erkennen. Nur die Cordieritkörner selbst, obwohl selten unter $\frac{1}{2}$ mm Durchmesser heruntersinkend, lassen sich meist nicht von einander unterscheiden. Das Gefüge des Ganzen ist völlig richtungslos. Nur ganz local scheinen lagenweise stärker angereicherte Biotitblättchen eine ursprüngliche Schichtung anzudeuten. Beim Schlagen mit dem Hammer nimmt man eine nicht unbedeutliche Härte und Festigkeit wahr. — An der südlichen Wand der Foppa findet sich unmittelbar neben dem Tonalit in ziemlicher Mächtigkeit ein anderes Gestein, das mit den besprochenen nahe verwandt ist, da der Cordierit auch in ihm als wesentlicher Gemengtheil auftritt. Die anderen wesentlichen Gemengtheile sind trikliner Feldspath, Biotit und Granat. Quarz findet sich nur in sehr geringen Mengen. Andalusit scheint lokal vorhanden zu sein. Das Gestein ist durch Uebergänge mit den Cordierit-Contactfelsen eng verknüpft, hat die gleiche Zähigkeit und Härte, dieselbe Structur und, obwohl der Cordieritgehalt ein geringerer ist, auch dieselbe dunkel grau-blaue Farbe wie diese. Es wurde daher als eine etwas abweichende Varietät betrachtet, nicht aber von ihnen getrennt. An der Contactstelle des Piccolokammes fand ich zusammen mit den typischen Cordierit - Contactfelsen in nicht unbedeutlicher Mächtigkeit ein Gestein, das von jenen nur dadurch verschieden ist, dass der Quarz darin über den Cordierit überwiegt. Lokal führt er auch Plagioklas. Andalusit fehlt ihm stets; Glimmer ist nur sehr wenig vorhanden. Es ist etwas gröber körnig als die eigentlichen Cordierit-Contactfelse und auch heller gefärbt als diese, stimmt aber in allen wesentlichen Eigenschaften so sehr mit jenen überein, dass es nur als eine besonders quarzreiche Varietät aufgefasst wurde. Es erreicht gerade an der Contactstelle eine ziemliche Verbreitung und nimmt lokal durch sehr grosse Quarzbrocken eine eigenthümliche Structur an.

Hier müssen wir auch etwas näher auf die oben erwähnten, in dem Granat-Tonalit aufgefundenen Einschlüsse eingehen. Dieselben gehören unzweifelhaft zum Cordierit - Contactfels, unter-

scheiden sich aber von den normalen Varietäten durch einige auffallende Eigenthümlichkeiten. Erstens nämlich führen sie den grünen Spinell, der in den anderen Varietäten stets nur spärlich beobachtet wurde, in aussergewöhnlich grosser Menge. Zweitens sind sie durch einen sonst niemals beobachteten grossen Gehalt an Korund ausgezeichnet. Drittens fehlen dem Cordierit meist die sonst gewöhnlich vorhandenen Biotiteinschlüsse; dafür findet man in ihm in grossen Mengen kleine, selten oktaëdrische, meist unregelmässig gestaltete Spinellkörner, schmale, lang stabförmig erscheinende Ilmenitkrystalle, Korund in flachen Tafeln und langen, schmalen Vertikalschnitten durch diese Tafeln, vereinzelt auch roth-braune Rutilsäulchen. Viertens treten an manchen Stellen Anhäufungen grosser Biotitblätter und Plagioklaskrystalle auf, die den Habitus der Gemengtheile des Tonalits tragen. Der Glimmer umschliesst nicht selten Spinell und Korund, der Plagioklas sehr häufig diese beiden Mineralien, aber auch noch Titaneisen und Sillimanit. Er macht oft ganz den Eindruck, als ob er durch Einschmelzung anderer Gemengtheile entstanden wäre. Fünftens ist in manchen Präparaten eine scharfe Grenze zwischen dem Tonalit und dem an solchem Biotit und Plagioklas reichen Cordierit-Contactfels gar nicht vorhanden. — Ich glaube, dass man nicht fehlgehen wird, wenn man sich diese Verhältnisse auf folgende Weise erklärt. Die in dem Tonalit eingeschlossenen Schieferstücke erlitten eine etwas andere Metamorphose, als die weiter vom Eruptivgestein entfernten, lange nicht in dem Maasse den umwandelnden Agentien zugänglichen Gesteinsmassen. Die Folge davon war die Bildung des Korunds, der grossen Spinellmengen, der eigenthümlich geformten Titaneisenkrystalle und der anderen von dem normalen Contactfels unterscheidenden Merkmale. Gleichzeitig mit der Metamorphosirung der Einschlüsse fand aber auch noch eine Einschmelzung der äusseren Theile derselben statt. Ausserdem drang das flüssige Tonalit-Magma auf Spalten und Rissen in das Innere ein, nahm auch dort fremde Bestandtheile in sich auf und erfuhr dadurch selbst eine Modificirung in seiner chemischen Zusammensetzung. Bei der Erstarrung schieden sich dann die erwähnten grossen Granaten aus.

Ausser den Cordierit-Contactfelsen nehmen an der Zusammensetzung der inneren Contactzone noch mehrere andere Gesteine Theil. Sie treten aber nicht so regelmässig auf, sind stets nur untergeordnet und lange nicht so charakteristisch wie jene. Das erste hierher gehörige Gestein ist jene oben erwähnte graue, sehr feinkörnige Felsart, die makroskopisch einem Eruptivgestein nicht unähnlich ist. Unter dem Mikroskop löst sie sich zu einem Aggregat von farblosen Feldspath- und Quarzkörnchen

auf, zwischen denen braune Biotitblättchen und meist unregelmässig begrenzte Körnchen einer hell grünen, fast gar nicht pleochroitischen monoklinen Hornblende liegen. Der Feldspath ist grösstentheils ungestreift. Er ist ganz frisch und oft nicht von dem Quarz zu unterscheiden. Ganz vereinzelt finden sich in dem Gesteinsgemenge grössere, oft nur einmal verzwilligte, trübe Feldspathkrystalle. Diese mineralogische Zusammensetzung stimmt mit der eines auf dem anderen Foppakamm anstehenden, aber deutlich schieferigen Gesteins überein. Auch die Verschränkung der einzelnen Gemengtheile in einander spricht dafür, dass man es hier mit einem ehemaligen krystallinischen Schiefer zu thun hat. Dennoch ist seine Natur einigermaassen zweifelhaft. Mikroskopische Merkmale, die auf eine metamorphische Entstehung hinweisen würden, habe ich nicht beobachten können. Ueberhaupt weicht seine Structur etwas von der der übrigen umgewandelten und nicht umgewandelten Gesteine der Foppa ab.

Makroskopisch dem eben beschriebenen ähnlich, aber durch eine undentlich schieferige Structur, mikroskopisch auch noch durch das Fehlen des Aktinoliths unterschieden ist ein anderes Gestein, das auf dem Piccolokamm neben der Contactstelle beobachtet wurde. Mit diesem aber gehört wieder eine etwas glimmerärmere, gröber körnige Felsart zusammen, die im Wesentlichen aus Orthoklas, Quarz und Biotit besteht und deutlich schieferige Structur besitzt. Beide haben jedenfalls mehr Aehnlichkeit mit den später zu besprechenden Contactgneissen als mit den Cordierit-Contactfelsen. —

Das sind die wesentlichsten in der Foppa aufgefundenen Gesteine der inneren Contactzone des Tonalits. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass namentlich auf dem Colmokamm, in geringerem Maasse aber auch auf dem Piccolokamm selbst in dieser inneren Zone mehrfach Gesteine auftreten, wie sie eigentlich für den geringeren Grad der Metamorphose, d. h. für die äussere Contactzone charakteristisch sind. Jene beiden Zonen sind also nicht scharf getrennt, sondern es findet besonders an der Grenze beider fast ein lagenweiser Wechsel in der Ausbildungsweise der Gesteine statt. Indessen überwiegen immerhin, namentlich auf dem Piccolokamm die Contactfelse so bedeutend, dass eine Scheidung der beiden Gruppen entschieden zweckmässig ist. —

Die Felsarten der **äusseren** Zone sind fast immer mehr oder weniger deutlich geschiefert. Nur untergeordnet kommen richtungslos struirtte Einlagerungen vor. Die weiteste Verbreitung haben Gesteine, welche wesentlich aus Feldspath, Quarz und Glimmer bestehen. Da sie zum allergrössten Theil jene Structureigenthümlichkeiten besitzen, welche für die metamorphe Natur

wenigstens eines Theiles ihrer Gemengtheile sprechen, so wurden sie in's Gesamt als Contactgneisse bezeichnet. Ausser den genannten Mineralien betheiligen sich fast stets noch Andalusit oder Cordierit oder beide zusammen an der Zusammensetzung der Gesteine. Weniger verbreitet sind Felsarten, welche im wesentlichen aus Quarz und Glimmer bestehen, gewöhnlich Cordierit oder Andalusit führen, mitunter aber auch frei davon sind. Sie wurden als Contact-Glimmerschiefer bezeichnet. Endlich treten mit den letzteren und den Contactgneissen zusammen untergeordnet Gesteine auf, an denen man Merkmale, die eine Umwandlung andeuten, nicht wahrnimmt, die demnach einfach „Gneisse“ und „Glimmerschiefer“ hätten benannt werden können. Da es aber durchaus nicht sicher ist, dass die Metamorphose stets derartige Merkmale erzeugt und da die betreffenden Gneisse geologisch auf's Engste mit den echten Contactprodukten verbunden sind, so wurde von einer Trennung abgesehen. Sowohl in den Contactgneissen, wie in den Contactglimmerschiefen ist der Biotit weiter verbreitet und in grösseren Mengen vorhanden als der Muscovit; häufig genug fehlt dieser letztere ganz und gar, und nur in wenigen, meist sehr weit nach aussen liegenden Felsarten überwiegt er den Biotit. Es wird schon dadurch ein Gegensatz zu den fast immer muscovitreichen, gewöhnlich biotitarmen, unveränderten Gesteinen erzeugt.

Es wäre nun vielleicht zu erwarten, dass die äussere Contactzone, weil fast ausschliesslich aus den oben beschriebenen beiden Gesteinsarten aufgebaut, eine, petrographisch betrachtet, einförmige Zusammensetzung besitzen sollte; das ist in Wirklichkeit aber durchaus nicht der Fall. Denn durch Variationen in der Deutlichkeit der Schieferung und der Korngrösse, durch verschiedenartige Anreicherung der einzelnen am Gesteinsbestande theilnehmenden Gemengtheile, durch Hinzutreten von Turmalin, Sillimanit, Granat und anderen accessorischen Mineralien werden sehr zahlreiche, auch makroskopisch z. Th. ganz verschiedenen Habitus besitzende Varietäten erzeugt. Ausserdem wurden auch noch untergeordnet Einlagerungen sehr abweichend zusammengesetzter Schieferarten gefunden; so auf dem Colmokamm ein Contactgneiss, in dem der Glimmer grösstentheils durch Aktinolith ersetzt ist; auf dem Piccolokamm ein hauptsächlich aus Quarz und kleinen Epidotkörnern zusammengesetzter Schiefer, der durch Wechsellagerung mit einem Quarz-Biotitschiefer verbunden ist; auf demselben Kamm, aber an anderer Stelle, eine aus Quarz und gemeiner Hornblende bestehende Felsart. — Es sei noch erwähnt, dass es für die Andalusit führenden Gesteine sehr charakteristisch ist, dass bei den allermeisten von ihnen auf den

Verwitterungsflächen die lang säulenförmigen Krystalle des Andalusit je nach ihrer Lage bald als Knoten, bald als lange, scharfe Leisten hervortreten.

Der Uebergang aus der äusseren Contactzone in das aus unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern bestehende schmale, saumähnliche Gebiet wird theils dadurch vermittelt, dass sich normale Gesteine zwischen den Contactgneissen einschalten, nach aussen hin immer mehr und mehr an Zahl und Mächtigkeit zunehmen, bis schliesslich die metamorphen Gesteine gänzlich verschwinden, theils dadurch, dass die Contactminerale allmählich an Zahl abnehmen. --

Wir haben nun das Material kennen gelernt, aus dem sich die beschriebene Contactzone des Tonalits aufbaut. Ferner haben wir durch eine Reihe von geologischen und petrographischen Beziehungen den Beweis dafür zu erbringen versucht, dass die betreffende Zone wirklich als metamorph aufzufassen ist. Im Folgenden sollen einige andere Thatfachen angeführt werden, die den Grad der Wahrscheinlichkeit dieses Beweises noch bedeutend zu erhöhen geeignet sind. Sie stehen in engster Beziehung zu dem Mineralbestand der beschriebenen Gesteine.

Von dem Andalusit ist es bekannt, dass sein Vorkommen in normalen archaischen Schiefern überhaupt nur ein ausserordentlich beschränktes ist. Zahlreiche Andalusit führende Gesteine gehören Contactgebieten an, und umgekehrt fand man in dem grössten Theil der zur Untersuchung gelangten Schiefer-Contacthöfe¹⁾ den Andalusit als ein sehr wesentlich an dem Aufbau der umgewandelten Gesteine theilnehmendes Mineral. Die Bedeutung dieser Thatfache wird für den hier betrachteten Fall noch dadurch erhöht, dass das Vorkommen von Andalusit bis auf eine einzige Ausnahme niemals in dem den Adamellostock umgebenden Schiefergebirge beobachtet worden ist. Jenes eine Vorkommen aber ist das von LEPSIUS²⁾ bekannt gemachte „im Glimmerschiefer des Val San Valentino nahe dem Tonalit“. Dasselbe kann in Folge der Lage seines Fundortes nur die Annahme der Entstehung des Andalusits durch die Contactmetamorphose bestätigen. Dass auch seine Structur und der Umstand, dass er nur in den Gesteinen der für metamorph gehaltenen Zone, nicht aber in denen des sicher unveränderten Saumes auftritt, für diese Entstehungsart sprechen, wurde bereits ausführlich dargelegt. —

¹⁾ Andalusit fanden z. B. in Schiefer-Contacthöfen der Vogesen: ROSENBUCSCH, der Pyrenäen: ZIRKEL, des sächsischen Erzgebirges: die Geologen der sächsischen geol. Landesanstalt, am Granit des Hennberges bei Weitsberga: F. E. MÜLLER u. s. w.

²⁾ Vergl. Einleitung dieser Arbeit.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei dem Cordierit. Dies Mineral ist sehr oft als Gemengtheil durchaus normaler Gesteine der archaischen Formationen, namentlich der nach ihm benannten Cordierit-Gneisse beobachtet worden und bildet stellenweise sogar den Hauptgemengtheil der ganzen Felsart. Man hat derartige, übrigens nur ganz lokal und niemals in grösserer Mächtigkeit entwickelte Gesteinsmassen als „Cordieritfels“ bezeichnet. Andererseits ist der Cordierit aber auch in mehreren Schiefer-Contacthöfen¹⁾ beobachtet worden. Indessen ist seine Menge in diesen meist ziemlich gering, sein Vorkommen nicht so verbreitet und charakteristisch wie das des Andalusits. Nur ein einziges Mal wurde ein Contactgestein aufgefunden, das in Bezug auf seine mineralogische Zusammensetzung möglicher Weise mit den Cordierit-Contactfelsen der Foppa Aehnlichkeit hat. Es ist das die von DILLER auf der Halbinsel Troas im Contact mit Quarzdiorit beobachtete Felsart, der er den Namen Cordierit-Andalusit-Hornfels gab. Ob dieser Name indessen gewählt worden ist, weil der Cordierit ein sehr wesentlicher oder nur weil er ein sehr auffälliger Gemengtheil des Gesteins war, geht aus seiner Darstellung nicht hervor. Die betreffende Stelle²⁾ lautet: „The quartz-diorites form a number of comparatively small masses about the base of Mount Ida and are evidently younger than the quartzose argillite,“ — „which, in one case, has been metamorphosed into a cordierite- and andalusite-hornfels“. — Vergleichen wir aber jetzt die Thatfachen, welche über das Vorkommen des Cordierit in den krystallinen Schiefern der dem Adamellostock benachbarten Theile der Ostalpen beobachtet worden sind, so finden wir, dass ein Cordieritgestein dort überhaupt nur ein einziges Mal bekannt geworden ist. Es ist das von STACHE³⁾ in der Umgegend von Sondalo in Veltlin aufgefundene und nach dem Fundort „Sondalit“ genannte Gestein, das er, wie folgt, kurz beschreibt: „Blänlich bis grünlich graue, fettige Masse von Cordierit und Quarz in verschwommen grobkörniger Verwachsung mit unvollkommen auskrystallisirtem oder derbem, licht rothem Granat, fein durchsprengt mit feinen, schwarzen Turmalinkörnchen, und mit seltenen, lebhaft glänzenden Nadeln von ?Disthen durchschossen.“ Eine mikroskopische Schilderung ist leider noch nicht veröffent-

¹⁾ Z. B. „Unter dem Rebstall und im Rapsloch im Andalusit-schiefer.“ ROSENBUSCH, Abhandlungen zur geolog. Specialkarte von Elsass-Lothringen, Bd. I, 1877, p. 220; vergl. auch p. 224.

²⁾ J. S. DILLER. Notes on the geology of the Troad. Quarterly Journ. of the Geolog. Society of London, Vol. 39, 1883, p. 631.

³⁾ Die Gesteine der Zwölferspitzgruppe in West-Tirol. J. d. k. k. geol. R.-A., 1877, p. 194.

licht. Es lässt sich daher nicht mit Sicherheit sagen, ob der Sondalit von dem Cordierit-Contactfels der Foppa wesentlich verschieden ist oder nicht. Auf keinen Fall aber stimmt er ganz genau mit den beschriebenen Varietäten des letzteren überein. Nun entstammt er ferner einer Gegend, in der eine grosse Anzahl sehr merkwürdiger, meist ihrer Natur nach ebenso wenig wie der Sondalit aufgeklärter Felsarten vorkommen. In nenne nur den STACHE'schen „Veltinit“, „Granatporphyr“ und die verschiedenen Hypersthengesteine der Gegend von Leprese. Ferner ist dieser Fundort in der Luftlinie fast 20 km von der Foppa entfernt und auf dieser ganzen Strecke durch normal ausgebildetes Schiefergebirge getrennt. Ich glaube daher, dass kein Grund dafür vorliegt, irgend welche Beziehungen zwischen den beiden Gesteinen voranzusetzen. In dem ganzen Schiefergürtel aber, welcher den Tonalit umgiebt und noch zur Adamellogruppe zu rechnen ist, wurden bisher niemals Cordierit führende Gesteine beobachtet. Berücksichtigt man diese Thatsachen und erinnert man sich dessen, was weiter oben über die Structur des Cordierits und die Art seines Auftretens in den Felsarten des Avio-gebiets gesagt wurde, so dürfte die Behauptung, dass er darin als ein Contactproduct aufzufassen ist, gerechtfertigt erscheinen. —

Es sind jetzt nur noch einige Beobachtungen aufzuführen, die sich auf die Verbreitung der beschriebenen Contactgesteine beziehen. Bevor wir aber darauf eingehen können, ist es nöthig, noch kurz den Verlauf der Contactlinie in dem Avio-gebiet zu besprechen. Wie z. Th. bereits in der topographischen Beschreibung angedeutet wurde, verläuft die Grenze zwischen Tonalit und Schiefer aus dem Aviothal, wo sie nur eine Stunde von dem Hauptthal entfernt ist, in ungefähr WSW - Richtung durch den obersten Theil des Val Vallaro, ziemlich weit hinten durch das Val Paghera¹⁾ nach dem Circusthal von San Vito. Dort biegt sie allmählich nach Süden um, erreicht den nördlichen Foppakamm, verläuft in der Foppa selbst nach SSO, biegt von neuem stark um, sodass sie östliche Richtung erlangt, und zieht dann im Val Gallinera und über den Passo Gallinera in ungefähr ONO-Richtung entlang. Die nördliche Thalwand des Val Gallinera besteht ganz und gar aus Schiefen bis auf eine einzige Stelle, wo sie durch Erosion entfernt sind, und wo nun der Tonalit sichtbar wird. Sie streichen auf der ganzen Strecke von dem Val d'Avio an im Grossen und Ganzen parallel zu dem Verlauf der Contactlinie, umgeben den Tonalit des Monte Avio auf drei Seiten vollständig und schneiden ihn, da er auf der vierten durch das

¹⁾ Vergl. die Kartenskizze, p. 454.

tiefe Val Paghera von dem Tonalit des Monte Avio getrennt ist, ganz und gar vom Hauptmassiv des Adamello ab. Die Länge der Contactlinie beträgt zwischen dem Val d'Avio und dem Passo Gallinera etwa 14 km; dagegen ist die Entfernung der beiden Punkte in der Luft in Folge des bogenförmig gekrümmten Verlaufs der Gesteinsgrenze nur etwa 8 km. Erwähnt sei übrigens bei dieser Gelegenheit, dass die Schieferzone, welche zwischen den Tonalit des Monte Avio und den der westlichen Ausläufer des Corno Baitone in sehr merkwürdiger Weise eingekellt über den Passo Gallinera in das oberste Val Paghera hinüberstreicht, um dort scheinbar plötzlich abzubrechen, in den schwer zugänglichen Kämmen und Gipfeln zwischen Monte Avio und Corno Baitone der österreichischen Generalstabskarte eine Fortsetzung zu haben scheint. Wenigstens deutet darauf eine Reihe von Gesteinsstücken, die Herr Prof. K. SCHULZ in Leipzig bei den zahlreichen von ihm in jenen Gegenden unternommenen Bergbesteigungen sammelte und mir in liebenswürdigster und dankenswerthester Weise zur Verfügung stellte. Es wirft das ein sehr eigenthümliches Licht auf die Structur des nördlichen Theils der Adamellokernmasse. Eine weitere Verfolgung der Beobachtung ist nöthig.

Es wurden nun einige zum Theil weit von einander entfernte Punkte der Contactlinie besucht, um festzustellen, ob auch dort die Tonalitgrenze von ähnlichen Gesteinen begleitet würde, wie sie in der Foppa zur Beobachtung gelangt waren. Das Resultat war folgendes: Bei dem Anstieg von dem obersten Theil des Val Paghera zu dem Passo Gallinera und auf diesem selbst fand ich Andalusit führende Cordierit-Contactfelse und -Contactgneisse in losen Blöcken und anstehend. Auf dem schlecht aufgeschlossenen, die Valletta di Sonico im SO begrenzenden Ausläufer des Colmökammes der Foppa wurden Cordierit - Contactgneisse beobachtet. Endlich wurden in dem Thalkessel von San Vito und auf dem westlichen¹⁾ Gehänge des Aviothales typische, Andalusit führende Cordierit - Contactfelse in der Nähe der Gesteinsgrenze angetroffen. Allerdings konnten genauere Untersuchungen über die Art des Auftretens dieser Gesteine an den betreffenden Punkten noch nicht angestellt werden. Immerhin ergeben jene Ausflüge aber folgendes Resultat: Der Tonalit des westlichsten Theiles der Adamellogruppe wird auf der 14 km langen Strecke vom Val d'Avio bis zum Passo Gallinera von

¹⁾ Das viel besser aufgeschlossene östliche Gehänge konnte ich leider nicht mehr besuchen.

einem Gürtel eigenthümlich ausgebildeter, meist Andalusit führender, bezw. andalusitreicher Cordieritgesteine umgeben. Dieselben fehlen dem Grundgebirge in der weiteren Umgebung des Adamellostockes und sind die Producte einer Contactmetamorphose des Tonalits.

Es bleibt uns nur noch die Frage zu erledigen, welches die ursprüngliche Beschaffenheit der uns jetzt vorliegenden Contactgesteine gewesen sein mag. Betrachten wir zunächst die **äussere** Contactzone. Die in dieser hauptsächlich auftretenden Cordierit- und Andalusit-Contactgneisse und -Glimmerschiefer gehen, wie wir bereits sahen, nach aussen allmählich in normale Gneisse und Glimmerschiefer über. Sie haben mit diesen Quarz, Muscovit, Biotit und einen grossen Theil des Feldspathes in der gleichen Ausbildungsweise gemein. Diejenigen Gemengtheile aber, welche den unveränderten Gesteinen fehlen, nämlich Cordierit, Andalusit und der faserige Orthoklas sind durch die Contactstructur im Gegensatz zu den anderen Mineralien als metamorph charakterisirt. Wahrscheinlich ist auch ein kleiner Theil des Muscovits, ein grösserer Theil des Biotits und der Turmalin, wo er in beträchtlicheren Mengen auftritt, als Neubildung aufzufassen. Indessen waren in ihnen aller Wahrscheinlichkeit nach Quarz, Muscovit, Biotit und ein Theil des Orthoklases bereits vor der Metamorphose vorhanden; d. h. die ursprünglichen Gesteine waren Gneisse und Glimmerschiefer, gleich oder ähnlich denen, die wir noch jetzt in dem äusseren, sicher unveränderten Gesteinsgürtel antreffen. Die tonalitische Contactmetamorphose bewirkte demnach aller Wahrscheinlichkeit nach in der äusseren Contactzone die Umwandlung von normalen Gneissen und Glimmerschiefern in Cordierit- und Andalusit-führende Gneisse und Glimmerschiefer.

Analoge Erscheinungen sind bisher, so viel mir bekannt, nur zweimal beobachtet worden, nämlich erstens von BECK, zweitens von SCHALCH in den oben angeführten Arbeiten (p. 490)¹⁾. Die beiden genannten Forscher wiesen nach, dass Gneisse, bezw. Glimmerschiefer der archaischen Formationen im Contact mit Granit Andalusit-Krystalle und -Körner aufnehmen und zwar in Mengen, die proportional mit der Annäherung an das Eruptivgestein wachsen. Ferner fanden sie local sehr grosse Mengen von Tur-

¹⁾ Wahrscheinlich sind auch noch die neuerdings von G. H. WILLIAMS beschriebenen Verhältnisse des „Contact-Metamorphism produced in the adjoining Micaschists and Limestones by the Massive Rocks of the Cortland Series“ ganz analog. Vergl. N. Jahrb. für Mineral. etc., 1890, Bd. I, Heft 1, p. 88—91. (Referat.)

malin auf. SCHALCH beobachtete ausserdem noch die Neubildung von braunem Glimmer, der den unveränderten Gesteinen fehlt.

Danach zu urtheilen besteht eine gewisse Analogie zwischen den dort constatirten Umwandlungserscheinungen und denen unserer Contactgesteine. Andererseits sind aber auch mehrere Unterschiede vorhanden. Dieselben bestehen in der hier beobachteten, dort fehlenden Neubildung von Feldspath und Cordierit und in dem sehr viel unbedeutenderen Auftreten des Turmalins in den Foppagesteinen. In allen drei Fällen scheint eine stoffliche Veränderung der von der Metamorphose ergriffenen Felsarten eingetreten zu sein, da mit dem Auftreten des so ausserordentlich basischen Andalusits nicht etwa eine entsprechende Ausscheidung von Quarz Hand in Hand geht. Auch die Neubildung des faserigen Orthoklases kann nicht für geeignet gehalten werden, eine chemische Ausgleichung herbeizuführen, da der Andalusit auch in Gesteinen auftritt, welche jenen Orthoklas nicht enthalten.

Die **innere** Contactzone besteht der Hauptsache nach aus richtungslos struirten Cordierit-Contactfelsen, daneben wurden aber auch untergeordnet Einlagerungen von abweichend zusammengesetzten, z. Th. ganz mit den Contactgneissen übereinstimmenden Gesteinen gefunden. Der Uebergang in die äussere Zone scheint dadurch vermittelt zu werden, dass die Cordieritmengen abnehmen. Eine scharfe Grenze zwischen den beiden Zonen ist jedenfalls nicht vorhanden. Andererseits bestehen aber zwischen den typischen Contactfelsen und den typischen Contactgneissen gewisse auffällige Unterschiede in der mineralogischen Zusammensetzung. In den ersteren fehlen der in den Contactgneissen so weit verbreitete faserige Orthoklas und der Muscovit ganz und gar. Feldspath ist in ihnen überhaupt nur sehr spärlich vorhanden und dürfte fast immer zum Plagioklas gehören. Gemäss dieser mineralogischen Verschiedenheit scheinen auch chemische Unterschiede vorhanden zu sein. Es beweist dies das ungleich stärkere Auftreten von so basischen Mineralien wie Cordierit und Andalusit in den Contactfelsen und das damit verbundene Zurücktreten des Quarzes und des Orthoklases. Auch dadurch, dass der in Bezug auf Kieselsäuregehalt noch hinter dem Cordierit zurücktretende Muscovit in den Contactgneissen und Glimmerschiefern reichlich vorkommt, dürfte eine völlige Ausgleichung nicht stattfinden. Eine ausführliche chemische Untersuchung dieser Verhältnisse schien mir indessen aussichtslos zu sein, weil es bei der ausserordentlich wechselnden petrographischen Zusammensetzung der jetzt vorliegenden Gesteine sehr wahrscheinlich ist, dass schon die ursprünglichen Felsarten in ihrem Mineralbestande z. Th. sehr stark von einander abwichen, sichere Resultate sich demnach gar nicht hätten ergeben können.

Immerhin bestätigte die Analyse¹⁾ eines Cordierit-Contactfelses die Vermuthung von der sehr basischen Constitution dieses Gesteins. Ich fand dabei folgende Zahlen:

SiO ₂	44,62	pCt.
TiO ₂	2,04	„
Al ₂ O ₃	33,33	„
Fe ₂ O ₃	7,32	„
FeO ²⁾	5,45	„
MgO	5,46	„
CaO	0,12	„
MnO	Spuren	
K ₂ O	0,68	„
Na ₂ O	0,53	„
Glühverlust . .	1,47	„
		101,02 pCt.

Allerdings muss bemerkt werden, dass sich die zur Untersuchung benutzte Varietät in einigen Punkten von den am weitesten verbreiteten, also normaleren Arten des Cordierit-Contactfelses unterscheidet. Da nämlich der Hauptzweck der Analyse eine Bestätigung der mikroskopischen Diagnose sein sollte, so wurde eine sehr biotitarme, fast Feldspath-freie Varietät ausgewählt, die andererseits durch einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Titaneisen und Andalusit vor den übrigen ausgezeichnet war. Es erklärt sich daraus der relativ hohe Gehalt an Thonerde und Titansäure³⁾, der relativ geringe an Alkalien und Kalk. Die Menge des Quarzes ist etwa die normale. Wenn nun auch der Kieselsäuregehalt durch die etwas abweichende chemische Zusammensetzung selbst um mehrere Procente herabgedrückt worden wäre, so kann dennoch über den ausserordentlich basischen Charakter des vorliegenden Gesteins kein Zweifel bleiben.

Es bestehen demnach nicht nur mineralogische, sondern auch chemische Verschiedenheiten zwischen den Gesteinen der äusseren und denen der inneren Contactzone. Da sich dieselben auf keinen Fall nur durch Unterschiede in der Intensität der metamorphosirenden Kraft ohne die gleichzeitige Annahme einer stofflichen Veränderung der Contactgesteine begründen

¹⁾ Ausgeführt im Laboratorium des Herrn Prof. OSTWALD.

²⁾ Nach der DÖLTER'schen Methode bestimmt.

³⁾ Die Titansäure wurde erst mit dem Eisen und der Thonerde zusammen durch Ammoniak abgeschieden, dann mittelst wiederholter Ausfällung durch Kochen unter Zusatz von SO₂ getrennt und gereinigt.

lassen, so sind nur die beiden folgenden Erklärungsweisen möglich: 1. Bei der Contactmetamorphose des Tonalits hat eine stoffliche Beeinflussung der von der Umwandlung ergriffenen ursprünglich übereinstimmend gewesenen Gesteine stattgefunden, und zwar in dem Sinne, dass sie, sei es durch Zufuhr basischer Bestandtheile, sei es durch Extrahirung von Kieselsäure und vielleicht auch von Alkalien einen basischeren Charakter erhalten haben. 2. Die Gesteine der inneren jetzt vorliegenden Contactzone waren bereits ursprünglich anders und zwar basischer zusammengesetzt als die der äusseren Zone. — Bei dieser Erklärungsweise wären aber immer noch zwei Fälle möglich, nämlich 2a. Ausser der bereits primär abweichenden Beschaffenheit der Gesteine haben noch, wenn auch mehr untergeordnet, Vorgänge, wie sie in 1. angenommen wurden, den jetzigen Charakter der Contactgesteine hervorgerufen. 2b. Der jetzige Charakter der Contactgesteine ist lediglich durch die primär abweichende Zusammensetzung der Gesteine bedingt. Betrachten wir die Gründe, welche für bzw. gegen diese einzelnen Erklärungsweisen sprechen.

Für 1 und gegen 2b sprechen: α . In den beiden bisher bekannt gewordenen Fällen, in welchen eine Umwandlung von Gneissen und Glimmerschiefern durch contactmetamorphische Vorgänge stattgefunden hat, wurde gleichfalls eine stoffliche Veränderung der von der Umwandlung ergriffenen Gesteine beobachtet und zwar ebenfalls in dem Sinne, dass diese gegen den Contact hin basischer wurden (BECK, SCHALCH). β . Aller Wahrscheinlichkeit nach haben auch die Gesteine der äusseren Contactzone des Tonalits eine Stoffveränderung, bestehend in Anreicherung der basischen Substanzen erfahren. Um so mehr muss dies also für die innere Contactzone Geltung haben. γ . Es ist zum wenigsten auffällig, dass ganz derselbe Horizont die Grenze des Tonalits auf der 14 km langen Strecke zwischen Val d'Avio und Passo Gallinera begleiten soll. δ . Drei der charakteristischen Mineralien des Contactes, nämlich Cordierit, Andalusit, Biotit sind den Gesteinen der äusseren und der inneren Contactzone gemeinsam. Nur ihre Menge (Cordierit, Biotit) ist in den dem Contact benachbarten Gesteinen grösser als in den von ihm entfernten. Es entspricht dies ganz den Verhältnissen, welche man erwarten muss, wenn eine stoffliche Beeinflussung ursprünglich gleichartiger Schichten stattgefunden hat.

Gegen 1 und für 2 sprechen: α . Die bedeutend geringere Ausdehnung der Contactzone auf dem Colmokamm, die sich durch primäre Verschiedenheit der Horizonte, aus welchen die beiden Zonen hervorgingen, leicht erklären lässt. β . In die innere Zone sind, besonders auf dem Colmokamm, auch Gesteine ein-

gelagert, welche mit den Felsarten der äusseren Zone übereinzustimmen scheinen, jedenfalls aber ihnen näher verwandt sind, als den Contactfelsen. γ . Das gänzliche Fehlen des faserigen Orthoklases und des Muscovits in den Contactfelsen begründet eine mineralogische Verschiedenheit, welche der Annahme widerspricht, dass die Gesteine der beiden Zonen aus demselben Urmaterial hervorgegangen seien. δ . Da das Streichen der Schiefer, abgesehen von gewissen, auf eine ganz schmale Zone begrenzten Unregelmässigkeiten, parallel mit der Contactlinie verläuft, ist es erklärlich, dass auf der ganzen Strecke stets derselbe Horizont in Berührung mit dem Eruptivgestein ist. ϵ . Die chemische Zusammensetzung mancher, besonders chloritischer Phyllite scheint der für den Cordierit-Contactfels nachgewiesenen ähnlich zu sein. ζ . In der Gneiss-Phyllitgruppe, zu der die Contactgesteine des Tonalit gehören, ist ein Wechsel phyllitischer Gesteine mit gneissartigen Felsarten ausserordentlich verbreitet ¹⁾.

Ueberblicken wir all' die aufgeführten Gründe, so erkennen wir, dass kein einziger unter ihnen gegen die unter 2a gegebene Erklärungsweise spricht. Ich glaube deshalb, dass diese wenigstens vorläufig am meisten begründet ist. Allerdings ist es nicht unmöglich, dass weitere Untersuchungen der Contactgebiete des Tonalits auch neue und maassgebendere Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Frage ergeben können. Bis dies geschieht, möchte ich aber daran festhalten, dass die verschiedene Zusammensetzung der beiden Contactzonen des Tonalits sehr wahrscheinlich zum grösseren Theil auf verschiedenartige Zusammensetzung der ursprünglichen Gesteine, zu einem kleinen Theile aber auch auf stoffliche Veränderung durch die Metamorphose zurückzuführen ist. Ueber die Frage, welche Felsarten es wohl gewesen sein mögen, aus denen die Contactfelse hervorgegangen sind, darüber kann ich mich vorläufig noch nicht äussern.

III. Geologische Beziehungen der porphyrisch struirten Eruptivgesteine.

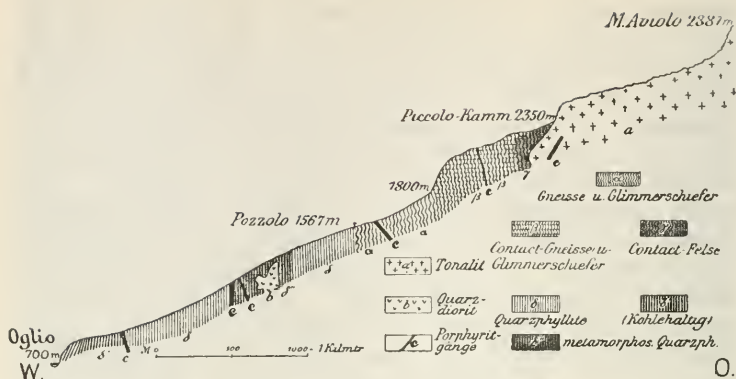
In dem eigentlichen Aviolegebiet wurden an 17 verschiedenen Punkten porphyrisch struirte Eruptivgesteine anstehend aufgefunden. Dazu kommen noch zwei Vorkommnisse, die jenseits des Oglio, aber unmittelbar an einem anderen Ufer neben der Strasse zwischen Edolo und Incudine aufgeschlossen sind, und

¹⁾ Vergl. die Schilderung, welche STACHE von der Gneiss-Phyllitgruppe entwirft. Gesteine der Zwölferspitze - Gruppe. Jahrb. d. k. k. R.-A., 1877.

ein drittes auf dem westlichen Gebänge des Val d'Avio aufgefundenen Gestein¹⁾, im Ganzen also 20 verschiedene Vorkommnisse. Es wäre sicherlich leicht möglich, bei einer genauen Begehung der Berghänge, aber auch mancher von mir nur flüchtig besuchter Thäler, wie des Val Finale, diese Zahl noch erheblich zu vergrössern. — All' die aufgefundenen Gesteine sind durch ihre porphyrische Structur und die triklone Natur des an ihrer Zusammensetzung beteiligten Feldspaths als Porphyrite charakterisirt. Sie treten fast sämmtlich in schmalen, mitunter nur wenige Decimeter breiten Gängen auf, durchsetzen in gleicher Weise die Quarzphyllite und die Gneisse, die Contactzone des Mojadorits und des Tonalits, ja sogar den Tonalit selbst. Fraglich ist ihr Altersverhältniss lediglich gegenüber dem Mojadorit. Die in der Contactzone desselben auftretenden Gänge lassen zwar keine Beeinflussung durch eine Contactmetamorphose erkennen, sind aber auch soweit vom Contact entfernt, dass man eine solche auch dann nicht erwarten könnte, wenn sie älter als der Diorit wären. Sieht man indessen von diesem ab, so sind sie die jüngsten Glieder des ganzen Gebirges. Meist fand ich sie zu schlecht aufgeschlossen, als dass ich die Streich- und Fallrichtung ihrer Gangspalten hätte feststellen können. Wo dies aber gelang, da ergab sich bis auf eine einzige Ausnahme mit Sicherheit, dass die Gänge die Schichten der Schiefer schräg durchschneiden, also nicht Lagermassen bzw. Lagergänge sein können. Bei einem einzigen Vorkommniss auf dem nördlichen Foppagebänge ist die Möglichkeit der Einschaltung parallel der Schichtfläche der Schiefer nicht ausgeschlossen. Doch schien mir auch dort wenigstens eine geringe Verschiedenheit zwischen dem Streichen des Ganges und dem der Schichten stattzufinden. Eine gesetzmässige Anordnung der Gangspalten wurde nicht beobachtet. In einem Falle fanden sich Stücke des Nebengesteins in dem Eruptivgestein eingeschlossen. Contactmetamorphische Processe haben nicht stattgefunden. Genauere Einzelangaben werden zusammen mit der Beschreibung der Fundorte, um Wiederholungen zu sparen, erst in dem petrographischen Theil der Arbeit gegeben werden.

Das umstehende Profil des Monte Aviole ist auf Grund der Aufnahmearbeiten entworfen.

¹⁾ Es wird dies trotz der entfernten Lage seines Fundortes an dieser Stelle besprochen, da dasselbe mit den Eruptivgesteinen des Aviole eng verwandt ist.



Petrographische Beschreibung.

Die Gesteine, die im Folgenden zu besprechen sind, lassen sich in drei grosse, geologisch und petrographisch scharf von einander getrennte Gruppen einteilen, nämlich erstens die Gesteine der älteren Schieferabtheilung, zweitens die der jüngeren Schieferabtheilung, drittens die Eruptivgesteine. Dementsprechend wird auch die Beschreibung in dieser Reihenfolge vorgehen. — Bemerkt sei, dass diejenigen petrographischen Beobachtungen, welche in der vorangegangenen geologischen Schilderung bereits ausführlich besprochen wurden, hier höchstens ganz kurze Erwähnung finden werden.

A. Gesteine des älteren Schiefercomplexes.

A. Normale Gesteine.

Hierher gehören die Gneisse und Glimmerschiefer jenes schmalen Gesteinssaumes, den wir zwischen dem Quarzphyllit-Complex des Val Moja und der Contactzone des Tonalit eingeschaltet fanden. Leider sind die Aufschlüsse gerade dieses Horizontes in dem Val Moja recht ungünstig. Es wurden deshalb auch einige Gesteinsstücke, die von Ausflügen in die Valletta di Sonico herrühren, mit zur Untersuchung herangezogen. Dennoch ist es wahrscheinlich, dass man bei genauen Begehungen mancher anderer Thäler, welche die Tonalit-Randzone durchschneiden, vollständigeres und reichhaltigeres Material von Felsarten dieses Horizontes sammeln könnte, als mir diesmal zur Verfügung stand.

Unter all' den Gesteinen, welche hierher gehören, besitzen

Muscovitgesteine die grösste Mächtigkeit und Verbreitung. Sie führen stets auch Biotit in kleineren, aber wechselnden Mengen und gehen durch Anreicherung des letzteren in Biotitgneisse mit meist nicht unbedeutendem Muscovitgehalt über. Es finden sich auch Gesteine, welche zwischen beiden etwa in der Mitte stehen und demnach als zweiglimmerige Gneisse zu bezeichnen sind. Gerade aus diesen letzteren entstehen gern durch Herabminderung des Feldspathgehalts zweiglimmerige Glimmerschiefer, in denen bald der Biotit, bald der Muscovit etwas überwiegt. All' die genannten Gesteine haben indessen meist nur einen relativ geringen Glimmergehalt. Was ihre Structur betrifft, so besitzen sie grösstentheils ein schwach und verworren flaseriges Gefüge bei geringer, 1 mm nur selten übersteigender Grösse des Kornes. Scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Gesteinsarten sind nicht vorhanden. Sie sind im Gegentheil durch Uebergänge eng mit einander verknüpft und unterscheiden sich überhaupt nicht so sehr durch qualitative als durch quantitative Gegensätze in der mineralogischen Zusammensetzung. Da ausserdem auch noch die Structur der einzelnen Gemengtheile in allen Gesteinsarten durchaus übereinstimmt, so werde ich im Folgenden lediglich die an ihrem Aufbau beteiligten Mineralien beschreiben, von einer Einzelbesprechung der Gesteine aber ganz absehen.

Ausser den makroskopisch bereits erkennbaren Gemengtheilen Quarz, Feldspath, Muscovit, Biotit kommen, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, auch noch vor: Turmalin, Apatit, Eisenerz, Zirkon, Chlorit, Granat.

Der Quarz erscheint dem unbewaffneten Auge in Aggregaten winziger, graulich weisser, fettglänzender Körnchen, die nicht von einander zu unterscheiden sind. Makroskopisch und mikroskopisch erkennt man, dass er bald in den Gesteinen Lagen und Linsen fast ausschliesslich zusammensetzt, bald in normaler Weise und Menge im Verein mit den übrigen Gemengtheilen an dem Aufbau Theil nimmt. Endlich beobachtet man einzelne Lagen, in denen er fast ganz und gar fehlt oder doch nur in seltenen, isolirten Körnchen auftritt. Diese letzteren, im gewöhnlichen Licht einheitlich erscheinend, sind, wie man bei gekreuzten Nicols erkennt, aus mehreren kleineren Individuen zusammengesetzt. Der Durchmesser der einzelnen Körner beträgt gewöhnlich etwa 0,5 mm. Kleinere Körner treten aber fast stets noch in wechselnden Mengen auf. In einem eigenthümlichen Gestein, das einem dichten Quarzit ähnlich ist und durch Wechsellagerung mit Glimmerschiefern verbunden ist, aber keine grössere Verbreitung erlangt, erreicht der Durchmesser der einzelnen Körnchen nur selten

0,04 mm und bleibt gewöhnlich sogar noch hinter 0,02 mm zurück. Ausserordentlich verbreitet ist die Erscheinung, dass in Präparaten, welche senkrecht gegen die Schieferungsebene der Gesteine gerichtet sind, zahlreiche Individuen auffallend in die Länge gezogen sind. Körner, die im Durchschnitt viermal so grosse Länge als Breite besitzen, sind gar nicht selten. Sie sind stets in demselben Sinne angeordnet und lassen daher auch mikroskopisch auf das deutlichste die Textur des Gesteins erkennen. Die einzelnen Individuen zeigen niemals Krystallconturen, sondern sind entweder unter einander oder mit den übrigen Gemengtheilen, namentlich dem Feldspath, in jener unregelmässigen Weise verwachsen, wie sie für die Gemengtheile krystalliner Schiefer charakteristisch ist. Flüssigkeitseinschlüsse und Hohlräume sind im Ganzen nicht sehr häufig. Die letzteren dürften die Flüssigkeitseinschlüsse an Zahl bei Weitem übertreffen. Der Quarz umschliesst gelegentlich wohl sämmtliche mit ihm zusammen auftretende Gemengtheile. Die Gestaltung der Interpositionen lässt kein bestimmtes Gesetz erkennen.

Der Feldspath tritt so häufig in nicht polysynthetisch verzwilligten Körnern auf, dass ein Theil wohl zum Orthoklas zu rechnen ist. Mikroperthitische Structur wurde nur selten beobachtet. In Bezug auf die Gestaltung der Körner gilt Wort für Wort, was oben bei dem Quarz gesagt worden ist. Auch die in die Länge gezogenen, platten Individuen sind oft sehr charakteristisch ausgebildet. Die Grösse der Körner stimmt im Allgemeinen mit der beim Quarz beobachteten überein, doch sind Körner von 1 mm Durchmesser hier nicht gerade selten. In all' den untersuchten Gesteinen ist der Feldspath bereits durch Zersetzung mehr oder weniger stark getrübt und lässt sich daher stets leicht vom Quarz unterscheiden. Interponirung fremder Mineralpartikel ist in ihm nicht selten, und zwar scheinen auch hier alle anderen Gemengtheile gelegentlich dazu befähigt von ihm umhüllt zu werden. In manchen noch ziemlich frischen Feldspath-Individuen, besonders in Plagioklasen, trifft man kleine, fast farblose, bzw. äusserst schwach gelbliche Körnchen in grossen Mengen an. Dieselben scheinen, nach ihrer Anordnungsweise und ihrem ganzen Habitus zu urtheilen, primär zu sein. Ich möchte sie für Epidot halten, konnte aber allerdings in Folge der unregelmässigen Conturen keine sicheren Anhaltspunkte für eine Bestimmung erlangen. — Selbst wenn die Zahl der Interpositionen des Feldspaths sehr gross wird, erhält er doch niemals eine der Contactstructur des faserigen Orthoklases der Contactgesteine ähnliche Beschaffenheit.

Der Muscovit ist schon makroskopisch bemerkbar, mikroskopisch durch die ausgezeichnete Spaltbarkeit, scheinbar

gerade Auslöschung und lebhaften Polarisationsfarben leicht zu erkennen, in basischen Schnitten durch grossen Winkel der optischen Axen charakterisirt. Er ist in fast all' den untersuchten Gesteinen in beträchtlichen Mengen vorhanden und tritt gewöhnlich in unregelmässig umrandeten, grösseren Lamellen auf. Ausserdem kommt er aber auch nicht selten in feinblättrigen Aggregaten vor, die man wohl am besten als Sericit bezeichnen wird. In dieser Ausbildungsart findet er sich gern in enger Verwachsung mit kleinen Quarzkörnchen. Die grösseren Lamellen erscheinen in quer gegen die Schieferung geschnittenen Präparaten meist parallel gestellt. Er tritt in vielen anderen Gemengtheilen als Einschluss auf, führt aber selbst nur ausnahmsweise fremde Interpositionen, unter diesen noch am meisten kleine, unregelmässig geformte Quarzkörnchen.

Ueber den Biotit ist nur wenig zu sagen. Er zeigt den bekannten starken Pleochroismus (zwischen bräunlich gelb und dunkel braun) und lässt in basischen Schnitten bei der Untersuchung im convergenten Licht erkennen, dass der Winkel der optischen Axen sehr klein ist. Man muss auch bei ihm zwei Ausbildungsarten unterscheiden. Er tritt nämlich entweder in grösseren, unregelmässig umrandeten Lamellen auf oder in Anhäufungen kleiner, gern mit Muscovit vergesellschafteter Fetzchen. Die grösseren Lamellen sind fast stets parallel der Schieferung angeordnet. Interpositionen fremder Mineralien sind selten. Es finden sich eigentlich nur Eisenerzkörnchen und kleine Zirkonkrystalle. Letztere sind häufig von dunkler gefärbten Höfen umgeben. Bisweilen scheidet er bei beginnender Zersetzung Rutilhädelchen in geringer Zahl aus. Einmal wurde eine offenbar gesetzmässige Verwachsung mit Muscovit beobachtet. Eine Lamelle des letzteren war so zwischen zwei gleich grosse Lamellen des Biotit eingeschaltet, dass die c-Axe gemeinsam, die Basis Verwachsungsfläche zu sein schien.

Wir gehen jetzt zu den accessorischen Gemengtheilen über. Der Turmalin findet sich in vielen der hierher gehörigen Gesteine in vereinzelt Kryställchen. Nur in wenigen schmalen Lagen tritt er etwas häufiger auf. Er erscheint gern in zierlichen, schlanken Säulchen, die auf dem einen Ende rhomboëdrisch begrenzt, auf dem anderen unregelmässig abgebrochen zu sein pflegen. Gewöhnlich, aber nicht immer, sind die Conturen scharf und geradlinig. Einschlüsse wurden nicht gefunden. Der Pleochroismus ist sehr lebhaft. (ϵ schwach gelblich, ω dunkel violettlich grau, mitunter auch braun.) — Chlorit wurde nur in zwei auf dem Abhang oberhalb der Sennhütte Pozzolo anstehenden Gesteinen aufgefunden, von denen das eine eigentlich mehr

phyllitischen Charakter trägt. Es ist darin ein unzweifelhaft primärer, aber nur untergeordneter Gemengtheil. Sein ganzer Habitus unterscheidet ihn von dem in echten Phylliten auftretenden Chlorit. Er erscheint in vereinzelt. basisch gut begrenzten, bis zu 0.6 mm langen Lamellen. In dem phyllitähnlichen Gestein liegen dieselben gewissermaassen porphyrisch in einem feineren Gewebe von Biotitfetzchen und sericitischem Muscovit. In dem anderen betheiligt er sich in derselben Weise an der Zusammensetzung des Gesteins wie die Glimmer. Parallel der Basis verlaufen Spaltrisse, doch sind dieselben wenig zahlreich. Der Pleochroismus ist ziemlich schwach, aber immerhin deutlich wahrnehmbar. Der Farbenwechsel geht von fast farblos, bezw. äusserst schwach grünlich bis zu hell grün. Zwischen gekreuzten Nicols zeigt er meist jenes eigenthümliche Blau, welches bei den Chloriten durch die Combination der Eigenfarbe und der niedrigen Polarisationsfarben entsteht¹⁾. Die Lichtbrechung ist sehr schwach. Die Auslöschungsrichtung geht parallel der Basis. Mitunter sind dem Chlorit winzige, unregelmässig geformte Quarzkörnchen eingelagert. — Der Apatit ist ein nie fehlender, aber fast immer nur sehr untergeordneter Gemengtheil sämmtlicher hier beschriebener Gesteine. Mitunter tritt er in den bekannten langen, quer gegliederten Säulchen auf; weit häufiger aber findet er sich in anscheinend von jenen ganz verschiedenen, meist vollkommen unregelmässig conturirten, nur selten Andeutungen kristallographischer Begrenzung aufweisenden Körnern. Die grösste Ausdehnung derselben beträgt gewöhnlich nur Bruchtheile eines Millimeters, erreicht indessen bisweilen auch 1 bis 1.5 mm, ja in einem Glimmerschiefer vom nördlichen Gehänge des Colmokaumes, nahe dem Ausgang der Foppa, bis über 3 mm Länge und 1¹/₂ mm Breite. Die Körner zeigen ziemlich regelmässig eine Absonderung quer auf ihre Längserstreckung und löschen auch parallel zu derselben aus. Sie sind nicht selten durch zahllose winzige Pünktchen ganz getrübt und erscheinen in Folge dessen dem unbewaffneten Auge in den Präparaten als weiss, während ihre eigentliche Substanz farblos durchsichtig ist. Die Lichtbrechung ist stärker als die der übrigen farblosen Mineralien dieser Gesteine, fast so stark, bei gleicher Dicke der Schnitte, wie die des Andalusits der Contactgesteine. Die Doppelbrechung ist recht schwach; in den nicht basischen Schnitten erzeugt sie das für Apatit charakteristische Grau-blau. Dass man es wirklich mit Apatit zu thun hat, beweist auch die Thatsache, dass sich die dafür gehaltenen Durchschnitte in den Präparaten leicht in heisser

¹⁾ ROSENBUSCH. Mikrosk. Physiographie, I, p. 369.

Salzsäure lösen lassen. Ausserdem wurden auch einmal die bei den verschiedenen Ausbildungsarten neben einander und durch Uebergänge mit einander verbunden beobachtet. — Eisenerz findet sich in fast all' den untersuchten Gesteinen in kleinen Mengen und zwar entweder in einzelnen unregelmässig begrenzten Körnern oder in Zusammenhäufungen solcher. Leukoxenartige Umwandlungsproducte wurden nicht beobachtet. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass Magneteisen vorliegt. Eine sichere Bestimmung der Natur des Erzes konnte nicht vorgenommen werden. — Zirkon findet sich in der bekannten Bildungsweise. Mitunter sind die Krystalle in einzelne, gegen einander verschobene Stückchen zerbrochen.

In einem Biotitgneiss aus der Valletta di Sonico wurden vereinzelte, z. Th. scharf sechseckige Durchschnitte beobachtet. Sie waren durch Zersetzung so sehr getrübt, dass sich über ihren Ursprung nichts Sicheres feststellen liess. Vielleicht sind sie aus Granat hervorgegangen.

B. Contactgesteine.

Ein Ueberblick über die hierher gehörigen Gesteine, sowie eine Besprechung mancher geologisch wichtiger Einzelheiten bezüglich ihrer Structur und mineralogischen Zusammensetzung wurde bereits gelegentlich der geologischen Schilderung gegeben. Es möge deshalb hier gleich die Beschreibung der an ihrem Aufbau beteiligten Mineralien und erst zum Schluss eine kurze zusammenfassende Darstellung der Gesteine folgen.

Als wesentliche Gemengtheile treten auf: Cordierit, Andalusit, Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Muscovit, Biotit; als accessorische, bezw nur in vereinzelten Fällen als wesentliche Gemengtheile: Sillimanit, Turmalin, Granat, Spinell, Korund, Ilmenit, Magnetit, Pyrit, Apatit, Zirkon, Rutil.

In all' den Gesteinen, in denen der Cordierit beobachtet wurde, tritt er in gänzlich farblosen, in der Grösse zwischen 0.1 mm und 2 mm variirenden Körnern auf. In den Cordierit-Contactfelsen ist die durchschnittliche Ausdehnung zwischen 0.5 mm und 0.9 mm. Daneben trifft man aber auch stets in geringeren Mengen bedeutend kleinere und umgekehrt bis zu 1.5 mm und 2 mm grosse Körner darin an. In manchen Contactgneissen, in denen er gewissermassen porphyrisch in einer Art Grundmasse von kleinen, gewöhnlich nur 0.1 mm erreichenden Quarz und Feldspathkörnern, sowie Biotitblättchen liegt, ist seine durchschnittliche Grösse 1.5—2 mm. In den anderen Contactgneissen und Contact-Glimmerschiefern hat er dieselbe Ausdehnung wie die übrigen Gemengtheile. Die Spaltbarkeit nach $\infty \bar{P} \infty$ äussert sich

nur selten durch meist nicht ganz regelmässig verlaufende, parallele Risse. Was die Formenausbildung der einzelnen Individuen betrifft, so sind krystallographisch gut begrenzte Körner nur dort häufiger vorhanden, wo der Cordierit in den Contactfelsen mit Quarz zusammen auftritt. Der letztere füllt dann gern die unregelmässigen Räume zwischen den Krystallflächen der verschiedenen Cordieritkörner aus. Dort aber, wo diese allein dicht an einander gedrängt liegen oder wo sie mit Feldspath, Andalusit, und Glimmer zusammenstossen, pflegt die Umrandung eine unregelmässigere zu sein. Dennoch springt die Begrenzungslinie nicht so ganz regellos aus und ein, wie dies von den Quarzen und Feldspathen der normalen Gneisse beschrieben wurde. Geradliniger oder gleichmässig gebogener Verlauf der Umrandung herrscht vor. Die besser contourirten Individuen liefern selten sechsseitige, meist rechteckige bis quadratische Formen. Bei den letzteren sind gern die Ecken abgestumpft oder unregelmässiger abgerundet, Verzwillingung ist sehr häufig, meist aber nicht so typisch ausgebildet, wie in den von HUSSAK ¹⁾, v. LASSAULX ²⁾, DITTMAR ³⁾, VOGELSANG ⁴⁾ und anderen beschriebenen Cordieriten der vulcanischen Auswürflinge bez. Schiefereinschlüsse in Eruptivgesteinen. Im Allgemeinen äussert sie sich nur dadurch, dass im gewöhnlichen Licht vollkommen einheitlich erscheinende Körner im polarisirten Licht in zwei oder mehrere Felder zerfallen; dabei verläuft die Begrenzungslinie dieser letzteren durchaus nicht immer ganz regelmässig. In vielen Fällen entsendet das eine Individuum Zahn- oder Band-artige Fortsätze in das andere hinein, vergl. Figur 1. Diese Erscheinung äussert sich dann bei anderer



¹⁾ E. HUSSAK. Ueber den Cordierit in vulkanischen Auswürflingen. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch., Wien, I. Abth., April 1883; vergl. auch N. Jahrb. für Mineral. etc., 1885, II, p. 81: Ueber die Verbreitung des Cordierits in Gesteinen.

²⁾ A. v. LASSAULX. Ueber Cordieritzwillinge in einem Auswürfling des Laacher See's. Zeitschr. f. Krystallogr., 1883, Bd. VIII.

³⁾ C. DITTMAR. Mikrosk. Untersuchung der aus krystallinen Gesteinen, insbesondere der aus Schiefer herrührenden Auswürflinge des Laacher See's. Verh. d. naturh. Vereins f. Rheinland u. Westfalen, 1887, p. 502—503.

⁴⁾ KARL VOGELSANG. Beiträge zur Kenntniss der Trachyte und Basalte der Eifel. Diese Zeitschr., 1890, p. 26.

Lage der Schmittebene des Präparates dadurch, dass man bei gekreuzten Nicols mitten in einem sonst einheitlichen Krystall mehrere kleine, scharf begrenzte, meist polygonale Felder erkennt, die sämmtlich die gleiche optische Orientirung haben. Sie sind jedenfalls nichts weiter als quer gegen ihre Längserstreckung geschnittene Ausläufer eines ursprünglich oberhalb oder unterhalb der jetzigen Schmittebene des Präparates gelegenen zweiten Zwillinge - Individuums, vergl. Figur 2. Häufig sind kleinere und grössere Körner, die durch eine gerade verlaufende Naht in zwei verschiedenen polarisirende Theile zerlegt werden, vergl. Figur 3. Einmal wurde ein typisch ausgebildeter Juxtapositionsdrilling beobachtet, den Figur 4 darstellt. Endlich gelang es in einem besonders günstigen Fall auch die Lage der Zwillingsebene mit Sicherheit zu bestimmen. Der betreffende Schnitt ist unregelmässig rundlich begrenzt und durch eine gerade verlaufende Zwillinge - naht in zwei verschiedenen polarisirende Felder zerlegt. In jedem dieser beiden Felder beobachtet man im convergenten polarisirten Licht das Axenbild des Cordierits, wobei die Axenebenen um 60° gegen einander verwendet sind. Dem entsprechend bilden auch die Auslöschungsrichtungen im parallelen polarisirten Licht gleichfalls einen Winkel von 60° mit einander. Das sind aber ganz genau die Verhältnisse, welche beim Cordierit basischen Schnitten durch nach ∞P zerzwillingte Individuen zukommen. — Mitunter ist es in Präparaten, die aus ganz frischen Gesteinsstücken angefertigt sind, nicht möglich, verzwilligte Krystalle von solchen, welche regellos neben einander gelagert sind, aber eine gerade Begrenzungslinie besitzen, mit Sicherheit zu unterscheiden. Wo aber die Zersetzung des Cordierits nur ein wenig begonnen hat, da wird sofort der Unterschied zwischen gesetzmässig und nur zufällig an einander gelagerten Krystallen erkennbar. Die Zersetzung folgt nämlich stets mit Vorliebe zunächst den Krystallgrenzen und Spaltrissen, verschont aber die Zwillingstracen, weil an diesen, wenn man so sagen darf, das Gefüge des Krystalls nicht lockerer ist als an beliebigen anderen Stellen. Dringt sie aber endlich in das Innere der Krystalle ein, so sind aus dem gleichen Grunde die Zwillingstracen durchaus nicht etwa bevorzugte Richtungen ihres Fortschreitens. Sehr häufig kann man sogar beobachten, dass sie von den Strängen der Zersetzung durchzogen werden, ohne irgend welchen Einfluss auf die Richtung und den Verlauf derselben auszuüben.

Bei den Umwandlungsvorgängen selbst bilden das hauptsächlichste zuerst entstehende Product grünliche, faserige, pinitische Substanzen, die die Krystalle umranden und in Form von Strängen durchziehen, wobei sie gern zwei senkrecht auf

einander stehenden Richtungen folgen. Von den Hauptsträngen gehen nach den Seiten kleinere secundäre aus, die immer weiter in den Krystall hineinwachsen, bis schliesslich die ursprüngliche Substanz desselben vollständig aufgezehrt ist. Dabei bleiben die Krystallconturen gut erhalten, und man erkennt erst bei gekreuzten Nicols an der Aggregatpolarisation, dass man nicht mehr eine einheitlich orientirte Substanz vor sich hat. Aus den wohl pinitischen Umwandlungsproducten bildet sich, wie es scheint, durch einen neuen secundären Vorgang Muscovit heraus. Dabei findet oft eine Ortsveränderung der umgewandelten Substanz statt, und es sind dann auf allen Spaltenräumen des Gesteins zahlreiche grosse Muscovitblätter angesiedelt. Andererseits trifft man aber auch mitunter an der Stelle des ursprünglichen Cordieritkrystalls ganz feinfaserige Muscovitgewebe, die man wohl am besten als Sericit bezeichnet. Eine sicher directe Umwandlung des Cordierits in Sericit konnte nicht constatirt werden. Neben der beschriebenen Zersetzung kommt auch, obgleich bedeutend seltener, eine andere Art der Umwandlung vor, bei der Serpentin-ähnliche, meist gelb oder gelb-braun gefärbte, nicht faserig, wie der Pinit, struirt, sondern einheitliche Producte entstehen.

Von den Biotit-Interpositionen des Cordierits haben wir schon ziemlich ausführlich bei der Beschreibung der hauptsächlich durch sie erzeugten Contactstructur gesprochen. Es möge hier nur noch kurz einiger Einzelheiten gedacht werden, welche dort der Uebersichtlichkeit halber nicht mit aufgeführt wurden. Die Biotitblättchen besitzen durchschnittlich nur ein oder wenige Hundertstel Millimeter Ausdehnung, erreichen sogar mitunter noch nicht einmal diese Dimensionen. Dabei haben sie so geringe Dicke, dass selbst in dünnen Präparaten nicht selten zwei oder drei unter einander liegen und bei der Verschiebung des Tubus nach einander sichtbar werden. Diejenigen unter ihnen, welche längliche, und besonders die, welche rechteckige Gestalten besitzen, sind recht oft parallel zu den Krystallaxen des Cordierits angeordnet. Ausser dem Biotit wurden noch eine Reihe anderer Mineralien als Einschlüsse in dem Cordierit aufgefunden, treten aber viel seltener auf als jene und unterscheiden sich im Allgemeinen nicht durch ihre Formen von den Einschlüssen, welche im Cordierit normaler archaischer Gesteine aufzutreten pflegen. Vor Allem sind Titaneisen, Sillimanit und Zirkon zu erwähnen. Das Titaneisen trifft man meist in frischen, opaken, selten nur in umgewandelten und dann Leukoxen bildenden Körnern an. Magnetit dürfte, nach dem hohen Titansäuregehalt zu urtheilen, welchen die oben angeführte Analyse ergab, meist nicht daneben vorhanden sein. Im Allgemeinen haben die Körner des Erzes

unregelmässige Gestalt; nur in dem Cordierit der aus dem Granat-Tonalit stammenden Einschlüsse herrschen lang stabartige Formen vor. Der Sillimanit findet sich entweder massenhaft in dichten Büscheln oder aber in vereinzelt, sehr häufig parallel zu den krystallographischen Axen des Cordierits eingelagerten, laugen Nadeln. Nur selten sind dieselben undeutlich pyramidal begrenzt, meist unregelmässig endend. Querabsonderung ist nicht häufig wahrzunehmen und jedenfalls viel seltener als beim Apatit. Der Zirkon tritt bald in gut krystallisirten, scharfen, kleinen Säulchen, bald in mehr oder minder unregelmässig begrenzten Körnern auf; er ist fast stets von den bekannten gelben, pleochroitischen Höfen umgeben, deren Farbenintensität in der Stellung am grössten ist, in welcher eine Elasticitätsaxe des Cordierits mit der Schwingungsrichtung der Polarisators zusammenfällt. Auch Quarzkörnchen sind mitunter in dem Cordierit eingeschlossen und besitzen dann meist dieselben rundlichen Gestalten, wie sie den Quarzeinschlüssen des faserigen Orthoklas eigenthümlich sind. Andalusitkörnchen wurden nur in vereinzelt, seltenen Fällen als Interpositionen beobachtet. Sie sind stets ganz unregelmässig umgrenzt. Schliesslich sind noch Spinell, Korund und Rutil als Einschlüsse zu erwähnen. Der Rutil und der Korund wurden nur in den Cordieriten der aus dem Granat-Tonalit stammenden Varietät aufgefunden. Ersterer tritt in dünnen, roth-braunen Säulchen zusammen mit den oben erwähnten Ilmenitstäbchen auf. Den Korund und den Spinell werden wir erst später besprechen, da sie auch noch in anderen Mineralien und ferner auch selbstständig ganz in derselben Ausbildungsweise vorkommen. Glas- und Flüssigkeitseinschlüsse wurden niemals constatirt.

Es bleibt uns jetzt nur noch übrig, kurz auf die optischen Eigenschaften einzugehen, welche an dem Cordierit beobachtet wurden und theilweise die besten diagnostischen Merkmale für seine Wiedererkennung in den verschiedenen Gesteinen gewährten. Seiner rhombischen Natur entsprechend ergab sich die Auslöschung in all' den Schnitten als gerade, in welchen auf irgend eine Weise ein Anhaltspunkt zur Bestimmung der Auslöschungsrichtung gegeben war, sei es nun durch Krystallconturen oder durch Spalt- risse, sei es durch Richtungen, in denen die Zersetzung fortschreitet oder durch geradlinig parallele Anordnung von Interpositionen. Im convergenten polarisirten Licht wurden die Merkmale optisch - zweiaxiger Krystalle mit grossem Winkel der optischen Axen beobachtet. Die Lichtbrechung ist schwach. Dass sie sehr annähernd mit der des Canadabalsams übereinstimmt, trat deutlich hervor, als Splitterchen des Minerals, die mit THOULET'scher Flüssigkeit isolirt worden waren, in den Balsam eingebettet wur-

den. Im gewöhnlichen Licht sah man ausser den Partikelchen, welche durch Verunreinigung mit nicht zu entfernendem Biotit sofort sichtbar waren, nur noch sehr wenige Körnchen innerhalb des Gesichtsfeldes. Setzte man aber den oberen Nicol in gekreuzter Stellung auf, so erschien dasselbe plötzlich ganz erfüllt mit kleinen, bunt polarisirenden Splitterchen und Körnchen. Die Doppelbrechung hat ungefähr dieselbe Stärke, wie bei dem Quarz, von dem er daher auch durch die Interferenzfarben nicht unterschieden werden konnte. Der charakteristische Pleochroismus war selbst in dickeren Präparaten niemals wahrnehmbar. Es wurde daher der Versuch gemacht, ihn in der bekannten, zuerst von Božický¹⁾ angegebenen Weise künstlich zu erzeugen. Zu dem Zweck wurden einzelne Stücke von Präparaten vom Objectträger gelöst und auf Platinblech geglüht. Die besten Resultate erhielt ich bei schwachem, aber anhaltendem Glühen. Es gelang dann, einen recht intensiven Pleochroismus hervorzubringen, dessen Farbenwechsel von gelblich weiss bis zu hell blau ging. Durch die hierbei angewendete Temperatur wurden die pleochroitischen Höfe rings um die Zirkonkrystalle bereits vollkommen zerstört. Bei sehr lange fortgesetztem, kräftigerem Glühen verschwand der Pleochroismus wieder. Es trat dabei aber eine andere Erscheinung auf, die man zur Unterscheidung des Cordierits von Quarz und Feldspath benutzen kann. Während nämlich diese beiden Mineralien klar und frisch bleiben, bräunt sich der Cordierit in einer ganz eigenthümlichen Weise. Freilich ist die Bräunung nur schwach, aber sie reicht vollkommen aus, um jene Unterscheidung mit Sicherheit vornehmen zu können. Der Cordierit erscheint in solchen Präparaten nach dem Glühen wie mit einem feinen, braunen Pulver überstreut; seine bereits zersetzten Stellen aber färben sich durch Ausscheidung ihres Eisengehaltes dunkel braun. Wahrscheinlich beruht die ganze Erscheinung darauf, dass schon vor dem Glühen auch in der anscheinend unveränderten Substanz zahlreiche, winzige, zersetzte Partikelchen liegen, die wegen ihrer hellen Farbe und ihrer geringen Dimensionen leicht ganz zu übersehen, bezw. mit Interpositionen zu verwechseln sind. Beim Glühen verhalten sie sich dann nicht anders, als jene grösseren, nachweislich zersetzten Partien; sie scheiden nämlich dunkle Eisenverbindungen aus, die durch die grosse Anzahl der einzelnen dunklen Pünktchen dem ganzen Durchschnitt eine eigenthümlich bräunliche Färbung geben. Ganz dieselben Phänomene wurden bei einer Reihe von Versuchen wahrgenommen, die mein

¹⁾ Elemente einer neuen, chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteins-Analyse, Prag 1877.

Freund Dr. KARL VOGELSANG in Gemeinschaft mit mir, übrigens hauptsächlich zu anderen Zwecken, anstellte. Genauerer darüber vergleiche man in seiner bereits oben (p. 511) citirten Arbeit, p. 45 — 46.

An diesem Orte führe ich nur soviel an, als für die hier vorliegende Arbeit in Betracht kommt. Die Versuche bestanden darin, dass Stückchen von Cordieritgneiss von Lunzenau und von Cordierit-Contactfels der Foppa in Andesitpulver eingebettet und bei sehr hohen Temperaturen partiell eingeschmolzen wurden. Es stellte sich dabei heraus, dass mitunter, offenbar bei nicht sehr starker Einwirkung des Andesitmagmas einzelne Cordieritkörner künstlichen Pleochroismus erhielten. Gewöhnlich aber war davon in den Präparaten nichts mehr zu sehen. Dafür fand dann eine ziemlich reichliche Ausscheidung von dunklen Eisenverbindungen und zwar besonders auf den Spalten und an den Rändern des Cordierits statt.

Einen chemischen Nachweis für die Cordieritnatur des vorliegenden Minerals lieferte die oben angeführte Bauschanalyse eines Cordierit-Contactfelses, der sehr biotitarm ist und ausser dem Biotit und dem Cordierit kein einziges Magnesia enthaltendes Silicat führt. Der hohe Gehalt an Magnesia (5,46 pCt.) verweist daher unbedingt auf Cordierit.

Noch auf eine höchst eigenthümliche Erscheinung möchte ich hier eingehen, die wohl allgemeineres Interesse verdient. Der Cordierit wurde in Eruptivgesteinen bisher in drei verschiedenen Arten des Auftretens beobachtet, erstens nämlich als unzweifelhaft aus dem Schmelzfluss auskrytallisirter Gemengtheil¹⁾, zweitens als ursprünglicher Gemengtheil fremder, von dem Eruptivmagma umschlossener Felsarten²⁾, drittens als randliche Neubildung rings um ursprünglich cordieritfreie Gesteinsbrocken³⁾. In diesem letzteren Fall verdankt er seine Entdeckung anschei-

¹⁾ Hierher gehört der Cordierit der Granite, der allerdings wohl stets bereits zersetzte Cordierit der Quarzporphyre und z. Th. der Cordierit der von SZABÓ und OSANN beschriebenen jung-eruptiven Gesteine.

²⁾ Hierzu gehören die Cordierit führenden Auswürflinge des Laacher See's, welche von HUSSAK, v. LASAULX, WOLF und DITTMAR beschrieben wurden, die neuerdings von VOGELSANG untersuchten Bruchstücke von Cordieritgesteinen in Andesiten und Trachyten des Siebengebirges und der Eifel, z. Th. die von OSANN und GERHARD VOM RATH, vielleicht auch z. Th. die von SZABÓ beschriebenen Gesteine.

³⁾ Nur einmal beobachtet von PROHASKA.

Anmerkung. Genauere Angaben über diese Publicationen enthält die bereits mehrfach citirte Arbeit von K. VOGELSANG.

nend der Mischung des eruptiven Magmas mit der partiell zur Einschmelzung gelangten Substanz der Einschlüsse.

Sieht man ab von dem unter 1. aufgeführten Cordierit, der als Gemengtheil der Granite auftritt, und bei dem allerdings andere Verhältnisse maassgebend zu sein scheinen¹⁾ so sind all' den übrigen genannten Vorkommnissen des Cordierits nach den darüber vorliegenden Beschreibungen gewisse Eigenthümlichkeiten mehr oder minder gemeinsam. Vor Allem ist es das Fehlen der bekannten gelben, pleochroitischen Höfe. Ferner übertrifft der Pleochroismus dieser aus Eruptivgesteinen stammenden oder von ihnen umschlossenen Cordierite, wie ROSENBUSCH²⁾ hervorhebt, bei weitem den, welchen man an den Cordieriten der Contacthöfe und der normalen krystallinen Schiefer beobachtet. — Dagegen verhalten sie sich in Bezug auf das Auftreten von Interpositionen³⁾ und die Art derselben allerdings ganz verschieden. In dem erst-erwähnten Fall führt der Cordierit Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse oder er ist einschlussfrei, in dem zweiten enthält er aber gern auch Interpositionen von Glas. HUSSAK's Auffassung von der „unzweifelhaft primären Natur“ der Glaseinschlüsse in dem Cordierit der von ihm untersuchten Laacher Auswürflinge dürfte wohl durch die Arbeiten von V. LASAULX, DITTMAR und VOGELSANG widerlegt sein.

Offenbar liegt nun in den bereits mehrfach von uns besprochenen Einschlüssen von Cordierit-Contactfels in dem Granat führenden Tonalit der Foppa eine ganz neue, mit den drei erwähnten nicht übereinstimmende Ausbildungsweise vor. Der Cordierit hat nämlich in diesen Einschlüssen zweifellos dieselbe Genesis wie in der Hunderte von Metern breiten Contactzone, die den Tonalit ringsum begleitet. Das heisst, er ist durch dieselben Agentien, welche ihn in jenen, zum allergrössten Theil niemals mit dem eruptiven Magma in Berührung gekommenen Gesteinen erzeugt haben, auch in den Einschlüssen gebildet worden, nicht etwa wie in dem von PROHASKA beschriebenen Fall durch Vermischung des eruptiven Magmas mit zur Einschmelzung gelangter Substanz der Einschlüsse. Ganz dasselbe gilt ferner für die oben nur kurz erwähnten Einschlüsse von Cordieritkör-

¹⁾ Vergl. BARROIS. Sur le massif granitique de Huelgoat. Bull. soc. géol. (3), XIV, 1886, p. 808: „On ne peut admettre que le phénomène des auréoles polychroïques soit limité aux cordiérites des schistes cristallins; car il présente la plus grande netteté dans le cordiérite du granite dévonien de tout ce massif du Huelgoat.“ (In der Bretagne.)

²⁾ Mikrosk. Physiogr., Bd. I, p. 416.

³⁾ Von den mineralischen Interpositionen wird hier abgesehen.

nern und Cordierit-Contactfels-Bruchstücken in dem gangförmigen Tonalit und endlich von den Bruchstücken von Biotit - Cordierit-gesteinen in dem Quarz-Diorit des Val Moja. Bemerkenswerther Weise stimmt der Cordierit dieser Einschlüsse in allen Eigenschaften mit dem Cordierit des Contacthofes und der Contacthöfe überhaupt überein. Das heisst, er führt gelbe, pleochroitische Höfe rings um Zirkonkrystalle, enthält niemals Glaseinschlüsse und ist selbst in dickeren Präparaten ganz farblos, ohne jede Spur von Pleochroismus. Ganz dasselbe beobachtete ich auch in Schliffen, die, aus Contactstücken angefertigt, auf der einen Seite aus Cordierit-Contactfels, auf der anderen aus Tonalit bestehen, selbst in den unmittelbar dem Eruptivgestein benachbarten Cordieritkörnern. Es ist das sehr auffällig, da man wohl a priori für derartige erst in dem Eruptivmagma durch die contact-metamorphischen Agentien gebildeten Cordierite erwarten würde, dass die Temperatur auch nach erfolgter Ausbildung noch hoch genug sein müsste, um die durch organische Substanzen erzeugten Höfe zu zerstören und dem Cordierit den bekannten Pleochroismus zu ertheilen. Noch auffälliger ist es aber, wenn man bedenkt, dass es bei den oben erwähnten Glüh- und Einschmelzungsversuchen ganz leicht und mühelos gelang, in dem vollkommen übereinstimmenden Cordierit der benachbarten Contactfelse den Pleochroismus zu erzeugen und die organischen Höfchen zu zerstören. Die Thatsachen entsprechen demnach in diesem Falle nicht den Erwartungen. Man muss sich damit begnügen, die ersteren zu verzeichnen. Eine Erklärung wird man aber wohl erst dann dafür geben können, wenn man beobachtet haben wird, was für eine Beeinflussung Fragmente von praexistirenden Cordieritgesteinen erleiden, die schon als solche von den Magmen von Tiefengesteinen umschlossen wurden. Schon jetzt kann man indessen sagen, dass die oben angeführte Beobachtung BARROIS' dafür spricht, dass die ja noch sehr unbekannten physikalischen Zustände, welche in den Magmen von Tiefengesteinen herrschen, die Bildung bzw. Erhaltung der pleochroitischen Höfe des Cordierits gestatten. Einschmelzungen in kleinem Maassstabe im Laboratorium vorgenommen oder Beobachtungen, die an den Einschlüssen von Ergussgesteinen angestellt wurden, können zur Vergleichung mit den in unserem Falle beobachteten Vorgängen nicht herangezogen werden.

Der Andalusit tritt bald in compacteren, mehrere Millimeter langen und ungefähr 1 mm breiten, dick säulenförmigen Krystallen auf, bald in starken bis 6 mm langen, aber nur Bruchtheile eines Millimeters breiten Nadeln, die gewöhnlich in paralleler Anordnung zu einem Bündel aggregirt sind. Zwischen bei-

den Ausbildungsweisen existiren Uebergänge. Fast immer sind die Individuen in der Verticalzone scharf umrandet. Die prismatische Spaltbarkeit äussert sich in den Längsschnitten durch zahlreiche geradlinig verlaufende, parallele Risse, in den quadratisch geformten Querschnitten durch zwei Systeme senkrecht auf einander stehender Spalten, die den ganzen Krystall in mehr oder weniger regelmässig ausgebildete kleine Quadrate zerlegen. Die Auslöschung geht im letzteren Fall parallel der Diagonale der Quadrate, im ersteren parallel der Krystallcontur und der Spaltung, ist also gerade. Im convergenten polarisirten Licht wurden in den Querschnitten das Interferenzbild optisch zweiaxiger Krystalle mit grossem Winkel der optischen Axen beobachtet. Selbst in dünnen Präparaten war der dem Andalusit eigenthümliche Pleochroismus ($c = \text{rosaroth}$, a und $b = \text{farblos}$) meist noch wahrnehmbar. Sehr häufig ist die besonders von v. JOHN¹⁾ eingehend beschriebene Erscheinung, dass der Pleochroismus auf einen bestimmten Fleck in dem Krystall concentrirt ist, während die übrige Krystallmasse farblos erscheint. Die pleochroitischen Flecke sind oft, wenigstens theilweise, krystallographisch begrenzt und häufig in der Richtung der c -Axe in die Länge gezogen. Ein Zusammenhang mit Mineral-Interpositionen wurde niemals beobachtet. In Folge der starken Lichtbrechung des Andalusits tritt sein Relief stark und deutlich hervor. Seine Interferenzfarben sind lebhafter als die des Cordierits und des Quarzes. Bei der Zersetzung geht er in feinfaserige, sericitische Aggregate über, die die Krystallformen noch vollständig bewahren. Es ist mitunter nicht leicht, diese Umwandlungsproducte von denen des Cordierits zu unterscheiden. Uebrigens ist zu bemerken, dass im Allgemeinen bei dem Andalusit die Zersetzung mehr gleichmässig von den Rändern nach innen fortschreitet, in dem Cordierit aber gern durch vorausgesandte Stränge ein eigenthümliches Maschenetz erzeugt, das mehrere kleine, ursprünglich zusammenhängende, noch unzersetzte Kerne enthält, ähnlich wie man es bei der Umwandlung von Olivin in Serpentin beobachtet. — Was die Interpositionen des Andalusits betrifft, so ist bereits bei der geologischen Beschreibung erwähnt worden, dass der Andalusit durch Aufnahme zahlreicher Partikel anderer Mineralien, besonders Quarz, Eisenerz und Biotit, häufig eine förmliche Skelettstructur annimmt. Mitunter äussert sich das in der Weise, dass man bei der Betrachtung im gewöhnlichen Licht im Ge-

¹⁾ F. TELLER und C. v. JOHN. Geol.-petrogr. Beiträge zur Kenntniss der dioritischen Gesteine von Klausen, p. 664. J. d. k. k. R.-A., 1882.

sichtsfelde des Mikroskops eine grössere Anzahl unregelmässig begrenzter, von Quarz und Feldspath-Aggregaten getrennter Andalusitpartieen wahrnimmt, die scheinbar unter einander in keinerlei Beziehung stehen. Erst im polarisirten Licht erkennt man an der identischen optischen Orientirung all' dieser Körner und Fetzen, dass sie nur Theile eines einzigen grossen Krystalls sind, dessen einzelne Partieen in Folge seiner skelettartigen Ausbildung innerhalb der Ebene des Präparates gar keinen Zusammenhang mehr besitzen. Im Allgemeinen sind indessen die Interpositionen weniger zahlreich und gross, und der Zusammenhang der Andalusitkrystalle ist dann nicht in dem Maasse gestört. Wenn sich dann ausserdem noch Biotitblättchen und Eisenerzpartikelchen als Einschlüsse einstellen, so wird die Aehnlichkeit mit der bei dem Cordierit beschriebenen Structur deutlich und zweifellos. Sehr viel seltener als in der geschilderten Art und Weise tritt der Andalusit in kleineren, unregelmässig begrenzten Körnern auf. Er kommt dann auch bisweilen selbst als Einschluss in anderen Mineralien vor, z. B. im Cordierit und im Plagioklas.

Der Quarz tritt als wesentlicher Gemengtheil in sämmtlichen Contact-Gneissen und -Glimmerschiefern und in den meisten Cordierit-Contactfelsen auf. In manchen Varietäten dieses letzteren ist er indessen nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Er findet sich dann theils in einzelnen, unregelmässig durch das Gestein verstreuten Körnern, theils in unbedeutenden kleinen Linsen. In Bezug auf Form und Grösse habe ich wesentliche Unterschiede gegenüber dem Quarz der unveränderten Gneisse und Glimmerschiefer nicht wahrnehmen können. Flüssigkeitseinschlüsse führte er zwar nie in grosser Menge, aber doch regelmässig und in kleiner Zahl selbst in dicht neben dem Contact geschlagenen Gesteinen. Nicht gerade selten umschliesst er Biotit- und Muscovitblättchen; niemals aber kommt es bei ihm in diesen Gesteinen bis zur Ausbildung jener Contact-structur des Cordierits und Andalusits. In den Cordierit-Contactfelsen ist es sogar ganz auffällig arm an Einschlüssen. Dennoch geht schon aus der oben besprochenen Art seiner Begrenzung dem Cordierit gegenüber mit Sicherheit hervor, dass er in den Contactfelsen wenigstens z. Th. als Neubildung aufzufassen ist ¹⁾.

¹⁾ Es ist auffällig, dass die Ausbildungsweise des Quarzes in den hier untersuchten Gesteinen so sehr von der von SAUER (l. c.) beschriebenen des Quarzes der Meissener Contactgesteine abweicht, obwohl diese in so vielen anderen Punkten vollständige Analogieen aufweisen. Es erweckt das den Anschein, als ob in sehr cordieritreichen Contactgesteinen der Cordierit die Stelle des Quarzes gewissermaassen vertritt.

Er selbst findet sich sehr häufig als Einschluss in anderen Mineralien und zwar mit Vorliebe in dem Andalusit und dem faserigen Orthoklas, demnächst im Cordierit, seltener im Muscovit, Biotit, Turmalin. Die Art und Weise seiner Ausbildung in all' diesen Mineralien ist bereits in dem geologischen Theil der Arbeit genau beschrieben worden. — Erwähnt sei nur noch, dass er in manchen sillimanitreichen Contactgneissen oft von den Nadeln dieses Minerals durchspickt wird.

Der Feldspath der Contactgneisse gehört zum allergrössten Theil dem Orthoklas an, wie die recht geringe Zahl der polysynthetisch verzwilligten Körner beweist. Dagegen ist er in den Contactfelsen fast ganz und gar zum Plagioklas zu rechnen. In Bezug auf Gestaltung und Grösse der Individuen unterscheidet er sich nicht von dem Feldspath der unveränderten Gneisse. Neben dem gewöhnlichen Orthoklas tritt jene bereits wiederholt erwähnte faserig erscheinende Varietät desselben auf, die in den normalen Gneissen niemals beobachtet wurde. In ihr erscheint das, was bei schwacher Vergrösserung einer Faser gleicht, bei 100facher Vergrösserung als zarte, parallel zu den übrigen „Fasern“ angeordnete Linie. In Krystallen aber, welche sich bereits zu zersetzen beginnen, lösen sich diese Linien in Reihen von winzig kleinen, dicht neben einander liegenden, dunklen Körnchen auf. Oft beobachtet man randlich schon Körnelung, während in dem frischen Inneren die Faser noch ganz homogen erscheint. Andererseits erkennt man selbst in anscheinend ganz frischen Krystallen bei 800facher Vergrösserung, dass die Fasern auch dort häufig schon aus Körnchenreihen bestehen. Es war mir nicht möglich, mit völliger Sicherheit zu entscheiden, ob man die Erscheinung auf ursprünglich homogene, erst durch Zersetzung körnelig werdende Substanz zurückzuführen hat, die in Form von schmalen Lamellen eingeschaltet ist, oder ob die Körner als primäre Einlagerungen in den Feldspath aufzufassen sind. Indessen ist diese letztere Annahme unsicher. Eine Aehnlichkeit mit Mikroperthit ist nicht vorhanden. Bemerkenswerth ist es, dass gerade in diesem faserigen Feldspath die Contactstructur stets sehr schön ausgebildet ist, während sie dem gewöhnlichen Orthoklas und dem Plagioklas ganz fehlt. Der gewöhnliche Orthoklas führt dagegen nicht selten zahlreiche Einschlüsse von Biotit, Muscovit und anderen Mineralien, erhält aber niemals dadurch eine Structur, die ihm mit dem metamorphen Orthoklas verwechseln liesse. Der Plagioklas ist meist einschlussfrei. Der oben erwähnte Fall, dass grössere Plagioklaskrystalle eines Contactgneisses zahlreiche Interpositionen von Andalusit, Sillimanit und Biotit enthalten, steht ganz isolirt

da. Bezüglich der Vertheilung der beiden Orthoklasarten ist zu bemerken, dass in den zur Untersuchung gelangten Stücken gewöhnlich nur eine der beiden Varietäten beobachtet wurde. — Mikroskopische Verwachsung von Quarz und Orthoklas zu Schriftgranit, die granophyrische Structur ROSENBUSCH's, wurde in einigen vereinzeltten Präparaten wahrgenommen, ist aber nicht sehr verbreitet.

Der Biotit ist eines der am meisten an der Zusammensetzung der Contactgesteine beteiligten Mineralien. In den Contact-Gneissen und -Glimmerschiefern überwiegt er den Muscovit bei Weitem, in den Contactfelsen verdrängt er ihn ganz und gar. Einerseits findet er sich selbstständig, zwischen den Körnern der übrigen Gemengtheile eingeschaltet, andererseits in den beschriebenen winzig kleinen Blättchen, welche durch ihr Auftreten dem Cordierit fast ausschliesslich, dem Andalusit und dem faserigen Orthoklas z. Th. jene charakteristische Structur verleihen. Was die grösseren Blätter betrifft, so habe ich keinen Unterschied in Bezug auf Gestaltung und Umrandung gegenüber dem Biotit der unveränderten Gesteine wahrnehmen können. Nur ausnahmsweise führen sie Einschlüsse und zwar hauptsächlich von Eisenerz und Zirkon: nur in ganz vereinzeltten Fällen und zwar in Gesteinen, die sehr reich an dem faserigen Orthoklas sind, auch von Quarz. Die optischen Eigenschaften sind durchaus normal. Er besitzt denselben starken Pleochroismus wie in den unveränderten Gesteinen. Die Untersuchung im convergenten, polarisirten Licht ergab geringe Grösse des Winkels der optischen Axen und unter Benutzung der durch künstlich erzeugte Schlagfiguren gegebenen Orientirung parallele Stellung der Axenebene zu dem Klinopinakoid. Bei eintretender Zersetzung scheidet er nicht selten Rutilnadelchen aus.

Der Muscovit ist nicht verschieden von dem Muscovit der unveränderten Gneisse und Glimmerschiefer. Als primärer Gemengtheil wurde er in den eigentlichen Contactfelsen nicht beobachtet. Dagegen tritt er in den Gesteinen der äusseren Contactzone mitunter, in ziemlicher Menge neben dem Biotit auf. Secundär findet er sich in den meisten zersetzten Andalusit- und Cordieritgesteinen und zwar entweder in grossen Krystallblättern oder in feinfaserigen, sericitischen Geweben. Ausnahmsweise trifft man ihn in manchen Gesteinen, die sehr reich an dem faserigen Orthoklas sind, von Quarzkörnchen durchbrochen. Er ist dann möglicher Weise gleichfalls als eine Neubildung aufzufassen, obwohl er im Allgemeinen entschieden zu den noch aus den ursprünglichen Gesteinen erhaltenen Gemengtheilen gehört.

Der Sillimanit findet sich hauptsächlich in der beschriebenen Weise als Einschluss im Cordierit. Ausserdem kommt er aber auch noch in manchen Turmalin führenden Contactgneissen in mächtigen Büscheln und Zügen vor, die theils zwischen den übrigen Mineralien hindurchziehen, theils dieselben durchdringen und erfüllen. Besonders gilt das von dem Biotit, welcher hier ganz in der Weise, wie es SAUER (l. c., p. 45) von gewissen Contactgesteinen der Meissener Gegend beschrieb, „mitunter bis zur fast vollständigen Verdrängung seiner Substanz“ damit imprägnirt ist. Aber auch im Quarz tritt er gern in Form von dichten Büscheln und einzelnen Nadeln auf. Einmal wurde er auch in grösseren Plagioklaskrystallen als Einschluss beobachtet.

Den Turmalin trifft man in vielen Gesteinen der äusseren Contactzone in vereinzelter Säulchen. In grösseren Mengen findet er sich an einer bestimmten Stelle des Piccolokammes und zwar in einem Cordierit-Contactgneiss, einem Andalusit-Contactgneiss und einem cordierit- und andalusitfreien Contactgneiss, die mit einander wechsellagern, ferner auch in einem an den Felsen der Thalstufe in der Foppa geschlagenen Contactgneiss. Fast all' diese Gesteine sind sehr sillimanitreich. In den eigentlichen Cordierit-Contactfelsen wurde er bisher nicht beobachtet. Meist tritt er selbstständig auf; ausnahmsweise trifft man ihn aber auch als Einschluss im Cordierit und Feldspath. Gewöhnlich erreichen seine Krystalle nur Bruchtheile eines Millimeters an Länge. Sie pflegen scharf und deutlich ausgebildet zu sein und sind gern auf der einen Seite rhomboëdrisch begrenzt, während die andere unregelmässig endet. In Querschnitten beobachtet man mitunter die charakteristischen neunseitigen Formen seiner Säulen. Die Axenfarben sind lichtgelb und ganz dunkel braun. In manchen Contactgneissen, die an dem neu gebildeten und durch die beschriebene Structur ausgezeichneten faserigen Orthoklas reich sind, umschliesst auch er, wie bereits erwähnt, mitunter Quarzkörnchen. Ueber seine Vertheilung in den Contactgesteinen im Grossen wurde bei der geologischen Beschreibung ausführlicher gesprochen.

Das Auftreten des Granats ist ein sehr beschränktes. In grösseren Mengen fand ich ihn nur in einem Cordierit-Contactfels neben dem Tonalit des Colmokammes. Dort erreichen seine Individuen fast 1 cm Durchmesser, sind, wenn kleiner, meist deutlich und scharf krystallisirt und lassen die Combination eines vorwaltenden Ikositetraëders mit dem Rhombendodekaëder erkennen. Die Krystalle sind braunroth gefärbt, werden im Dünnschliff mit blass rosarother Farbe durchsichtig und sind von unregelmässig verlaufenden Spaltrissen durchzogen. Sie umschliessen

Hohlräume und Partikel eines farblosen Minerals, wahrscheinlich Quarz, mitunter auch Glimmerblättchen. In den Contactgneissen fand ich Granat meist nur in ganz vereinzeltten Körnern, seltener in etwas grösseren Mengen.

Spinell, von der grünen Farbe des Pleonasts und des Hercynits, wurde mehrfach in Cordieritgesteinen beobachtet, einmal nämlich in einem Cordierit - Contactgneiss vom Gehänge des südlichen Foppakammes, mehrmals in Cordierit-Contactfelsen von beiden Foppagehängen, im Cordierit - Contactfels aus dem Val d'Avio und in dem Gestein der im Tonalit gefundenen Einschlüsse. Abgesehen von den Gesteinen der beiden letztgenannten Fundorte ist seine Menge stets ausserordentlich gering. Gewöhnlich beschränkt sich sein Vorkommen darauf, dass man in einem Präparat an einer oder zwei Stellen in dem Cordierit winzige, unregelmässig geformte Parteen von der in diesen Gesteinen niemals bei einem anderen Mineral beobachteten charakteristischen grünen Farbe antrifft. In Präparaten, welche von einem aus dem Aviothal mitgebrachten Handstück stammen, tritt er bereits weniger spärlich in Anhäufungen grösserer, selten gut octaëdrisch gestalteter Individuen auf. Endlich findet er sich in sämtlichen mikroskopisch untersuchten Einschlüssen aus dem Granattonalit in recht beträchtlichen Mengen, und zwar nicht blos im Cordierit, sondern, wie bereits mitgeteilt wurde, auch im Biotit und dem jedenfalls aus dem Tonalitmagma ausgeschiedenen Feldspath. Sehr selten trifft man bei ihm oktaëdrische Formen an; gewöhnlich herrscht geradlinige, aber unregelmässige Begrenzung vor. In manchen Gesteinen dagegen und zwar besonders in den zuletzt erwähnten Einschlüssen beobachtet man ihn in länglichen, schmalen, nicht geradlinig umrandeten, sondern wellig gebogenen, wie geschmolzen aussehenden Formen, die man nur noch an ihrer Farbe als Spinell erkennt, die aber oft durch Uebergänge mit unzweifelhaftem, besser krystallisiertem Spinell verbunden sind. Die grösseren Körner sind in dickeren Präparaten undurchsichtig, bezw. nur an den Kanten durchscheinend; in dünneren Schnitten nimmt man stets isotropes Verhalten wahr. Ein weiterer Beweis der Spinellnatur des Minerals ist der Umstand, dass beim Aufschliessen des Gesteinspulvers mit geschmolzener Soda seine grünen Körner unangegriffen zurückblieben. Dagegen constatirte ich ebenso wie VOGELSANG (l. c., p. 30), dass bei lange andauernder Behandlung mit HF ohne Schwefelsäure die kleineren Partikel aufgelöst, die grösseren angegriffen wurden, bei sehr lange (mehrere Tage) fortgesetzter Digestion auch die grössten Splitter verschwanden, während winzige Korundsplitterchen auch dann noch zurückblieben.

Der Korund wurde lediglich in den spinellreichen Einschlüssen des Granat führenden Tonalits beobachtet und blieb beim Schmelzen mit Soda mit dem Spinell zusammen unaufgeschlossen zurück. Er tritt entweder in flachen, rundlich begrenzten Tafeln oder in unregelmässigeren, aber nach allen drei Dimensionen gleichmässiger entwickelten Körnern auf. Im ersteren Fall erscheint er in Querschnitten in langen, dünnen, gerade auslöschenden Leisten. Liegen die Tafeln aber mit ihrer OR entsprechenden Fläche parallel zu der Ebene des Präparates, so erkennt man nicht selten jene durch Anwachsstreifen hervorgerachte, die Form gleichseitiger Dreiecke besitzende Zeichnung, die für den Korund recht charakteristisch und erst kürzlich wieder von VOGELSANG (l. c., p. 30) beschrieben worden ist. Entsprechend ihrer krystallographischen Orientirung bleiben diese Tafeln bei gekreuzten Nicols dunkel. In dieser Ausbildungsweise ist der Korund meist farblos, aber optisch durch seine starke Lichtbrechung charakterisirt. Die daneben auftretenden compacten Körner besitzen garnicht selten hell blaue Färbung und einen deutlich erkennbaren Pleochroismus zwischen blau und farblos. In Bezug auf die Dimensionen der Individuen ist zu bemerken, dass die Körner meist nur wenige Zehntel Millimeter, selbst die grössten beobachteten Tafeln aber noch nicht 1 mm Ausdehnung erreichen.

Der Apatit tritt in den Contactgesteinen der äusseren Zone in derselben eigenthümlichen Ausbildungsweise auf, die wir bei den unveränderten Gneissen und Glimmerschiefern beobachteten. Den Contactfelsen aber scheint er ganz zu fehlen. Vereinzelte Säulchen wurden zwar in der spinell- und korundreichen Varietät beobachtet, stammen indessen doch möglicher Weise ebenso wie z. Th. der Feldspath und der Glimmer aus dem eruptiven Magma.

Eisenerze wurden in kleinen Mengen in all' den untersuchten Gesteinen angetroffen. Nur ganz vereinzelt sieht man Körner, die im auffallenden Licht gelben Metallglanz besitzen und demnach wohl zum Pyrit zu rechnen sind. Von dem übrigen Erz aber, besonders dem der Contactfelse ist es wahrscheinlich, dass der grösste Theil zum Titaneisen gehört. Darauf deutet einerseits die bei eintretender Zersetzung oft zu beobachtende Ausscheidung von Leukoxen, andererseits, wie schon bemerkt, der hohe Titansäuregehalt (2 pCt.), den die Analyse eines erzreichen, fast biotitfreien Contactfelsens ergab. Die Körner des Erzes sind fast stets unregelmässig ungrenzt und kommen mit Vorliebe als Einschlüsse in anderen Mineralien, besonders Cordierit und Andalusit vor. In scharfen Leisten und Stäbchen erscheint es nur im Feldspath und Cordierit der Einschlüsse des

Granat-Tonalits. Selbstständig tritt es nicht gerade häufig auf, am meisten noch in den Contactfelsen.

Primärer Rutil wurde nur selten beobachtet. Er kommt in braun-rothen, schlanken Säulchen als Einschluss im Quarz einzelner Contactgesteine vor, ist aber stets nur in ganz unbedeutenden Mengen vorhanden. Ausserdem findet er sich zusammen mit Titaneisen in dem Feldspath und Cordierit der Einschlüsse des Granattonalits.

Ueber den Zirkon ist nichts Bemerkenswerthes anzuführen. —

Die bisher besprochenen Mineralien setzen die eigentlichen, charakteristischen Contactgesteine zusammen. Ausserdem treten aber noch, wie bereits in der geologischen Beschreibung erwähnt wurde, untergeordnet und in geringer Mächtigkeit einige wenige Einlagerungen auf, welche Gemengtheile besitzen, die den besprochenen Gesteinen z. Th. ganz fremd sind. Wir lassen noch kurz die Beschreibung derselben folgen.

Aktinolith wurde zweimal gefunden, nämlich erstens in einem deutlich schieferigen Contactgneiss vom Colmokamm, zweitens in dem schon oben geschilderten, massig struirten eigenthümlichen Aktinolith, Quarz, Biotit, Feldspath-Gestein von der Contactstelle des Piccolokammes. Er ist schwach hell grün gefärbt, zeigt keinen Pleochroismus und ist durch schiefe Auslöschung und den Winkel seiner Spaltbarkeit als monokline Hornblende charakterisirt. In dem Gneiss tritt er in schmalen Stengeln, in dem anderen Gestein in kleinen, meist unregelmässig conturirten Körnern auf. Gut ausgebildete Querschnitte sind selten.

Gemeine Hornblende wurde nur ein einziges Mal gefunden und zwar in einem Feldspath führenden Quarz-Hornblende-Gestein der inneren Contactzone des Piccolokammes. Sie ist pleochroitisch (hell gelb-grün bis hell grün), ganz unregelmässig conturirt und besitzt eine deutlich prismatische Spaltbarkeit, die den für Hornblende charakteristischen Winkel aufweist.

Epidot, bezw. ein Mineral, das dem Epidot sehr ähnlich ist (Salit?) beobachtete ich nur ein einziges Mal in einem fast ausschliesslich aus Quarz und Epidot, sowie wenig Biotit und Titanit gebildeten Schiefer, der in dünnen Lagen mit Quarz-Biotitschiefer wechsellagert. Er tritt darin in kleinen, ganz unregelmässig begrenzten, äusserst schwach grünlichen Körnchen auf, und ist durch starke Licht- und Doppelbrechung ausgezeichnet.

Titanit findet sich in demselben Gestein in ziemlich zahlreichen Anhäufungen winzigster, bräunlich grauer Körnchen. In den übrigen Contactgesteinen habe ich ihn nicht mit Sicherheit beobachtet.

Tabelle der wesentlichsten Contactgesteine.

1. **Cordierit-Contactfelse.** Structur: richtungslos. Wesentliche Gemengtheile: Cordierit, dann Andalusit, Biotit, Quarz. Accessorische Gemengtheile: Plagioklas, Granat, Sillimanit, Titaneisen, Spinell, Korund, Zirkon, Pyrit, Apatit.
2. **Contactgneisse.** Structur: mehr oder minder deutlich schieferig. Wesentliche Gemengtheile: Orthoklas, Quarz, Biotit, Muscovit, ferner gewöhnlich entweder Andalusit oder Cordierit, oder beide. Accessorische Gemengtheile: Plagioklas, Turmalin, Sillimanit, Granat, Spinell, Eisenerze, Zirkon, Apatit.
3. **Contactglimmerschiefer.** Wie die Contactgneisse und nur untergeordnet durch Verschwinden des Feldspaths aus diesen hervorgehend.
4. **Vereinzelte, nicht unter die anderen Gruppen gehörige Gesteine von meist nur untergeordneter Bedeutung.**
 - a. Aktinolith-Quarz-Orthoklas-Biotitgestein, massig struirt,
 - b. Aktinolith-Gneiss, schieferig struirt,
 - c. Quarz-Hornblende-Plagioklasgestein, massig struirt,
 - d. Quarz-Epidotschiefer.

II. Gesteine des jüngeren Schiefercomplexes.

Da auch die hierher gehörigen Gesteine in ihren geologischen Beziehungen und hinsichtlich ihrer petrographischen Stellung bereits in dem geologischen Theil der Arbeit dargestellt worden sind, so können wir hier dieselbe Anordnungsweise anwenden, wie bei dem älteren Schiefercomplex. Wir werden daher erst die normalen, dann die metamorphosirten Gesteine besprechen, bei jeder dieser beiden Gruppen das Hauptgewicht auf die Schilderung der Mineralien legen und erst zum Schluss einen ganz kurzen tabellarischen Ueberblick über die Gesteine selbst bringen.

A. Normale Gesteine des Quarz-Phyllitcomplexes.

a. Wesentliche Gemengtheile: Quarz, farbloser Glimmer (Muscovit und Sericit), Chlorit.

Von all' den hier zu besprechenden Mineralien ist der Quarz unstreitig das wichtigste und verbreitetste. Er setzt erstens die Quarzite und die zahllosen quarzitischen Lagen der Phyllite, zweitens die in allen hierher gehörigen Gesteinen weit verbreiteten und mächtigen Quarz-Linsen und -Knauern fast ausschliesslich zusammen. Drittens nimmt er als wesentlicher Gemengtheil an dem Aufbau der glimmerigen Lagen der Phyllite

Theil; viertens findet er sich in kleinen Mengen in jeder beliebigen Gesteinsart, ja fast in jedem beliebigen Blatt eines Gesteins, das überhaupt zu dem Quarz-Phyllitecomplex gehört. Dem Gewicht nach bildet er sicherlich wenigstens die Hälfte des ganzen Gebirges, wahrscheinlich aber noch viel mehr. Die Grösse seiner Körner schwankt von weniger als 0,01 mm bis aufwärts zu einem Millimeter. Am häufigsten trifft man Körner von ungefähr 0,1 mm Durchmesser. Grössere treten nur ausnahmsweise und vereinzelt auf. Es besteht demnach entschieden ein Unterschied in der Korngrösse gegenüber den oben beschriebenen Gneissen und Glimmerschiefern, bei denen der Durchmesser der Quarzkörner durchschnittlich 0,5 mm beträgt. Die einzelnen Individuen sind stets ganz unregelmässig conturirt. Ihre Begrenzungslinie springt zackig aus und ein. Flüssigkeitseinschlüsse sind weit verbreitet und zahlreicher als in den Quarzen der Gesteine des älteren Schiefercomplexes. Auch Hohlräume und unregelmässig gestaltete Einschlüsse von Muscovit und Chlorit werden oft angetroffen. Viel seltener sind ihm die bekannten, winzig kleinen, schmalen Nadelchen, die wohl dem Rutil angehören, eingestreut.

Farbloser Glimmer findet sich sowohl in grösseren Krystall-Lamellen als Muscovit, als in feinschuppigen und faserigen Aggregaten als Sericit. Beide Ausbildungsweisen sind durch Uebergänge verbunden, sodass man eine scharfe Grenze gar nicht zwischen ihnen ziehen kann. Die grösseren Lamellen zeigen deutlich die charakteristischen Eigenschaften des Muscovits (basische Spaltbarkeit, gerade Auslöschung, grosser Winkel der optischen Axen, lebhafte Polarisationsfarben); in den sericitischen Aggregaten ist das meiste davon nicht mehr wahrnehmbar. Nur die Polarisationsfarben bilden in der Regel auch dann noch ein gutes Unterscheidungsmittel gegenüber dem Chlorit. Nicht selten aber sind gerade die feinsten sericitischen Anhäufungen so sehr von feinsten Chloritblättchen und Lamellen durchdrungen und durchwebt, dass dann eine optische Untersuchung gar nicht mehr möglich ist. Bei den grösseren Blättern ist übrigens schon der Farbenunterschied in den meisten Fällen recht charakteristisch, da der Muscovit nur selten schwach grünlich wird, der Chlorit aber meist viel lebhafter gefärbt ist. Die Blätter des Glimmers sind gewöhnlich unregelmässig begrenzt; nur ausnahmsweise findet man scharf basisch umrandete Lamellen. Ihre Grösse ist niemals beträchtlich. Sie erreichen gewöhnlich nur wenige Zehntel eines Millimeters in der Längsausdehnung. Ausnahmsweise wurden in einem eigenthümlichen Biotitphyllit bis 1 mm lange Blätter beobachtet. Interpositionen von schwarzen, wohl aus Eisenerz bestehenden,

winzigen Pünktchen sind recht verbreitet; andere Einschlüsse fehlen dagegen fast vollständig.

Chlorit ist ein ausserordentlich häufig auftretender und wesentlicher Gemengtheil. In den normalen Phylliten trifft man ihn gewöhnlich in ziemlich gleichen Mengen mit dem Muscovit an. Selten fehlt er ganz. Oft aber überwiegt er den Glimmer und reichert sich in manchen Gesteinslagen, ja ganzen Gesteinsschichten so an, dass ich dies auch im Namen auszudrücken suchte und diese Varietät als chloritischen Phyllit bezeichnete. Echte Chloritschiefer habe ich nicht beobachtet. — Der Chlorit besitzt meist ziemlich lebhaft grüne Farbe, einen nicht sehr intensiven Pleochroismus zwischen hellerem und dunklerem Grün, schwache Licht- und Doppelbrechung. In basischen Schnitten verhält er sich oft anscheinend ganz isotrop. Häufig zeigt er in den Verticalschnitten jenes eigenthümliche charakteristische Blau der Chlorite. Mit heisser Salzsäure in den Präparaten behandelt, zersetzt er sich ziemlich leicht, und es gelingt dann, die ausgeschiedene Kieselsäure mit Fuchsinlösung zu inbibiren. Auch diese Erscheinung kann man zur Unterscheidung vom Glimmer benutzen. Secundär bildet er sich aus Biotit und Granat, aber entsprechend der geringen Verbreitung dieser Mineralien in den Phylliten, nur in unbedeutenden Mengen.

b. Accessorische Gemengtheile: Feldspath, Biotit, Granat, Eisenerze, Rutil, Turmalin, Zirkon, Apatit, Braunspath, Kohlenstoff, Kalkspath.

Feldspath wurde in Phyllitgneiss - Einlagerungen und in Quarziten beobachtet. Er tritt in unregelmässig conturirten, höchstens 1 mm grossen Körnern auf. Polysynthetische Verzwilgung wurde nur etwa bei einem Drittel der in den Präparaten vorliegenden Durchschnitte wahrgenommen. Da indessen die Zersetzungs - Erscheinungen bei all' diesen ganz in der gleichen Weise verlaufen, so halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass sie sämmtlich zum Plagioklas gehören. Eine sichere Bestimmung konnte wegen der geringen Grösse der Körner und der stets bereits mehr oder weniger stark fortgeschrittenen Zersetzung nicht ausgeführt werden.

Biotit ist in unseren Phylliten recht selten. Er wurde in einzelnen Vorkommnissen in spärlichen Anhäufungen kleiner, brauner Fetzchen angetroffen und betheiligte sich dann etwa in der Art und Weise, aber nicht in der Menge wie der Chlorit und der Sericit an der Zusammensetzung der Hauptgesteinsmasse. Viel auffälliger ist seine Erscheinungsweise in zwei anderen einander ähnlichen, aber von ganz verschiedenen Fundpunkten stammenden Phyllitvarietäten. Er tritt dort als accessorischer Ge-

mengtheil in bis über 2 mm langen, nicht selten 1 mm breiten, basisch wohl begrenzten Lamellen auf und liegt gewissermaassen porphyrisch in einer Art Grundmasse von Muscovit und Chlorit. Er ist intensiv braun gefärbt mit einem schwachen Stich in's Röthliche und zeigt ausgezeichnete Spaltbarkeit. In der einen Varietät ist er bereits vollkommen in Chlorit umgewandelt und in seinem jetzigen Zustande von zahlreichen, schwarzen Stäbchen von Titaneisen (?) erfüllt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieselben bereits primär in ihm vorhanden waren. Die beiden Gesteine wurden wegen seines charakteristischen Auftretens als „Biotitphyllit“ bezeichnet.

Granaten wurden in vielen Varietäten angetroffen. Sie erreichen mitunter 3—4 mm im Durchmesser, sind bald gut krystallisirt, bald unregelmässig gestaltet und ragen gewöhnlich aus den Schichtflächen der verwitternden Phyllite heraus. Andererseits kommt es aber auch vor, dass sie sich ebenso schnell wie die übrige Gesteinssubstanz zersetzen. Dann bilden sie eigenthümliche dunkle Flecke von oft scharf sechseckiger Gestalt, die, mit unbewaffnetem Auge betrachtet, dem Gesteine eine auffallende Aehnlichkeit mit manchen contactmetamorphen Fleckschiefern geben. U. d. M. erkennt man aber sofort, dass man es in ihnen nur mit zersetztem Granat zu thun hat. Durch die Umwandlungsprocesse wird immer Chlorit gebildet, der ein Maschennetz grüner Stränge in den Krystallen bildet und noch zahlreiche frische Kerne zu umschliessen pflegt.

Eisenerze treten in kleinen Mengen in all' den vorliegenden Gesteinen und zwar in meist rundlichen Körnern, nicht selten aber auch in langen, schmalen Leisten auf. In den allermeisten Fällen dürften sie zum Ilmenit gehören. Darauf deutet die überaus häufig beobachtete randliche oder vollständige Umwandlung in sogenannten Leukoxen. Bemerkt sei übrigens, dass man in diesem letzteren bei starker Vergrösserung bisweilen randlich Formen beobachtet, welche viel eher dem Rutil als dem Titanit zuzuschreiben sind, nämlich schmale Nadeln und Säulchen, die spiessartig aus dem compacten Innern herausstarren. In den meisten Fällen gehören die Umwandlungsproducte indessen auch hier wohl zum Titanit. — In dem bereits erwähnten Phyllitgneiss treten auch Erzkörner auf, die im auffallenden Lichte gelben Metallglanz besitzen und sich randlich in braunen Limonit zersetzen. Sie sind jedenfalls zum Pyrit zu rechnen.

Rutil findet sich primär nur in äusserst geringen Mengen. Der grösste Theil der in dem Gestein vorhandenen Titansäure scheint eben zur Bildung von Titaneisen verwendet worden zu sein. Ich beobachtete ihn hauptsächlich in den beiden „Schistit“-

ähnlichen Varietäten und zwar in der Form der winzigen, „Thonschiefer-Nädelchen“¹⁾ genannten Gebilde. Ueber sein Auftreten in den Epidot - Amphiboliten wird weiter unten berichtet werden.

Turmalin wurde fast in allen Gesteinen, aber stets nur in sehr kleinen Mengen aufgefunden. Die Form seiner Individuen ist dieselbe, wie in den Felsarten des älteren Schichtecomplexes. Sein Farbenwechsel verläuft von schwach gelblich bis dunkel schmutzig braun. Häufig umschliesst er in seinen innersten Theilen zahlreiche schwarze Pünktchen. Seine Krystalle erreichen nur selten 0,02 mm Länge.

Zirkon ist gleichfalls weit verbreitet. Er tritt in bis 0,02 mm langen, bald scharf ausgebildeten, bald mehr abgerundeten Säulchen auf.

Apatit findet sich in grösseren, unregelmässig gestalteten Körnern. Es gilt auch hier Wort für Wort das, was bei der Beschreibung der unveränderten Gneisse und Glimmerschiefer über ihn gesagt wurde. Nur erreicht er nie dieselbe Grösse wie in jenen. Auch fehlen ihm die oben besprochenen winzigen Interpositionen, welche bei schwacher Vergrösserung eine Trübung seiner Substanz zu bedingen scheinen. In einem Biotitphyllit wurden schmale, längliche, trübe Säulehen beobachtet, die vielleicht gleichfalls zum Apatit gehören. Mit Sicherheit liess es sich nicht feststellen.

In den meisten Phylliten und Quarziten finden sich bald vereinzelte kleine Körner von Braunspath, bald ganze Schwärme solcher Körner. Sie besitzen in der Regel noch nicht 0,01 mm Grösse, erreichen aber ausnahmsweise auch 0,1 mm und darüber. Es sind fast immer sehr scharf krystallisirte Rhomboëder, die sich gern unter Abscheidung von Eisenverbindungen zersetzen und dann mitunter gelbe bis braune Farbtöne annehmen. Optisch sind sie durch starke Lichtbrechung charakterisirt. Ausserordentlich häufig liegen sie in bedeutender Zahl in grössere Quarzindividuen eingebettet.

Kohlenstoff. Eine grosse Anzahl von Phyllitvarietäten (nach CURIONI l. c. eine ganze Abtheilung der Schiefer) ist durch reichliches Auftreten von Kohlenstoff charakterisirt. Er findet sich in schwarzen Massen ohne Krystallform und nimmt bisweilen so wesentlich an dem Aufbau der Gesteine Theil, dass Stückchen von ihm, mit dem Finger berührt, deutlich abfärben. Beim Kochen des Gesteinspulvers mit Salzsäure blieb die schwarze

¹⁾ POGGENDORF's Annalen, 1871, CXLIV, p. 319.

Farbe vollständig erhalten. Dagegen liess sie sich durch anhaltendes Glühen auf dem Platinblech ganz leicht entfernen. Ich habe sie deswegen als „Kohlenstoffreiche Phyllite“ bezeichnet. Möglicherweise sind sie identisch mit den aus vielen anderen Theilen der Alpen bekannten „graphitischen“ Schiefer der Quarzphyllit-Gruppe.

Kalkspath wurde nur secundär in einem stark zersetzten, wahrscheinlich ehemals Granat führenden Phyllit beobachtet. —

Es bleiben jetzt nur noch drei Gemengtheile der bereits kurz erwähnten, von den Phylliten petrographisch scharf getrennten Epidot-Amphibolite zu beschreiben. Es sind dies Hornblende, Epidot und Rutil. Die ersteren beiden treten in den Phylliten überhaupt nicht auf, der Rutil in ganz abweichender Bildungsweise.

Die Hornblende erscheint meist in ganz unregelmässig zerlappten, in der Richtung der grössten Ausdehnung mehrere Zehntel Millimeter nicht übersteigenden Parteen. Sie zeigt kräftigen Farbenwechsel von gelblich grün in dunkleres bläulich grün. Die prismatische Spaltbarkeit ist deutlich ausgeprägt und liess in den seltenen Querschnitten den charakteristischen Hornblendewinkel erkennen. Bei der Zersetzung geht sie in den demnächst zu beschreibenden Epidot über. Bisweilen werden dabei auch kleine Mengen von Calcit ausgeschieden.

Der Epidot findet sich gewöhnlich in unregelmässig un-
grenzten, deutlich gelb gefärbten Individuen, die in der Grösse zwischen nur wenigen Bruchtheilen eines Millimeters und einem ganzen Millimeter variiren, in manchen Lagen aber in höchstens 0,1 mm grossen, meist viel schwächer gefärbten Körnern. Die Formen dieser letzteren erinnern mitunter an die von v. FOULLON¹⁾ beschriebenen und abgebildeten. Doch sind sie immer mehr oder minder stark abgerundet, niemals scharf krystallisirt. Sie umschliessen nicht selten zahlreiche, winzig kleine Quarzkörnchen. In allen Fällen ist das markante Relief und die Lebhaftigkeit der Polarisationsfarben charakteristisch. Die kräftiger gefärbten, grösseren Krystalle zeigen einen deutlichen Pleochroismus zwischen weingelb und schwach grünlich gelb. Sicher ist ein grosser Theil dieses Epidots erst secundär aus Hornblende herausgebildet. Andererseits ist es aber gerade bei einem Theil der farblosen Körner sehr wahrscheinlich, dass sie primäre Gemengtheile des Gesteins sind. Darauf deutet ihre Vertheilung und die grosse Zahl der in der Hornblende nicht in solcher Menge auftretenden

¹⁾ Ueber die Gesteine und Minerale des Arlbergtunnels. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A., 1885.

winzigen Quarz-Interpositionen. Mit Sicherheit lässt sich indessen eine Entscheidung über die Genesis der einzelnen Körner nicht treffen.

Der Rutil findet sich in kurzen, mitunter bis 0,2 mm Länge erreichenden Säulen, die zu rundlichen Gruppen aggregirt zu sein pflegen. Er ist dunkel bräunlich roth gefärbt und tritt durch seine ausserordentlich starke Lichtbrechung scharf und deutlich hervor. Seine Ausbildungsweise ist demnach ganz verschieden von der in den Phylliten beobachteten.

Ausser den besprochenen drei Mineralien nehmen noch Quarz und spärliche Biotitfetzchen an der Zusammensetzung der Epidot-Amphibolite Theil.

Tabelle der unveränderten Gesteine des Quarz- Phyllitecomplexes.

1. **Quarzite.** Structur: meist deutlich schieferig; ausnahmsweise richtungslos. Wesentlicher Gemengtheil: Quarz. Accessorische Gemengtheile: Muscovit, Chlorit, Eisenerz, Braunspath, Turmalin, Zirkon, Apatit. Mitunter ziemlich viel Feldspath.
2. **Quarz-Phyllite.** Structur: stets deutlich schieferig; bestehen aus abwechselnden Lagen von Quarzit und dem unter 3. aufzuzählenden Phyllit, sowie aus grösseren Quarzlinsen und -knauern.
3. **Echte Phyllite.** Structur: stets deutlich schieferig. Wesentliche Gemengtheile: Quarz, farbloser Glimmer, Chlorit. Accessorische Gemengtheile: Eisenerz, Braunspath, Turmalin, Zirkon, Apatit, Biotit, Rutil. Zahlreiche Varietäten durch reichliches Hinzutreten von anderen Mineralien:
 - a. Kohlenstoffreicher Phyllit¹⁾.
 - b. Chloritischer Phyllit,
 - c. Sericitischer Phyllit,
 - d. Granat-Phyllit,
 - e. Biotit-Phyllit.
4. **Phyllit-Gneisse.** Structur: oft nur undeutlich schieferig. Wesentliche Gemengtheile: Quarz, Plagioklas, Muscovit (in grossen Blättern), wenig Chlorit. Accessorische Gemengtheile: wie bei 3. Ausserdem noch Pyrit. Fundort: an verschiedenen Stellen in der Nähe der Ruine oberhalb Mü.

¹⁾ Fundorte sind z. B. Weg von Mü nach Incudine auf dem linken Oglio-Ufer. Umgegend von Malga Lezzavone, nicht weit von dem Val Finale; Val d' Avio, linkes Ufer.

5. **Schistite.** Structur: deutlich schieferig, aber viel dichter erscheinend. Wesentliche Gemengtheile: wie bei 3. Accessorische Gemengtheile: wie bei 3., aber Rutil in grösseren Mengen. Fundort: auf den Hügeln unmittelbar am Oglio.
6. **Epidot-Amphibolite.** Structur: meist schieferig. Wesentliche Gemengtheile: Hornblende, Epidot, Quarz. Mitunter sind indessen fast nur noch Epidot und Quarz vorhanden. Accessorische Gemengtheile: Rutil, Biotit. Fundort: anscheinend in mächtigen dickbauchigen Linsen und Lagen in der Nähe der Case Tise und bei „C. Foppa“ der italienischen Generalstabskarte an einem vorspringenden Bergausläufer in etwa 900 m Höhe.

B. Metamorphosirte Gesteine des Quarz-Phyllit-complexes.

a. Wesentliche Gemengtheile: Quarz, Muscovit, Biotit, Chlorit, Andalusit.

Das Auftreten des Quarzes in diesen, durch den Moja-Dioritstock metamorphosirten Gesteinen unterscheidet sich nicht wesentlich von dem in den unveränderten Gesteinen. Flüssigkeitseinschlüsse kommen selbst in grösster Nähe des Contactes vor. Auch die Umrandung ist meistentheils ganz ebenso zackig und unregelmässig geblieben. Nur in vereinzelten, mikroskopisch kleinen Linsen, die den glimmer- und andalusitreichen Lagen in der Nähe des Contactes eingeschaltet sind, schienen mir geradlinig polygonal umrandete Körner gegenüber den anderen wenigstens sehr stark vorzuherrschen. Keinesfalls aber ist diese Erscheinung hier in der Weise ausgebildet, wie sie von SAUER (l. c.) beobachtet wurde. Auch in Bezug auf Art und Zahl der Interpositionen unterscheidet sich der Quarz nicht von dem der unveränderten Gesteine.

Muscovit findet sich wieder in Aggregaten von Lamellen aller möglichen verschiedenen Grössen. Man wird daher, wenn man es überhaupt noch für zweckmässig hält, die feinblättrigen, mehr verworrenen Aggregate durch einen besonderen Namen von den grösseren Lamellen und Krystallen zu unterscheiden, auch hier von Sericit neben Muscovit sprechen können. Ein Unterschied gegenüber dem Muscovit der normalen Schiefer ist insofern entschieden vorhanden, als hier die grösseren Lamellen ausserordentlich häufig wohl begrenzt sind. Nicht selten liegen sie gewissermaassen porphyrisch in den sericitischen Aggregaten eingebettet. Niemals lassen sie eine Anordnung in einem be-

stimmten Sinne erkennen, wie dies in den Phylliten recht häufig zu beobachten ist. Sie liegen vielmehr in allen möglichen Richtungen kreuz und quer durch einander. Bemerkt sei, dass die Menge des Muscovits, soweit man das abschätzen kann, grösser zu sein scheint, als in den unveränderten Schiefern.

Viel auffälliger und deutlicher tritt das bei dem Biotit hervor. Während dieser nämlich in den normalen Phylliten und ihren Varietäten nur ganz untergeordnet auftritt, ist er hier einer der wesentlichsten Gemengtheile geworden. Mehrere Merkmale unterscheiden sein Auftreten in den Contactgesteinen von dem in dem unveränderten Phyllitgebirge beobachteten. Erstens ist die Grösse seiner Blättchen, wenn wir von jenen merkwürdigen, grossen Krystallen der Biotit-Phyllite absehen, viel erheblicher. Seine Individuen erreichen hier gar nicht selten das Zehnfache der dort beobachteten Dimensionen und sind selbst in den kleinsten Partikelchen nicht so unregelmässig ausgefranst und fetzenartig gestaltet. Sehr charakteristisch ist ferner die bereits im geologischen Theile beschriebene Art und Weise, wie sie sich in den am weitesten vom Contact entfernten Schiefern zu dunklen, ausschliesslich aus Biotit bestehenden Flecken und zwar entweder selbständig oder rings um Ilmenitkörner aggregiren. Ähnliche Verhältnisse beobachtet man auch in den stärker umgewandelten Gesteinen, nur dass sie dort gern ganze Biotitlagen, nicht vereinzelte kugelförmige Anhäufungen bilden. Beiden Ausbildungsweisen ist es gemeinsam, dass die Blättchen, ohne jede Rücksicht auf die Richtung der Lage selbst, kreuz und quer durch einander liegen. — Ueber die optischen Eigenschaften des Biotits dieser Gesteine ist nichts Bemerkenswerthes zu berichten.

Der Chlorit kommt nur in den äussersten Theilen der Contactzone vor. Er ist dort als ein noch verschont gebliebener Rest der ursprünglichen Gesteine zu betrachten; denn in den inneren Theilen der Contactzone fehlt er gänzlich; und dort wo er auftritt, stimmt er völlig mit dem Chlorit der unveränderten Phyllite überein. Die Neubildung des Biotits geschieht zweifellos hauptsächlich auf seine Kosten.

Der Andalusit erscheint in zwei Ausbildungsarten, von denen die eine genau mit der in den Contactgesteinen des Tonalits beobachteten übereinstimmt, die andere aber abweichend ist. In beiden Fällen ist er durch dieselben optischen Eigenschaften, insbesondere durch seinen Pleochroismus charakterisirt und leicht zu erkennen. Er findet sich erstens in bis 4 mm langen, oft 1 mm breiten, säulenförmigen Krystallen, die die Spaltbarkeit und die im Querschnitt quadratischen Formen deutlich erkennen lassen. In quarzitischen Gesteinen sind sie mit-

unter von Quarzkörnchen, in quarzarmen, aber sehr biotitreichen Gesteinen von Biotitblättchen erfüllt und erhalten dann ganz dieselbe „Contactstruktur“ wie in den von dem Tonalit metamorphosirten Felsarten. Zweitens tritt der Andalusit in 0.5—1 mm langen, aber selten mehr als 0,01 mm breiten Säulen auf. Gewöhnlich ist dann eine grössere Zahl von diesen zu Bündeln aggregirt. Sie unterscheiden sich von den einmal neben ihnen beobachteten Sillimanit-Nadeln morphologisch dadurch, dass ihre Conturen nicht so scharf ausgebildet sind wie bei diesen, optisch durch den häufig wahrnehmbaren Pleochroismus (c = blass rosath, a und b = farblos). Zwischen den Säulchen und den Büscheln liegen nicht selten kleine Biotitblättchen. Mitunter bildet der Andalusit in dieser Ausbildungsart den Hauptbestandtheil einzelner Gesteinsblätter. Auffälliger Weise fand ich mit den Säulchen zusammen in denselben Präparaten auch die grossen Krystalle der anderen Ausbildungsart, ohne dass sich Uebergangsformen zwischen beiden einstellten.

b. Accessorische Gemengtheile: Korund, Eisenerz, Apatit, Turmalin, Feldspath, Sillimanit, Zirkon.

Das Auftreten des Korunds stimmt nicht ganz mit dem in den Einschlüssen des Granat-Tonalits beobachteten überein. Er findet sich hier in länglichen, prismatischen, oft ziemlich scharf begrenzten Körnern von 0,1—0,3 mm Länge und von höchstens 0.1 mm Breite. Gerade Auslöschung parallel den prismatischen Conturen, starke Lichtbrechung und oft deutlicher Pleochroismus (ω hellblau, ε farblos) charakterisiren ihn optisch recht gut. Die blaue Farbe ist mitunter nicht gleichmässig über den Krystall verbreitet, sondern mehr flockig vertheilt. Seine grosse Härte äussert sich beim Schleifen der Präparate dadurch, dass die einzelnen Körner gern herausbrechen, und es daher nicht leicht gelingt, dünne Schlitte herzustellen. Ueber die Art seiner Verbreitung in den Gesteinen wurde bereits im geologischen Theil gesprochen.

In allen Gesteinen des Contacthofes beobachtet man schwarze, opake Ilmenitkörner von unregelmässiger, nur selten länglicher Gestalt. Sie sind es, um die sich mit Vorliebe die Blättchen des neu gebildeten Biotits herumlegen. Sie stimmen in ihrem ganzen Auftreten mit den Erzkörnern der unveränderten Phyllite überein und dürften daher auch kaum als Neubildungen aufzufassen sein. Dass sie dem Ilmenit angehören, geht daraus hervor, dass sie sich selbst bei längerem Kochen in Salzsäure nicht lösen und in der Phosphorsalzperle vor dem Löthrohr auch in kleinsten Mengen deutliche Titanreaction ergaben.

Apatit tritt vereinzelt in den mehrfach beschriebenen, unregelmässig begrenzten Körnern, selten in etwas deutlicher krystallisirten Säulchen auf.

Turmalin ist überall verbreitet, unterscheidet sich aber nicht wesentlich von dem Turmalin der normalen Phyllite.

Feldspath wurde mehrfach in vereinzelt, unregelmässig umgrenzten und durch Zersetzung vollständig getrübbten Körnern beobachtet. Ausserdem erscheint er als wesentlichster Gemengtheil in der weiter oben beschriebenen Einlagerung fraglicher Natur. Er ist darin polysynthetisch verzwillingt.

Sillimanit fand sich nur einmal ganz untergeordnet in scharfen, farblosen Nadeln in dem Quarz eines schieferigen Andalusit-Glimmerfelsens.

Zirkon gelangte wohl nur zufällig nicht zur Beobachtung. Charakteristisch scheint dagegen das Fehlen der in den Phylliten so weit verbreiteten Braunspath-Kryställchen zu sein.

Soviel ist über die Mineralien zu berichten, welche die wesentlichen Contactgesteine des Mojadorits zusammensetzen. Diejenigen der in dem Diorit und neben ihm aufgefundenen Hornblendegesteine bereits gelegentlich der geologischen Schilderung ihres Auftretens auch petrographisch eingehend beschrieben. Es sind daher nur noch die an dem Aufbau des Cordierit-Biotitgesteins der grössten in dem Diorit aufgefundenen fremden Einschlüsse beteiligten Mineralien zu besprechen; nämlich Cordierit, Biotit und Quarz als wesentliche, etwas Plagioklas, Apatit, Eisenerz und Zirkon als accessorische Gemengtheile.

Der Cordierit ist durch ganz dieselben Eigenschaften charakterisirt wie in den Contactgesteinen des Tonalits. Bemerkenswerth ist hier die ausserordentlich grosse Zahl von rechteckigen, quadratischen und sechseitigen Durchschnitten, die in derselben Art und Weise, wie es in den Cordierit-Contactfelsen der Foppa beobachtet wurde, in grössere, ganz unregelmässig gestaltete Quarzindividuen hineinragen. Die Krystallisation des Cordierits ging demnach auch hier der des Quarzes voran. Gar nicht selten besitzen seine Körner nur sehr geringe Dimensionen und sind dann dem Quarz in einer ausserordentlich auffallenden und eigenthümlichen Weise eingelagert. Sie bilden nämlich in diesem in Folge ihrer geringen Dimensionen und ihrer grossen Zahl ein förmliches Pflaster kleiner, farbloser, dem umhüllenden Mineral in Bezug auf Lichtbrechung sehr nahe stehender Körnchen, die auf den ersten Blick gar nichts mit Cordierit gemein

zu haben scheinen. Betrachtet man sie aber, womöglich bei stärkerer Vergrösserung eins nach dem andern, so erkennt man, dass sie recht oft ganz dieselben regelmässigen Formen besitzen, wie die grösseren Cordieritkrystalle. Ferner sind sie bisweilen mit diesen durch alle möglichen Zwischenstufen in der Grössenentwicklung verbunden und stimmen auch in Präparaten, die aus nicht mehr ganz frischen Gesteinsstücken angefertigt sind, in der Art der Zersetzung so vollständig mit ihnen überein, dass man an ihrer Identität nicht zweifeln kann. Die Dimensionen der Cordieritkörner schwanken demnach zwischen 0.01 und 0.5 mm. Auffällig ist ihre Reinheit. Nur ausserordentlich selten umschliessen sie kleine Biotitblättchen. Die Zahl der Zirkonkrystalle im Cordierit und der mit diesen verbundenen pleochroitischen Höfe ist nicht gross.

Der Biotit tritt gleichfalls in einer ganz eigenthümlichen Ausbildungsweise auf, die sich sehr auffällig von der in normalen Gesteinen der archaischen Formationen beobachteten unterscheidet, andererseits aber auch weder mit der in den Foppa-Contactgesteinen, noch mit der in den umgewandelten Quarzphylliten geschilderten übereinstimmt. Er findet sich nämlich in ganz ausgezeichnet hexagonal umrandeten Blättchen von 0.3 bis 0.4 mm Durchmesser. Dieselben sind entweder gleichmässig durch das Gestein verstreut oder an einzelnen Stellen besonders dicht angehäuft. Dabei liegen sie stets ganz richtungslos kreuz und quer durch einander. Bei eintretender Zersetzung verliert der Biotit allmählich seine dunkle Farbe und geht schliesslich in eine farblose, äusserlich dem Muscovit ähnliche Substanz über. Damit verbunden ist die Ausscheidung von Rutil in auffällig grossen Mengen. Obwohl diese Erscheinung zur Genüge bekannt ist, verdient sie doch in der Ausbildungsweise, wie sie hier vorliegt, ein gewisses Interesse. In manchen Präparaten, in denen der Cordierit bereits von der Zersetzung ergriffen ist, erscheint der Glimmer noch ganz frisch, tief braun gefärbt und ohne jede Spur von fremden Einlagerungen. In anderen dagegen, in denen die umwandelnden Processe offenbar schon stärker fortgeschritten sind, besitzt er zwar noch ziemlich lebhaft braune Farbe, aber man nimmt doch schon in den meisten Blättern das Vorhandensein winziger, dunkler, schwarzer Nadelchen wahr. Gar nicht selten sind diese am Rande des Krystalls so ausserordentlich zahlreich, dass in der äussersten schmalen Zone die Glimmersubstanz im Verhältniss zu ihnen fast ganz verschwindet. Aus diesem schwarzen Rand reichen dann einzelne Nadelchen weiter in das Innere hinein. Nur ausnahmsweise aber finden sie sich in solchen Prä-

paraten auch schon in dem Centrum der Krystalle in grösserer Zahl. Auf dieses Stadium der Zersetzung folgt ein neues, in dem die Bleichung des Glimmers und das damit eng zusammengehörige Verschwinden des Pleochroismus sehr augenfällig wird. Gleichzeitig nimmt die Zahl der Rutil-Nadelchen erheblich zu. Sie bilden ausserordentlich zarte, dichte Gewebe und erfüllen die Krystalle ganz und gar. Andererseits beginnt aber auch die Stärke der einzelnen Nadeln zu wachsen. Ja, man findet vereinzelt schon kurze Säulchen, die 0.03 mm Breite bei etwa 0.08 mm Länge besitzen und mit den feinen Nadelchen durch alle möglichen Zwischenstufen in der Grösse verbunden sind. In denselben Präparaten beobachtet man, aber noch ausnahmsweise einzelne Biotitblättchen, die von Quarz umhüllt und so gegen die Einwirkung der zersetzenden Agentien geschützt, keine oder nur äusserst geringe Spuren von Umrandung aufweisen. Sie sind tief braun gefärbt, stark pleochroitisch und entweder ganz frei von Rutilnadelchen, oder doch auffallend arm an diesen. Die secundäre Natur des Rutils ist dadurch ganz zweifellos erwiesen. In dem allerletzten Stadium ist der Biotit vollkommen gebleicht. Die Titansäure hat dann oft bereits einen Transport erlitten, so dass man sehr grosse, über 0.1 mm Länge erreichende und fast 0.1 mm breite Körner von Rutil auch anderweitig in dem Gestein verstreut sieht. Auch in den ehemaligen Biotitlamellen sind die vorher verbreiteten Gewebe feiner Rutil-Nadelchen meist verschwunden und haben grösseren Krystallen und Körnern desselben Minerals Platz gemacht. An diesen kann man nun die charakteristischen Eigenschaften des Rutils ganz deutlich wahrnehmen. Die Lichtbrechung ist ausserordentlich stark und lebhaft. Die Farbe schwankt je nach der Dicke des betreffenden Krystalls zwischen klar goldgelb und trüb gelblich braunroth und gewährt ein sehr bequemes Unterscheidungsmittel gegenüber dem in denselben Präparaten überall zu beobachtenden farblosen Zirkon. Bemerkenswerther Weise sind nun die Nadeln und Krystalle dieses secundären Rutils sowohl dort, wo sie in grösserer Zahl dichte Gewebe zusammensetzen, wie dort, wo säulenförmige Krystalle in kleiner Zahl, ohne einander zu berühren, in den zersetzten Glimmerblättern liegen, ausserordentlich häufig zu regelmässigen, in basischen Schnitten einander unter 60° schneidenden Systemen angeordnet. Da nun Zwillingsverwachungen so gut wie gar nicht beobachtet wurden, und nicht selten auch frei und vereinzelt liegende Krystalle dieselbe Anordnungsweise erkennen lassen, so hat hier unzweifelhaft der in Zersetzung begriffene Glimmer auf die in Form von Rutil ausgeschiedene

Titansäure eine richtende Kraft ausgeübt¹⁾. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass dieselbe nicht in allen Blättern des Biotits und nicht an allen Stellen derselben in gleicher Stärke gewirkt hat. Denn man beobachtet in manchen Blättern auch ziemlich unregelmässige Lagerung der Rutilnadeln, und ferner scheint die Anordnung der kleinen Nadelchen in der äussersten oben beschriebenen, an sehr vielen Krystallen deutlich ausgebildeten Randzone um sehr viel regelloser zu sein als in dem Innern.

Der Quarz tritt ganz in der Ausbildungsweise auf, die er in den Contactfelsen der Foppa hat, d. h. in grossen, ganz unregelmässig gestalteten Individuen, welche die Zwischenräume zwischen den Cordieritkrystallen ausfüllen. Flüssigkeitseinschlüsse sind, wenigstens in kleiner Zahl, vorhanden.

Plagioklas wurde nur in vereizelten Präparaten beobachtet. In Bezug auf Gestaltung gilt auch von ihm das eben vom Quarz Gesagte.

Der Apatit hat ganz dieselbe Ausbildungsweise wie in den Contactgesteinen der Foppa; doch ist seine Menge hier auffallend gross. — Ueber den Zirkon und die spärlichen opaken Eisen-erzkörnchen ist nichts zu sagen.

Eine Zusammenstellung all' der Contactgesteine des Mojádiorits dürfte unnöthig sein, da dieselben bereits bei der Schilderung ihrer geologischen Beziehungen sehr ausführlich besprochen wurden.

III. Eruptivgesteine.

Die mir bekannt gewordenen Eruptivgesteine des Aviölogebietes treten theils in Form von Stöcken, theils als Gänge auf. Die erstere Gruppe hat nur zwei Vertreter, nämlich den Tonalit und den hornblendefreien Quarz-Glimmer-Diorit des Val Moja. Der zweiten gehören 20 verschiedene, anstehend aufgefundene Vorkommen an. Eines von diesen wurde im Tonalit beobachtet, die anderen treten sämmtlich im Schiefergebirge auf. Ihre porphyrische Structur und der triklone Charakter des in ihnen dominirenden Feldspaths kennzeichnen sie, wie bereits hervorgehoben, als Porphyrite.

¹⁾ Es ist dies demnach der auch von A. CATHREIN (Neues Jahrbuch f. Min. etc., 1888, Bd. II, p. 151—165) als möglich zugegebene, wenn auch für unwahrscheinlich gehaltene Fall, dass „eine krystallographische Orientirung von Seiten des Glimmers auf die sich ausscheidenden Rutilkryställchen“ stattgefunden hat.

Als Stöcke auftretende Gesteine.

1. Tonalit.

Eine genaue makroskopische Schilderung dieses Gesteins ist unnöthig. Man vergleiche darüber besonders die grundlegende und mustergültige Arbeit GERHARD VOM RATH's und die späteren Arbeiten BALTZER's. Der Tonalit des Monte Aviolo unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der übrigen Adamellogruppe; dennoch mögen die beobachteten Varietäten hier kurz Erwähnung finden, da einige unter ihnen ein gewisses Interesse verdienen. Das normale und am weitesten verbreitete Gestein ist der typische, hornblendereiche Quarz - Glimmer - Diorit, wie ihn GERHARD VOM RATH auf dem Passo Tonale fand. Hornblende und Glimmer treten darin in ziemlich gleichen Mengen auf. Das erstere Mineral findet sich mitunter in langen, schmalen Säulchen, die sich gern mehr oder weniger parallel richten und dann eine Art makroskopischer Fluidalstructur erzeugen. Doch ist diese Erscheinung stets nur auf wenige Quadratdecimeter der Oberfläche des Gesteins beschränkt. (In der Foppa stellenweise an den Wänden des Thalschlusses.) Durch Vermehrung des Glimmer- und Hornblendegehaltes und Zurücktreten von Quarz und Feldspath werden sehr dunkel gefärbte Varietäten hervorgebracht; andererseits aber kann bei normal bleibender Glimmermenge die Hornblende immer mehr zurücktreten, bis schliesslich ganz hornblendefreie Tonalitabänderungen entstehen. Dieselben sind in der Foppa ziemlich weit verbreitet, und es ist demnach nicht richtig, dass der Tonalit immer durch einen Hornblendegehalt ausgezeichnet sei. Eine umgekehrt nur Hornblende führende, glimmerfreie Varietät scheint dagegen nirgends vorzukommen, wenn auch oft genug die Hornblende sehr stark den Glimmer überwiegt. Am meisten Interesse unter allen Abarten des Tonalits verdient wohl die bereits besprochene granatreiche Varietät, die aus den oben angeführten Gründen wenigstens in der Foppa mit Sicherheit als eine „endogene Contact-Modification“ aufzufassen ist. Ob dieselbe auch in anderen Theilen der Adamellogruppe eine grössere Verbreitung besitzt, das ist zweifelhaft. Es spricht dafür eine Angabe von FINKELSTEIN (l. c., p. 315) über das Auftreten von Granat im Tonalit des Monte Frerone in der Nähe des Contactes mit den Triasschichten. Dennoch ist es durchaus nicht ausgeschlossen, dass Granaten im Tonalit als accessorische Gemengtheile auftreten könnten, ohne dass eine stoffliche Beeinflussung des letzteren durch den Contact mit dem Nebengestein die Ursache ihrer Entstehung zu sein brauchte. Ueber die Art und Weise des Auftretens der von CURIONI und LEPSIUS erwähnten Granat füh-

renden Tonalit-Varietäten, ist Genaueres bisher nicht mitgetheilt worden. Bezüglich der Fundorte solcher Gesteine in der Foppa möchte ich angeben, dass der eine ganz leicht zu erreichen und den Einwohnern des Hauptthales unter dem Namen „il buco delle Granate“ wohl bekannt¹⁾ ist. Die Grösse der Granaten schwankt im Allgemeinen zwischen wenigen Millimetern und einem Centimeter. Sie haben bräunlich rothe Farbe und sind ausserordentlich scharf krystallisirt. Gewöhnlich lassen sie nur die Flächen eines Ikositetraëders erkennen. In den Varietäten aber, welche ich auf den beiden seitlichen Gehängen der Foppa auffand, ist neben dem vorwaltenden Ikositetraëder auch noch das Rhombendodekaëder und ein Hexakisoktaëder ausgebildet. Die winzigen Flächen dieses letzteren stumpfen die Combinationskanten der beiden anderen Formen gerade ab, gehören also der Form $3\ 0\ \frac{3}{2}$ (321) an. Mit den Granaten zusammen liegen an dem erstgenannten Fundort sehr zahlreiche grosse, braun-schwarze Glimmerkrystalle, die nach der c-Axe säulenförmig ausgebildet sind. Sie erreichen mitunter fast 1 cm Durchmesser. Dagegen ist in den granatreichen Varietäten der beiden Abhänge die Betheiligung des Glimmers nicht stärker als in dem normalen Tonalit. U. d. M.²⁾ erkennt man ausser den schon dem unbewaffneten Auge sichtbaren Gemengtheilen noch Magnetit, Zirkon, Apatit, Titanit³⁾. Orthit habe ich niemals gefunden, Spinell nur als Einschluss in dem Feldspath des Granat führenden Tonalits. Dort ist er aber wahrscheinlich gar nicht ein diesem eigenthümlicher Gemengtheil, sondern nur ein nicht mit eingeschmolzener Rest des spinellreichen Cordieritgesteins⁴⁾. — Von allen Gemengtheilen sind die accessorischen: Zirkon, Magnetit, Apatit, Titanit am wenigsten in ihrer Formentwicklung gestört. Von den übrigen Gemengtheilen sind im Allgemeinen Hornblende und Glimmer früher ausgeschieden als der Feldspath, und dieser wieder früher als der Quarz. Der letztere umschliesst alle anderen Mineralien, die mit ihm zusammen vorkommen. In manchen Varietäten, in welchen die Hornblende auffällig grosse, bis

¹⁾ Auf diese Stelle bezieht sich jedenfalls die von CURIONI (Ricerche, 1873, p. 348) gegebene Notiz, dass „östlich von Mü in dem Val Camonica“ Granaten im Tonalit vorkämen.

²⁾ Eine genaue mikroskopische Beschreibung des Tonalits ist meines Wissens noch nicht gegeben worden. Man vergl. übrigens ROSENBUSCH, Mikr. Physiogr., II, p. 113, wo auch bereits die Vermuthung ausgesprochen ist, dass der Granat durch den Contact bedingt sei.

³⁾ Nach CATHREIN auch Pyrit.

⁴⁾ Leider geht aus der Notiz von v. CHROUSTSCHOFF nicht hervor, woher die von ihm untersuchte und Spinell führende Tonalit-Art stammt, und wie sie sonst zusammengesetzt war.

2 cm lange Krystalle bildet, umhüllt sie nicht nur die accessoirischen Gemengtheile, sondern auch Glimmer und selbst Feldspath, ist also jünger als dieser.

Allerdings sind bei dem Feldspath ganz besondere Verhältnisse zu berücksichtigen. Er zeigt nämlich jene eigenthümliche, zuerst von HÖPFNER ¹⁾ und TÖRNEBOHM ²⁾ aufgefundenen, später so vielfach beobachtete Erscheinung des Aufbaues aus isomorphen Schichten von verschiedener und zwar nach dem Rande hin zunehmender Acidität. Die Auslöschungsschiefe ist in den äusseren Parteen viel geringer als in den inneren, nimmt aber so allmählich zu, dass das Maximum der Dunkelheit beim Drehen des Objecttisches ganz continuirlich über den Krystall hinwegzugleiten scheint. Die zuerst ausgeschiedene Feldspathsubstanz, die jetzt den Kern der Krystalle bildet, weicht in einzelnen Schnitten um fast 30° in der Auslöschungsschiefe von der äussersten Randzone ab und ist jedenfalls viel kalkreicher als diese, da sie auch von der Zersetzung rascher ergriffen wird. Sehr häufig beobachtet man das Centrum der Krystalle bereits völlig getrübt, obwohl ihre peripherischen Schichten noch ganz frisch erscheinen. Im engsten Zusammenhang damit steht die Erscheinung, dass die inneren Zonen der Feldspathkrystalle oft ganz ungestört ausgebildet sind, während die äusseren, deren Krystallisation schon mit der Festwerdung des Quarzes zusammenfiel, sich mit diesem gegenseitig in der Formentwicklung hinderten und nun mit ihren zackigen Umrissen in einem auffallenden Gegensatz zu dem geradlinigen Verlauf der inneren Zonengrenzen stehen. Zu bemerken ist noch, dass der Feldspath fast stets polysynthetische Verzwillingung nach dem Albitgesetz aufweist. Wo dieselbe fehlt, dürfte man es dennoch nicht mit Orthoklas-, sondern mit Plagioklaskrystallen, die parallel der Zwillingssebene geschnitten sind, zu thun haben. Verzwillingung nach dem Periklingesetz kommt nicht häufig daneben vor. Aus dem Gesagten ergibt sich, dass der Feldspath des Tonalits überhaupt kein bestimmtes Glied in der Plagioklasreihe darstellt und dass daher die von GERHARD VOM RATH (l. c.) ausgeführte Analyse nicht die Zusammensetzung eines solchen ergeben konnte, sondern nur einen Mittelwerth der Zusammensetzungen sämmtlicher in dem Tonalit auftretenden Plagioklase. — Dass der Feldspath die accessoirischen Gemengtheile, sowie Hornblende und Glimmer gelegentlich umhüllt, ist bereits erwähnt worden.

¹⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., 1881, II, p. 164. Ueber das Gestein des Monte Tajumbina in Peru.

²⁾ Ebenda, 1877, p. 392.

Auch Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglichen Lamellen wurden in ihm beobachtet. In vereinzelten Fällen sah ich granophyrische Verwachsung von polysynthetisch verwilligtem Plagioklas und Quarz.

Bei dem Quarz möchte ich nur hervorheben, dass die haarförmigen Mikrolithen, die von ROSENBUSCH (l. c.) in ihm beobachtet wurden, jedenfalls nicht überall vorkommen. Wenigstens konnte ich sie in den Präparaten von dem Tonalit des Monte Aviolo, selbst bei sehr starker Vergrösserung, nicht erkennen.

Der Glimmer besitzt den bekannten starken Pleochroismus zwischen hell strohgelb und tief braun. Der Winkel der optischen Axen ist nur sehr klein; die Axenebene geht der Symmetrieebene parallel.

Die Hornblende wird stets mit grünen Farbentönen durchsichtig¹⁾. Die Intensität der Färbung ist bei annähernd gleicher Dicke der Präparate in den Hornblenden verschiedener Fundorte mitunter sehr verschieden. Ihr Pleochroismus ist in manchen Vorkommen nicht sehr stark. Sowohl die Hornblende wie der Glimmer liefern bei eintretender Zersetzung als Hauptproduct Chlorit, daneben aber auch sehr vielfach Epidot. Letzterer bleibt entweder mit dem Chlorit zusammen an der Stelle des zersetzten Krystalls oder er siedelt sich auf Spältchen des Gesteins an. Im Allgemeinen bildet er kleine und grössere Körnchen, mitunter aber tritt er in garbenförmigen, aus einzelnen Krystallstrahlen zusammengesetzten Gebilden auf.

Von accessorischen Gemengtheilen verdient nur der Granat noch Erwähnung. Er wird mit blass rosarother Farbe durchsichtig, hebt sich durch seine starke Lichtbrechung von den umliegenden Gesteinsparticen ab und umschliesst zahlreiche, farblose Mineralpartikel, hauptsächlich wohl Quarz. Zwischen gekreuzten Nicols bleibt er dunkel. — Auch einige von den bekannten, sphäroidalen, dunklen Körpern, welche sich im Tonalit so häufig finden und von REYER (l. c., p. 421) den drastischen, aber charakteristischen Namen „Schlierenknödel“ erhalten haben, wurden der mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Es ergab sich dabei nur, dass, wie vorausszusehen, diese Körper hauptsächlich aus den basischeren Mineralien, nämlich Hornblende und Glimmer, zusammengesetzt sind. Feldspath ist gewöhnlich noch in ziemlichen Mengen vorhanden, Quarz dagegen fast gar nicht. Mitunter enthalten sie sehr viel Apatit. Auch die übrigen accessorischen Gemengtheile Titanit, Zirkon und Magnetit wurden darin beobachtet.

¹⁾ Wenigstens in all' den von mir untersuchten Präparaten. ROSENBUSCH, Mikr. Physiogr., Bd. I, p. 468, sagt dagegen: „Die gemeine Hornblende erscheint tief braun bis braun-roth im Tonalit“.

Die Zahl der „Schlierenknödel“ ist in der Foppa nur klein. Eine parallele Anordnung, wie sie REYER beschreibt, habe ich nicht wahrnehmen können. Jedenfalls sind sie früher als die Hauptmasse des Tonalits erstarrt. Im Gegensatz zu ihnen stehen die eigenthümlichen weissen, feinkörnigen Gebilde, die REYER gleichfalls im Tonalit der südöstlichen Adamellogruppe beobachtet und als „Kluftblätter“ bezeichnet hat. Ich kann dem, was er über ihre Genesis sagt, nur beipflichten¹⁾. Makroskopisch sind sie deutlich von dem Nebengestein abgegrenzt und bilden schmale, gangähnliche Parteen in dem normalen Tonalit; indessen erkennt man bei genauerer Betrachtung, besonders mit der Lupe, dass die Grenze keine so scharfe ist wie bei echten Gängen. Auch diese Kluftblätter haben in der Foppa nicht annähernd die Verbreitung, wie in den von REYER besuchten Gebieten. In den mikroskopischen Präparaten, die aus ihrem Gestein angefertigt wurden, fanden sich als wesentliche Gemengtheile Feldspath und zwar gestreifter und ungestreifter, sehr viel Quarz, sehr wenig Biotit, aber viel offenbar primärer Muscovit, Hornblende fehlt ganz. In seiner Structur unterscheidet sich das Gestein insofern etwas vom Tonalit, als hier mitunter zahlreiche kleine Körner von Quarz und ungestreiftem Feldspath eine Art Teig bilden, in der die grösseren, aber unregelmässig umgrenzten Quarz- und Plagioklas-Individuen eingebettet sind. Der Plagioklas stimmt ganz genau mit dem des Tonalits überein, ist aber hier viel reiner und lässt die Erscheinung des Aufbaues aus isomorphen, allmählich in einander übergehenden Schichten in Folge dessen noch schöner erkennen.

2. Der hornblendefreie Quarz-Glimmer-Diorit des Val Moja.

Dieser Diorit ist ein granitisch aussehendes, feinkörniges, holokrystallines Gestein, in dem man mit unbewaffnetem Auge schwarz-braunen Biotit, grau-weissen Quarz und weissen Feldspath unterscheidet. U. d. M. erkennt man ausser diesen Mineralien noch Apatit, Magnetit, Zirkon, Titanit als accessorische Gemengtheile. Feldspath und Quarz herrschen vor und sind in ziemlich gleichen Mengen vorhanden.

Der Feldspath scheint mit dem im Tonalit gefundenen und bereits ausführlich beschriebenen Plagioklas völlig identisch zu sein. Er ist fast stets polysynthetisch verzwilligt und zeigt

¹⁾ l. c., p. 428: „Es macht entschieden den Eindruck, als ob aus einer Masse, in welcher noch einige Gemengtheile beweglich waren, gerade diese in die entstandenen Klüfte vorgeschoben (ausgeschwitzt) worden seien.“

ebenso wie jener das Phänomen des Aufbaues aus isomorphen, chemisch verschiedenen Schichten mit all' den damit verbundenen Nebenerscheinungen. Die Differenz in den Auslöschungsschiefen der basischen Kerne und der äussersten Zonen beträgt auch hier mitunter 30°. Weitere Einzelheiten brauchen nicht angeführt zu werden, weil das für den Feldspath des Tonalits Gesagte Wort für Wort Geltung hat.

Auch von dem Quarz ist wenig zu berichten. Seine Ausscheidung fiel, wie im Tonalit, mit der der äussersten Feldspathzonen zusammen. Infolgedessen stürte er diese in der Formentwicklung. Als Einschlüsse beobachtet man in dem Quarz die accessorischen Gemengtheile, ferner Glimmer und Feldspath. Endlich umhüllt er auch noch zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse mit zum Theil beweglichen Libellen.

Der Biotit tritt in grossen, unregelmässig begrenzten Lamellen auf. Sein Pleochroismus ist stark; sein Farbenwechsel bewegt sich zwischen licht bräunlich gelb und tief braun. Bei eintretender Zersetzung wird er zuerst gebleicht, geht dann in faserige, chloritische Massen über und scheidet hierbei mitunter spärliche Rutil - Nadelchen aus.

Der Zirkon findet sich in ausgezeichnet scharf ausgebildeten Kryställchen, die von Pyramidenflächen begrenzt und nicht selten parallel OP abgesondert sind. Apatit tritt in langen, farblosen Nadeln, Titanit in schwach röthlich gefärbten Krystallen, Magnetit in unregelmässigen, opaken Körnern auf.

Wir haben nun dies Gestein sowohl in seinen geologischen Beziehungen wie seinem petrographischen Charakter nach kennen gelernt. Ich möchte daher jetzt kurz auf eine Frage eingehen, welche sich mir bei seiner Untersuchung aufdrängte. Denkt man nämlich daran, dass der Mojadoritstock nur etwa 2 Kilom. von dem Tonalit entfernt ist, dass beide Gesteine zu dem Quarz-Glimmer-Diorit zu rechnen sind und beide eine Contactmetamorphose der benachbarten Schiefer bewirkt haben, dass endlich die durchgreifende Lagerung des Tonalits mit Sicherheit constatirt wurde, so wird man die Möglichkeit nicht ohne Weiteres von der Hand weisen wollen, dass der Mojadoritstock vielleicht nichts anderes sei als eine mächtige Apophyse des Tonalits. Die drei folgenden Gründe scheinen mir indessen dagegen zu sprechen: 1. Der Mojadorit ist ganz hornblendefrei. 2. Er besitzt niemals die für den Tonalit so charakteristischen, sphäroidalen, wesentlich aus den basischen Gemengtheilen des Eruptivgesteins zusammengesetzten Körper. 3. Da die zur Beobachtung gelangten, z. Th. noch nicht 1 m breiten Gänge von Tonalit dieselbe grobkörnige Structur besitzen wie die Hauptmasse dieses

Gesteins, so würde man das auch von einer Apophyse von der Mächtigkeit, wie sie der Mojadoritstock besitzt, erwarten. Indessen erreichen aber die Körner der einzelnen Gemengtheile niemals wesentlich mehr als 1 mm im Durchmesser, gewöhnlich noch weniger, stehen also hinter der Grösse der tonalitischen Gemengtheile erheblich zurück. — Aus den angeführten drei Gründen halte ich es für wahrscheinlich, dass der Mojadorit nicht in Beziehungen zu dem Tonalit steht, sondern als ein von diesem unabhängiges Eruptivgestein aufzufassen ist.

Porphyrite.

Aus mehreren Gründen habe ich darauf verzichtet, schon jetzt eine eingehende petrographische Beschreibung der hierher gehörigen Gesteine zu geben. Erstens nämlich war es bei einem erheblichen Theil derselben unmöglich, auch nur halbwegs frische Stücke zu erlangen. Zweitens glaube ich, dass derartige Untersuchungen von Eruptivgesteinen nur dann zu allgemeineren Resultaten führen können, wenn der Bearbeitung ein viel umfangreicheres Material zu Grunde liegt als das in diesem Fall zur Verfügung stehende, zumal da die porphyrischen Eruptivgesteine des Aviölogebietes sehr verschiedenen Gruppen der Porphyritfamilie angehören. Endlich ist die geologische Stellung der Gesteine dieser Gruppe in unserem Fall eine derartige, dass selbst das gänzliche Fehlen einer petrographischen Beschreibung derselben das geologische Bild des betreffenden Gebirgstheiles kaum wesentlich stören würde. Ich werde mich daher im Folgenden darauf beschränken, einen Ueberblick über ihre Structur und mineralogische Zusammensetzung zu geben, ohne auf irgend welche specielleren Einzelheiten einzugehen.

Die 20 von mir gesammelten Vorkommen gehören den drei Gruppen der Quarz-Glimmer-Porphyrite, der Hornblende-Porphyrite und der Augit- bzw. Uralit-Porphyrite an. Diese verschiedenen Gruppen sind indessen nicht scharf von einander getrennt, sondern durch Uebergänge verbunden. Sie wurden ihrerseits wieder der Uebersichtlichkeit halber in Unterabtheilungen von nur localer Bedeutung eingetheilt. — Vorausgeschickt sei noch, dass die Grundmassen sämmtlicher Gesteine holokrystallin sind.

A. Quarz-Glimmer-Porphyrite.

1. Gestein vom Monte Colmo. Porphyrisch: grosse, abgerundete Quarzkörner, in welche die Grundmasse buchtförmig eindringt. Zonar gebaute, scharf umgrenzte Plagioklaskrystalle. Krystallographisch schlecht umgrenzte Biotitblätter. Accessorisch: vereinzelte Granatkörner. Die Grundmasse besteht aus Fetzen von Biotit, farblosen Körnchen von Quarz und meist

ungetreiftem Feldspath. Krystallconturen zeigen die Gemengtheile der Grundmasse nur ausnahmsweise; am meisten beobachtet man sie noch an dem Biotit. Der Grössenunterschied zwischen den porphyrischen Individuen (über 1 mm) und denen der Grundmasse (unter 0,01 mm) ist sehr beträchtlich.

2. Gesteine aus mehreren Gängen vom Piccolokamm, möglicher Weise den Schichtflächen der Schiefer concordant eingedrungen. Porphyrisch: ziemlich regelmässig krystallisirte, zonar gebaute Plagioklas-Individuen. Einheitliche Biotitblätter von derselben Ausbildung, aber geringerer Grösse als bei 1. Daneben dichte Zusammenhäufungen kleiner Glimmerblättchen, gewissermaassen die Stelle porphyrischer grösserer Blätter vertretend. Nur ausnahmsweise porphyrische Quarzkörner, die anscheinend corrodirt sind. Die Grundmasse besteht aus farblosen Körnchen von Quarz und meist ungestreiftem Feldspath, aus Glimmerfetzchen und aus ziemlich grossen Körnern und Stengeln einer hell grünen, fast gar nicht pleochroitischen, monoklinen Hornblende (Aktinolith). Nur diese letztere ist gut krystallisirt. Der Grössenunterschied zwischen den porphyrischen Krystallen und den Gemengtheilen der Grundmasse ist nicht so beträchtlich wie bei der ersten Gruppe. Der ganze mikroskopische Habitus erinnert vielfach an manche Contactschiefer mit porphyrtiger Structur.

3. Drei verschiedene Vorkommen aus der Valletta di Sonico, in der Nähe des Baches. Porphyrisch: Plagioklaskrystalle, regelmässig aber nicht so scharf begrenzt wie in 1. und 2. Ganz vereinzelt grosse Biotitblätter, sehr oft gewissermaassen porphyrisch, compacte Anhäufungen kleiner Biotitblättchen. Grössere Quarze fehlen ganz. Die Grundmasse besteht aus Biotitfetzchen und farblosen Körnern von Quarz und ungestreiftem Feldspath. Der Grössenunterschied zwischen den porphyrischen und den Grundmassen-Gemengtheilen ist sehr erheblich. Anscheinend haben mechanische Deformationen stattgefunden. Es deuten darauf die wahrscheinlich aus früher einheitlichen Biotitkrystallen hervorgegangenen Anhäufungen kleiner Blättchen, sowie eine auffällende parallele Anordnung der allerkleinsten Biotitfetzchen der Grundmasse; endlich auch die mitunter unscharfe, wie angebrochen aussehende Umrandung der Plagioklase. — Hierher wurde noch ein viertes, gleichfalls aus der Valletta di Sonico stammendes Gestein gestellt, das makroskopisch sehr ähnlich, mikroskopisch sich in mehreren Punkten unterscheidet. Mit den übrigen Gruppen ist noch weniger Verwandtschaft vorhanden. In ihm ist eine eigentlich porphyrische Structur nicht vorhanden. Die Gemengtheile variiren in der Grösse, sind aber durch zahlreiche Zwischenstufen eng mit einander verbunden. Der Feldspath zeigt verhältniss-

mässig seltener Zwillingstreifung und ist unregelmässiger umrandet. Quarz ist sehr wenig vorhanden. Der Glimmer tritt in derselben Weise auf wie bei den übrigen Gesteinen dieser Gruppe.

B. Hornblende-Porphyrite.

1. Quarzfreie bis quarzarme, glimmerreiche bis glimmerarme Hornblende - Porphyrite. Es gehören hierher zwei Vorkommen aus dem Val Moja, zwei aus der Schlucht der Valletta di Sonico und eins vom linken Gehänge des Aviothales, 100 bis 200 m über dem Bach an einem schmalen Fusspfad. Von den beiden Gesteinen aus dem Mojathal ist das eine das p. 461 erwähnte, von STACHE und v. FOULLON (l. c.) beschriebene; das zweite tritt anstehend oberhalb des Dioritstockes auf. — Porphyrisch: scharf krystallisirte Plagioklas-Individuen und bald scharf krystallisirte, bald nicht sehr regelmässig umrandete Hornblendekrystalle; ferner seltene, gewissermaassen als porphyrische Gemengtheile fungirende Zusammenhäufungen kleiner Biotitblättchen. Die Grundmasse besteht aus wenig leistenförmigen, meist nur in Körnern auftretendem, fast immer ungestreiftem Feldspath, Glimmer- und Hornblendefetzchen und -Nädelchen. Quarzkörner dürften nicht selten sein. Die Hornblende ist in dem von v. FOULLON beschriebenen Gestein gut krystallisirter, hell grüner, äusserst schwach pleochroitischer Aktinolith und tritt darin nur in der Grundmasse auf. In den übrigen Vorkommen ist sie deutlich pleochroitisch. Ihr Farbenwechsel geht von hell gelb-grün bis dunkel schmutzig grün. Sie ist in der Grundmasse unregelmässig umgrenzt, findet sich aber stets auch porphyrisch in meist besser krystallisirten Individuen. Fast immer findet man kleine Biotitblättchen mit ihr vergesellschaftet und zwar entweder in sie eingewachsen, oder an sie angelagert, oder endlich den ganzen Hornblendekrystall vollständig umgebend.

2. Glimmer- und quarzfreie Hornblende-Porphyrite. Hierher gehört nur ein einziges, zwei Varietäten bildendes Gestein, das die Ilmenitfruchtschiefer in dem Contacthof des Mojadorits durchsetzt. Es ist aber so charakteristisch und abweichend ausgebildet, dass es nicht mit B. 1. vereinigt wurde. — Porphyrisch: ganz scharf krystallisirte Individuen von leistenförmigem Plagioklas und Hornblende. Diese letztere ist lebhaft pleochroitisch ($c = b$: dunkel gelblich braun, a : licht bräunlich gelb) und ausserordentlich häufig verzwillingt, wobei das Orthopinakoid Zwillingsebene ist, die Verwachsungsnaht aber ganz unregelmässig zackig verläuft. Die Grundmasse besteht aus stets leistenförmigem und gestreiftem Feldspath, sowie aus einer zweiten Generation von ebenso gefärbter, aber sehr oft unregelmässig gestalteter Horn-

blende. Im Ganzen sind aber hier die Elemente der Grundmasse besser krystallisirt als in den anderen beschriebenen Gesteinen. Die beiden Varietäten unterscheiden sich dadurch, dass die eine vom Salband des Ganges stammende sehr viel mehr Grundmasse und sehr viel weniger porphyrische Plagioklaskrystalle enthält als die andere. Es ist sogar in ihr nicht ganz ausgeschlossen, dass Spuren einer Basis vorhanden wären.

C. Augit- bzw. Uralit-Porphyrite.

1. Uralit-Porphyr. Gang im Tonalit des Colnokammes. Dies Gestein vermittelt sehr gut den Uebergang von dem eben beschriebenen zu den noch folgenden Porphyriten. Porphyrisch treten darin erstens sehr scharf krystallisirte, nach dem Brachypinakoid dünn tafelförmige Plagioklaskrystalle auf, zweitens bis 1 mm grosse Krystalle von Uralit. Derselbe lässt gar nicht selten die charakteristischen Augitformen erkennen und wird gebildet von einer zwischen hell gelb-grün und etwas dunklerem hell grün pleochroitischen Hornblende. Auch unregelmässigere Schmitte sind ganz von dieser Hornblende erfüllt, nur dass dann häufig kleine Biotitblättchen innig mit ihr verbunden sind und die gleiche Entstehung haben dürften. Die Grundmasse besteht aus oft wohl umgrenzter, primärer Hornblende, ziemlich viel gestreiften Feldspathleisten und ungestreiften Feldspatkörnern. Die Hornblende überwiegt. Ihr Pleochroismus bewegt sich von grünlich braun zu reinem dunkel braun. Der Grösseunterschied der porphyrischen Gemengtheile und der der Grundmasse ist sehr erheblich.

2. Hierher gehören fünf Vorkommen, wovon eins in dem unteren Val Moja, zwei an der Strasse von Edolo nach Incudine, zwei in dem unteren Val Finale gefunden sind. All' diese Gesteine sind von unwandelnden Vorgängen in hohem Maasse ergriffen und liegen jetzt in einem solchen Zustande vor, dass man auf ihre ursprüngliche Structur und mineralogische Zusammensetzung nur unvollständige Schlüsse ziehen kann. Allen gemeinsam sind folgende Gemengtheile: Augit in bis 0,5 mm langen, breiten Krystallen; uralitische Hornblende in scharf begrenzten Schnitten, in kleinen, überall zerstreuten Fetzchen und in grösseren Anhäufungen auf Spalträumen des Gesteins; Plagioklas in ziemlich grossen Krystallen. Der Augit ist schwach pleochroitisch. Sein Farbenwechsel bewegt sich zwischen blass rosa roth und hell bräunlich. Meist ist er ganz in trübe Aggregate von winzigen Körnchen zersetzt, die mitunter Aehnlichkeit mit Epidot haben. Die uralitische schillige Hornblende erfüllt den allergrössten Theil des Gesteins, umlagert, wenn auch selten, den

eben beschriebenen Augit, tritt im Plagioklas in kleinen Mengen, hauptsächlich aber selbstständig in grossen Schnitten und Anhäufungen auf. Sie ist völlig identisch mit dem Uralit des vorher beschriebenen Gesteins. Auffällig ist es, dass sie an manchen Stellen der Gesteine einen anderen Farbenwechsel, nämlich zwischen gelblich grün und bläulich grün, besitzt. Der Plagioklas ist stark zersetzt und scheidet allerhand faserige, unbestimmbare Producte, zum Theil Epidot aus. Ausser den genannten Gemengtheilen beobachtet man noch Titaneisen, das in Titanitbildung begriffen ist, und unregelmässig umrandete Biotitblätter. Gewöhnlich entstehen nun ferner aus der secundären Hornblende, wiederum secundär, Epidot, Chlorit und Calcit, sodass man in dem Gestein ein Gewirr sehr verschiedenartiger, theils wohl durch mechanische, theils durch chemische Umwandlungsvorgänge erzeugter Mineralien vor sich hat. Ob diese Gesteine jemals eine wirkliche Grundmasse besessen haben, ist recht zweifelhaft. Würden feinkörnige Diabase aus jenen Gegenden bekannt sein, so wären sie mit grösserer Wahrscheinlichkeit zu diesen zu stellen, als zu den Porphyriten. Andererseits ist die Aehnlichkeit mit dem unter C. 1. beschriebenen, echten Uralit - Porphyrit unbestreitbar. Endlich wurde in dem mittleren Val Moja noch ein anderes Vorkommen gefunden, das mit den fünf eben geschilderten vollkommen übereinstimmt, nur jenen bräunlich rothen, zu trüben Producten zersetzten Augit nicht führt und dadurch auch einen Uebergang zu dem Gestein von C. 1. vermittelt. Ich möchte übrigens der Vermuthung Raum geben, dass möglicher Weise der jetzt als Uralit vorliegende und jener andere bräunlich rothe, so oft noch erhaltene Augit primär verschiedenen Pyroxenarten angehört haben. Es spricht dafür die Thatsache, dass der Uralit nur sehr selten mit den trüben Zersetzungsproducten des anderen Augits oder gar mit diesem selbst vergesellschaftet auftritt.

3. In dem mittleren Val Finale wurden zwei unzweifelhaft gangförmige Eruptivgesteine aufgefunden, die, mikroskopisch untersucht, sich als fast ganz aus Chlorit und Kalkspath bestehend erwiesen. Ausserdem treten noch vereinzelte Körner von einem bald anlässlich frischen, bald Leukoxen ausscheidenden Eisenerz, sowie von Quarz auf. Die Gesteine sind von weissen Adern durchzogen, die der Hauptsache nach aus Kalkspath gebildet sind, aber auch vereinzelte Quarzkörner führen. Letztere sind offenbar ebenso wie der Kalkspath neugebildet. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass diese beiden Gesteine ursprünglich wie die Gesteine der Gruppe C. 2. zusammengesetzt waren.

Zum Schluss möge mit wenigen Worten einer Erscheinung gedacht werden, die bisher der Uebersichtlichkeit halber nur ausnahmsweise Erwähnung fand, und deren Bedeutung auch für die hier untersuchten Gesteine keine sehr grosse ist; ich meine die mikroskopisch erkennbaren Wirkungen des Gebirgsdruckes. Nur bei den zuletzt behandelten Eruptivgesteinen haben wir mitunter davon gesprochen; aber auch in sämtlichen Schichtgesteinen, welche an dem Aufbau des Monte Aviolo theilnehmen, und zwar sowohl in den unveränderten, wie in den metamorphosirten sind diese „kataklastischen“ Phänomene wenigstens gelegentlich wahrnehmbar. Sie äussern sich besonders schön beim Feldspath und beim Quarz, indem sie bald nur optische Anomalien hervorrufen (undulöse Auslöschung), bald ganz erhebliche mechanische Deformationen erzeugen. Im letzteren Fall beobachtet man nicht selten mehr oder weniger vollständige Zertrümmerung ursprünglich einheitlicher Krystalle, wobei dann entweder grössere Theile derselben an mikroskopisch kleinen Verwerfungsspalten um oft weniger als 0,01 mm an einander verschoben werden, oder aber das ganze Individuum in zahlreiche kleine, sehr verschiedenartig gestellte Bruchstücke zerdrückt wird. Auch Biegungen und Stauchungen von Plagioklas - Zwillingslamellen sind gelegentlich zu beobachten. Beim Biotit und beim Muscovit nahm ich ausser den sehr verbreiteten und jedenfalls häufig nicht auf Gebirgsdruck zurückzuführenden Biegungen, noch Zerreissungen, verbunden mit seitlicher Verschiebung der getrennten Theile wahr. Auch bei Zirkonkrystallen sind nicht selten die einzelnen parallel OP abgesonderten oder durch Zerbrechung erzeugten (?) Stücke derartig seitlich verschoben, dass man wohl nichts anderes als den Gebirgsdruck für die Ursache der Erscheinung halten kann.

R ü c k b l i c k.

Die Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sind die folgenden:

1. Der Tonalit des nordwestlichsten Theils der Adamellogruppe ist in seiner ganzen Masse jünger als die ihn umgebenden krystallinen Schiefer der Gneiss-Phyllitgruppe.
2. Er hat diese auf viele Hundert Meter Entfernung hin metamorphosirt.
3. Die Producte der Contactmetamorphose sind petrographisch merkwürdige, durch einen auffallend hohen Gehalt an Cordierit ausgezeichnete Gesteine.

4. Die aus solchen Gesteinen zusammengesetzte Contactzone begleitet die Tonalitgrenze sicher auf der fast 14 Kilom. langen Strecke zwischen dem Passo Gallinera und dem Val d'Avio, wahrscheinlich noch weiter.

Es drängt mich zum Schluss dieser Arbeit Herrn Geh. Bergrath Professor Dr. ZIRKEL, meinen herzlichsten Dank für die liebenswürdige Bereitwilligkeit auszusprechen, mit der er mir auch bei den vorliegenden Untersuchungen seinen Rath und seine Unterstützung zu Theil werden liess.

Verzeichniss der Literatur des Adamellogebietes.

1847. J. TRINKER. Bericht über die IX. General - Versammlung des Vereins zur geognostisch - montanistischen Durchforschung von Tirol und Vorarlberg. (Innsbruck.)¹⁾
1851. Derselbe. Jahrbuch²⁾ der k. k. geologischen Reichsanstalt zu Wien, Heft 2, p. 74—78. Ueber die Verbreitung von erratischen Blöcken in dem südwestlichen Theile von Tirol.
1851. ARNOLD ESCHER VON DER LINTH in B. STUDER's Geologie der Schweiz, Bd. I, p. 292—295.
1853. J. TRINKER. Petrographische Erläuterungen zur geognostischen Karte von Tirol¹⁾.
1858. FR. V. HAUER. Erläuterungen zu einer geologischen Uebersichtskarte der Schichtgebirge der Lombardei. J. k. k. R., p. 445.
1864. GERHARD VOM RATH. Beiträge zur Kenntniss der Eruptivgesteine der Alpen. Diese Zeitschrift, Bd. XVI, p. 249 bis 266.
1865. P. G. LORENTZ. Excursion um den Ortler- und Adamellostock. PETERMANN's Mittheilungen, Bd. II.
1865. A. KENNGOTT. Ueber den Feldspath der Tonalits. Diese Zeitschrift, Bd. XVII, p. 569.
1865. JULIUS PAYER. Die Adamello-Presanella-Alpen. Ergänzungsheft No. 17 zu PETERMANN's Mittheilungen.
1866. E. W. BENECKE. Geognostisch-Paläontol. Beiträge, Bd. I, Heft 1 (München). Ueber Trias und Jura in den Südalpen.
1869. A. BALTZER. Geologische Notizen aus der Adamellogruppe. Im Jahrbuch des Schweizer Alpenclub, 1869—70 (Bern 1870). p. 421—436.
1871. A. BALTZER. Adamellogranit u. Adamellogranitglimmer. Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellschaft in Zürich, Sechszehnter Jahrgang, p. 175—184.

¹⁾ War mir nicht zugänglich. Citirt nach SUESS und STACHE.

²⁾ Für „Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt zu Wien“ und „Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt zu Wien“ wird hier der Kürze wegen „J. k. k. R.“ bezw. „V. k. k. R.“ gesetzt.

1872. Referat über beide Arbeiten BALTZER's, die danach 1870 in St. Gallen besonders erschienen sein sollen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., p. 653.
1872. JULIUS PAYER. Anhang zu den Adamello - Presanella - Alpen des Ergänzungsheftes No. 17. In Ergänzungsheft No. 31 zu PETERMANN's Mittheilungen.
1873. GIULIO CURIONI. Ricerche geologiche sull' epoca dell' emersione delle rocce sienitiche (Tonalite) della catena dei monti dell' Adamello nella prov. di Brescia. Mem. Ist. Lomb., XII, p. 341—360.
1874. J. MORSTADT. Ueber die Terraingestaltung im südwestlichen Tirol, verglichen mit jener in der Lombardei. Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, Bd. V. Heft 1, p. 193—214 und 401—406.
1875. GIUSEPPE RAGAZZONI. Profilo geognostico del pendio meridionale delle Alpi Lombarde. Dai commentari dell' Ateneo di Brescia.
1877. GIULIO CURIONI. Geologia applicata delle provincie Lombarde (Milano bei Höpli), besonders wichtig Bd. I. Mit einer Uebersichtskarte.
1878. RICHARD LEPSIUS. Das westliche Südtirol (Berlin).
1878. C. DÖLTER. Referat über einen Theil des LEPSIUS'schen Werkes: Die Eruptivgesteine des westlichen Süd-Tirol. V. k. k. R., p. 349.
1879. R. LEPSIUS. Berichtigung zum Referate DÖLTER's. V. k. k. R., p. 31.
1879. R. HÖRNES. Referat über das LEPSIUS'sche Werk. V. k. k. R., p. 34.
1879. GUIDO STACHE. Die Umrandung des Adamellostockes und die Entwicklung der Permformation zwischen Val buona Giudicaria und Val Camonica. V. k. k. R., p. 300—310.
1879. R. LEPSIUS. Ueber Dr. STACHE's Reisebericht, betreffend die Umrandung des Adamellostockes. V. k. k. R., p. 339—343.
1879. G. STACHE. Erwiderung auf die voranstehende Kritik meines Reiseberichts über die Umrandung des Adamellostockes. V. k. k. R., p. 344—350.
1880. G. STACHE. V. k. k. R.:
 1. Der krystallinische Gebirgsabschnitt zwischen dem hinteren Öltengebiet und Untersulzberg, p. 250—251.
 2. Aus den Randgebieten des Adamellogebirges, p. 252 bis 255.
 3. Ueber das Vorkommen von Olivingesteinen in Süd-Tirol, p. 287—288.
1880. Baron HEINRICH VON FOULLON. Ueber Minerale führende Kalkc aus dem Val Albiole in Süd-Tirol. V. k. k. R., p. 146.
1880. ALEXANDER BITTNER. Die Sedimentgebilde in Judicarien. V. k. k. R., p. 233.
1880. C. W. GÜMBEL. Ein geognostischer Streifzug durch die Bergamasker Alpen. Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Classe der k. bayerischen Akademie der Wissenschaften, p. 164.
1881. A. BITTNER. Ueber die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia. J. k. k. R., Heft 3. p. 219—370.
1881. EDUARD REYER. Die Eruptivmassen des südlichen Adamello. Neues Jahrbuch für Mineral. etc., Beil.-Band I, p. 419—450.

1883. A. BITTNER. Nachträge zum Berichte über die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia. J. k. k. R., Heft 3, p. 405—442.
1885. EDUARD SUESS. In „Das Antlitz der Erde“, Bd. I, p. 209, 312—323, 355.
1886. V. CHRUSTSCHOFF. Neues Jahrbuch für Mineral. etc., Bd. II, p. 184 (gibt eine kurze Notiz über das Vorkommen von Spinell im Tonalit).
1886. FRIEDRICH TELLER. Ueber porphyrische Eruptivgesteine aus den Tiroler Central-Alpen. J. k. k. R., p. 715—746.
1886. Baron H. v. FOULLON. Ueber Porphyrite aus Süd-Tirol. J. k. k. R., p. 747—777.
1889. HEINRICH FINKELSTEIN. Die Gruppe des Monte Frerone. Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, Bd. XX, p. 306—330.
1889. AMIGHETTI. Sac. Alessio. Nuove ricerche sui terreni glaciali dei dintorni del lago d'Iseo (Lovere).
1890. A. CATHREIN. Neues Jahrbuch für Mineral. etc., Bd. I, Heft 1, p. 73—74 (schlägt eine neue Benennung für den Tonalit vor).

Inhalt.

	Seite.
Einleitung	450
Topographische Schilderung	454
Geologische Beschreibung	465
Der Quarzphyllit-Complex und der zu ihm gehörige Dioritstock	466
Der Tonalit und der ihn umgebende Schiefercomplex, sowie ihre gegenseitigen Beziehungen	477
Geologische Beziehungen der porphyrisch struirtten Eruptivgesteine	504
Petrographische Beschreibung	506
Gesteine des älteren Schiefercomplexes	506
Gesteine des jüngeren Schiefercomplexes	528
Eruptivgesteine	541
Als Stöcke auftretende Gesteine	542
Porphyrite	548
Rückblick	553

Erklärung der Tafel XXIX.

Die Photographie ist von der Thalsohle aufgenommen; die Contactstelle liegt ungefähr 200 m oberhalb des tiefsten hier wiedergegebenen Punktes. Vergl. p. 463.



Contact zwischen Basalt und Schiefer
am Porphyrostein des Amulo Magazins