

Neue Beobachtungen aus den Gebieten des Adamello und des St. Gotthard.

Von Dr. W. SALOMON
in Heidelberg.

(Vorgelegt von Hrn. KLEIN.)

In dem Bericht, den ich im Jahre 1896¹ über die mit ~~Unterstützung~~ der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften ausgeführten Touren im Adamellogebiete veröffentlichte, sagte ich, »dass bei der grossen Ausdehnung des untersuchten Gebietes, seinen riesigen Höhendifferenzen und hochalpinen Terrainschwierigkeiten noch eine ganze Reihe von klaffenden Lücken bleiben, deren Ausfüllung der Zukunft überlassen werden muss«. Ich habe nun im Sommer 1898 wieder eine grössere Anzahl von Touren gemacht und die Aufnahmen dabei so weit führen können, dass ein weiterer Sommer zur Beendigung der Untersuchung des ganzen Gebietes ausreichen dürfte.

An dieser Stelle möchte ich eine kleine Anzahl von schon jetzt feststehenden neuen Ergebnissen mittheilen, obwohl der Abschluss der Arbeit noch einige Zeit in Anspruch nehmen wird.

Was zunächst das den Tonalit umgebende Schichtgebirge betrifft, so fand ich auf einer Tour durch die eigenthümliche, bisher allgemein für archaisch gehaltene Zone von krystallinen Schiefern und Marmorschichten des Tonale² am westlichen Hange des Monte Padrio oberhalb Corteno Gesteine, die petrographisch von dem sogenannten Zellendolomit der lombardischen Trias nicht zu unterscheiden sind. Es wird daher zu untersuchen sein, ob man es hier nicht in Wirklichkeit mit einer in das Phyllitgebirge eingebrochenen oder eingefalteten, vielleicht dynamometamorph stark veränderten Zone von Trias und älteren Bildungen zu thun hat. Ja, diese Vermuthung erhält eine grosse Wahrscheinlichkeit durch die Thatsache, dass unsere Zone bei Stazzona, wie schon früher³ hervorgehoben, das Veltlin

¹ Diese Berichte 1896. S. 1033–1048.

² Vergl. a. a. O. S. 1036–1037 und Gequetschte Gesteine des Mortirolthales. Neues Jahrb. für Mineralogie, Beilage-Bd. XI S. 355–402.

³ A. a. O. S. 1037.

erreicht und somit genau im Streichen der isolirten kleinen Schollen metamorpher Trias von Dubino, Dazio, Buglio und Masino im Veltlin liegt.¹

Der Esinokalk war bisher in der Adamellogruppe nur von zwei Stellen bekannt, nämlich im Osten aus der Umgebung des Cornovecchio südlich vom Passo del Frate und im Westen aus der unmittelbaren Umgebung von Breno in der Val Camonica. Es gelang mir nun, diese wichtige obertriadische Ablagerung innerhalb der Contactzone, wenn auch hochgradig metamorphosirt, an einer Reihe von Punkten aufzufinden. So bildet sie den Gipfel des Monte Badile oberhalb Capo di Ponte, wo sie als aussergewöhnlich grobkörniger Marmor mit Körnern von zum Theil 2^{cm} Durchmesser entwickelt ist. Sie tritt in Valle Stabio auf, erreicht in Val Cadino im unmittelbaren Contact mit dem Tonalit nicht unbeträchtliche Mächtigkeit und dürfte dort bei Herstellung hinreichend frischer Aufschlüsse selbst als Statuenmarmor verwendet werden können. Das eigenthümliche sogenannte Corno Bianco der oberen Val Cadino besteht ganz daraus; und in seiner Nähe findet man an mehreren Stellen cubikmetergrosse und kleinere Schollen von Esinomarmor vollständig von Tonalit umschlossen. Ich beobachtete sie dann wieder im Lajonethal und in der Triaszone, die, das Blumonethal hinaufstreichend, den Passo del Termine überschreitet. Es ist dabei allerdings hervorzuheben, dass es nicht immer leicht ist, sie in kleineren Aufschlüssen von anderen Triaskalken in metamorpher Facies zu unterscheiden, insbesondere vom contactmetamorphen »Zellendolomit«, der ja im wesentlichen gleichfalls ein Kalkstein ist. In fast all' den aufgeführten Fällen aber ist die Schichtfolge vollständig genug aufgeschlossen, um eine sichere Deutung zu ermöglichen.

Auch über die Contactmetamorphose der Triasschichten wurden die Beobachtungen wesentlich vervollständigt. Es stellte sich dabei unter anderem die Thatsache heraus, dass der Dipyr, den ich im Jahre 1895² erst von zwei Localitäten kannte, eins der constantesten Contactmineralien der äusseren Contactzone des Adamellogebietes ist. Ich fand ihn an folgenden Punkten: 1. Val di Fa³, 2. Thälchen nordöstlich der Santella di Degna⁴, 3. Valle Stabio, 4. Monte Trabucco, 5. unterer Theil der Val Buona bei Campolaro, 6. oberer Theil desselben Thales, 7. Val Fredda bei Campolaro, 8. Val Lajone,

¹ Vergl. MELZI, Giorn. di Mineralogia, Pavia 1891 und 1893, wo auch die älteren Angaben von THEOBALD und ROLLE citirt sind.

² TSCHERMAK'S Mittheilungen XV, S. 159—183.

³ A. a. O. S. 159.

⁴ A. a. O. S. 161.

9. Val Blumone und 10. Val Buona am Cornovecchio, wo ich ihn in Stücken, die mir Hr. Geheimrath LEPSIUS freundlichst zur Verfügung stellte, mit Sicherheit nachweisen konnte. Er findet sich also in der bogenförmigen Contactzone über eine etwa 25^{km} lange Strecke hin fortwährend von Neuem anstehend und zwar überall, wo Muschelkalk in der Contactzone auftritt und immer nur in diesem.¹ Dabei tritt er in den thonigen Zwischenlagen des Gesteins häufiger und in viel grösserer Menge auf als in den thonarmen kalkigen Lagen. — Wo die Contactmetamorphose intensiv gewirkt hat und wo deutlich eine innere Zone stärkerer Metamorphose von einer äusseren unterschieden ist, da ist der Dipyr, wie ich schon früher hervorhob und wie sich jetzt überall bestätigte, auf die äussere Contactzone beschränkt. In der inneren, durch vollständige Entfärbung des Kalksteins charakterisirten Zone ist er, soweit meine Erfahrungen reichen, stets durch Granat und Vesuvian, seltener durch andere Contactminerale ersetzt. Hinsichtlich dieser letzteren muss ich grösstentheils noch die Ergebnisse weiterer Untersuchungen abwarten. Nur das möchte ich schon jetzt hervorheben, dass ich in der Val di Leno an einer Stelle Chabasit und an einer zweiten einen anderen noch nicht näher untersuchten Zeolith in Einschlüssen von Granathornfels im Tonalit, auf dem Granat aufsitzend gefunden habe, ein Vorkommen, vollkommen analog dem von CATHREIN² beschriebenen von Le Negre im Monzoni. In allen drei Fällen sind die Zeolithe wohl zweifellos durch Zersetzung der Eruptivgesteine entstanden.

Endlich möchte ich auch noch kurz erwähnen, dass in der Val Pallobia auf der Westseite der Adamellogruppe in der inneren Contactzone die thonigen Zwischenlagen des Muschelkalkes in Lagen von prachtvollen Hessonitperimorphosen um Calcit umgewandelt sind.

Auch über den Tonalit erhielt ich einige neue Resultate. In der Val di Genova, westlich von Pinzolo, fand ich in dem sogenannten Tonalitgneisse Stellen, an denen die Schlierenknödel (basischen Ausscheidungen) vollständig blattartig flach entwickelt und parallel der Flaserung des Gesteins angeordnet sind. Ich kann mir nicht denken, dass blosse Fluctuationen im Magma oder Protoklase die Ursache dieser Erscheinung sein können, und sehe darin im Gegensatz zu der früher von anderer Seite ausgesprochenen Anschauung einen neuen Beweis für meine Erklärung der Entstehung des Tonalitgneisses durch echte Kataklase. In demselben Thale und beim Aufstieg von der Leipziger Hütte am Mandronegletscher zum Adamellogipfel fand ich nicht selten sowohl im Tonalite selbst wie im Tonalit-

¹ Aber anscheinend vorwiegend oder überhaupt nur in seiner unteren Abtheilung.

² Beiträge zur Mineralogie Tirols. TSCHERMAK'S Mittheilungen X, S. 394.

gneiss echte Quetschzonen, die wohl in einer späteren Phase der dynamischen Einwirkung entstanden sein dürften, als nämlich der Tonalit durch Erosion bereits von einem wesentlichen Theil der auf ihm lastenden Kruste befreit war.

Die Bankung des Tonalites mit ihrer oft auf weite Strecken constanten Richtung war bereits von REYER¹ als eine gesetzmässige Erscheinung aufgefasst worden; und ich kann ihm darin nur beipflichten, obwohl ich in den meisten anderen Fragen einen von dem seinigen durchaus abweichenden Standpunkt einzunehmen genöthigt bin. So halte ich die Bankung des Tonalites, nachdem ich in mehreren Arbeiten den sicheren Nachweis für seine unterirdische Erstarrung geliefert habe, für ein Contractionsphaenomen, das bei der Abkühlung und Erstarrung der mächtigen Eruptivmasse durch die Verringerung des Volumens bedingt war. Bei der Verwitterung werden die die Bankung hervorbringenden Klüfte deutlicher. Dass sie aber in Wirklichkeit schon in dem frischen Inneren der Gesteinsmasse praedisponirt sind, das geht aus einem Aufschlusse hervor, den ich im letzten Sommer nordöstlich von der Malga Nemplaz² am südlichen Gehänge des Monte Alta Guardia beobachtete. Das Gestein besteht dort aus jetzt deutlich gebanktem Tonalit, in den ein dunkler Dioritporphyritgang eingedrungen ist. Dieser folgt erst der einen Kluft des Tonalites, durchschneidet dessen darüber liegende Bank in schräger Richtung und dehnt sich dann in der nächsten, der ersten parallelen Kluft nach allen Seiten flach aus. Der Parallelismus zwischen der Hauptausdehnung des Ganges und den Bänken des Tonalites ist ausserordentlich deutlich. Da nun die Intrusion des Ganges sicher lange vor der Entblössung des Aufschlusses stattgefunden hat, so muss schon damals in dem Tonalit die Praedisposition zur Klüftung längs den später von der Verwitterung benutzten Flächen vorhanden gewesen sein. Es besteht also in dem Tonalit auch, wo er ganz frisch ist, eine »Klüftbarkeit«, die sich zu den Klüftflächen verhält, wie die Spaltbarkeit eines Krystalles zu den Spaltflächen. Die Klüftbarkeit und Spaltbarkeit sind nur die Praedisposition zur Trennung; die Ebenen, parallel zu denen sie gehen, sind hier wie dort Ebenen der maximalen Cohäsion. Sie können vorhanden sein, ohne dass wirkliche Spalten da sind. Zur Bildung der letzteren bedarf es noch eines besonderen Anlasses, der bei der Klüftbarkeit in der Natur sehr häufig von der Verwitterung gegeben wird.

Aus dem Gesagten erhellt die grosse Bedeutung des Studiums der geologischen Richtungen der Tonalitbänke und überhaupt der Bankung

¹ Die Eruptivmassen des südlichen Adamello. Neues Jahrb. für Mineralogie. Beilage-Bd. 1881. S. 419—450.

² Östlich von Astrio bei Breno in der Val Camonica.

granitischer Tiefengesteine. Bei dem Tonalit glaube ich nun, wieder in Übereinstimmung mit REYER, beobachtet zu haben, dass ein deutlicher, wenn auch keineswegs im Einzelnen genauer Parallelismus zwischen der Bankung und dem Verlaufe der Grenzflächen der Eruptivmasse besteht. Es scheint also, als ob sich die Klüfte wesentlich parallel zu der abkühlenden Fläche ausbilden. Damit ist aber nun ein vorzügliches Mittel gegeben, um die ursprüngliche Form der Tonalitmasse zu reconstituieren. Freilich ist dieses Kriterium aber zunächst nur mit Vorsicht zu benützen. Denn es ist oft sehr schwer, die der inneren Structur einer granitischen Masse entsprechenden Klüfte, die ich als »Structurfugen« bezeichnen möchte, von den durch spätere Einwirkung des Gebirgsdruckes hervorgebrachten, für die ich den Namen »Druckfugen« vorschlage, zu unterscheiden. Auch scheinen oft mehrere, und in ihren Beziehungen zu einander bisher vollständig unaufgeklärte Systeme von Structurfugen vorhanden zu sein. Dazu kommt, dass wie ein Jeder weiss, der sich mit diesen Kluftsystemen der granitischen Gesteine beschäftigt hat, das Streichen und Fallen einer solchen Fuge keineswegs mathematisch genau bestimmbar ist, sondern innerhalb weiter Grenzen schwankt.

Diese Betrachtungen veranlassen mich zu einer Abschweifung, da sie mir eine Erklärung der sogenannten Fächerstructur der alpinen Centralmassen zu ergeben scheinen. Dabei muss ich indessen sofort bemerken, dass ich diese wichtige Frage hier nur andeuten kann und mir eine ausführlichere Erörterung vorbehalten muss. — Ich hatte im letzten Sommer Gelegenheit das Gotthardmassiv zu besuchen und glaube, so fern es mir auch liegt die Ergebnisse meiner wenigen Begehungen als maassgebend anzusehen, einige der Mittheilung werthe Beobachtungen gemacht zu haben. Zunächst halte ich die als Gamsbodengneiss und Fibbiagneiss, sowie die auf der FRITSCH'schen Karte als »Gn« (Gneiss) und »Gr« (Granit) bezeichneten schmalen Zonen südlich des Gotthardospizes für Theile einer einzigen grossen Tiefengesteinsmasse¹, die sich zum Theil bereits ursprünglich durch Differenzirung unterschieden haben mögen, die aber ihre hauptsächlichsten Unterschiede nur einer ungleichen Umformung durch den Gebirgsdruck verdanken. Diese Überzeugung stützt sich nicht nur auf den makroskopischen Befund, sondern auch auf die mikroskopische Untersuchung

¹ Die früher gewöhnlich als »Eurit«, »kleinblättrig schieferige Gesteine« (von FRITSCH) u. s. w. bezeichneten Gänge im Granit sind, worauf mich schon Hr. Prof. SAUER aufmerksam machte, nichts anderes als die gewöhnlichen Aplite und Lamprophyre anderer Tiefengesteinsmassive. Auch Schlierenknödel sind vielfach nachzuweisen. Nur sind alle diese Bildungen hochgradig metamorphosirt.

der einzelnen Gesteine, sowie auf die von FRITSCH, HEIM, SCHMIDT, GRUBENMANN, STAFF und anderen gegebenen vortrefflichen Beschreibungen. Über die Natur der südlich von Hospenthal und nördlich des Gamsbodens durchstreichenden Zone von »Gneissglimmerschiefern« (*Gn gl* v. FRITSCH's) sowie der in der Tremolaschlucht südlich der auf FRITSCH's Karte mit roter Farbe bezeichneten Granitlinse («*Gr*») auftretenden Bildungen (*Gl gn* mit *Gl a* wechsellagernd) erlaube ich mir kein Urtheil. Sie mögen eruptiven oder sedimentären Ursprunges sein. Das aber halte ich für sicher, dass sie ihre Parallelstructuren zur Zeit der Intrusion des granitischen Tiefengesteins schon besaßen ebenso wie die zwischen der Rodont- und der Lucendro-Brücke anstehenden »Gneissglimmerschiefer« (*Gl gn* von FRITSCH's). Für die letzteren lässt sich das sogar mit absoluter Bestimmtheit aus den prachtvollen Aufschlüssen am Nordrande des Lucendrosees und neben dem verfallenen Hause der zweiten Cantoniera nachweisen. Ebenso halte ich es für zweifellos, dass die äusseren Contactflächen des »Gamsbodengneisses« nördlich, und des auf der Karte roth signirten Granites südlich die ursprünglichen, primären Contactflächen sind. Diese Flächen fallen aber genau in derselben Weise, wie in der Adamellogruppe, unter das Tiefengestein ein; und ganz dasselbe gilt von einer grossen Anzahl von Contactflächen anderer alpiner Centralmassen mit Fächerstructur. Der Unterschied zwischen der Adamellogruppe und den meisten Schweizer Centralmassen besteht nur darin, dass diese nach ihrer Intrusion noch stark dynamisch beeinflusst wurden, die Adamellogruppe aber nur in ihren nordöstlichen Theilen eine stärkere Einwirkung des Gebirgsdruckes erkennen lässt, so dass wir an ihr die Verhältnisse der Centralmassen in besonders reiner Form beobachten. Hat doch schon der scharf blickende und um die Erforschung der Alpen so hochverdiente BALTZER die Adamellogruppe in eine Reihe mit den übrigen Centralmassiven gestellt und Beobachtungen darüber mitgetheilt, die ihm auch für sie eine Fächerstructur wahrscheinlich machten. Für die Adamellogruppe aber ist jetzt der Nachweis gegeben, dass die Trichtergestalt der Contactfläche ursprünglich, die Bankung des granitischen Gesteins eine der Contactfläche parallele Contractionsklüftung, die Bankung des anstossenden Sedimentgebirges seine Schichtung ist.

Ich glaube daher, dass die Fächerstructur der alpinen Centralmassen darauf beruhen dürfte, dass die granitischen Kerngesteine einen nach unten mehr oder weniger trichterförmig begrenzten Raum erfüllt haben, dass ihre die Fächerstructur hervorbringende Klüftung (Tafelstructur STUDER's) eine primäre, der Contactfläche parallele Contractionsklüftung ist. Wir erkennen an manchen Centralmassen die Fächerstructur, an anderen nicht, weil bei den einen die höheren Theile der ursprüng-

lichen Masse bereits von der Erosion entfernt sind, bei den anderen eben erst entblösst werden. Mit einem Worte, die freigelegten primären Contactflächen der Fächerstructur besitzenden Centralmassen sind ihre ursprünglichen unteren Begrenzungsflächen. Ergibt sich die hier vertretene Deutung als richtig, so ergibt sich mit Nothwendigkeit eine weitere Folgerung. Die alpinen Centralmassen sind, wie aus den zahlreichen Forschungen der letzten Jahre immer deutlicher hervorgeht, fast alle eruptiven Ursprunges. Sie können dann nur Stöcke oder Lakkolithen oder endlich Übergangsformen zwischen Stock und Lakkolith sein. Denn für keine einzige alpine Centralmasse ist der von SUSS für seine Batholithen geforderte, nach unten sich stets vergrößernde Querschnitt nachgewiesen. An dem Adamellotonalit und den übrigen mit Fächerstructur versehenen Centralmassen ist ein Parallelismus zwischen der Contactfläche und der Schichtung des angrenzenden Sedimentärgebirges bez. den vor der Intrusion entstandenen Parallelstructuren des angrenzenden Eruptivgebirges theils sicher constatirt, theils wahrscheinlich, wenn auch im Einzelnen viele Unregelmässigkeiten erkennbar sind. Sie sind demnach entweder zu den typischen Lakkolithen zu rechnen, oder sie gehören doch wenigstens in deren Nähe. Während man nun Lakkolithen stets brotlaibähnlich, nämlich mit gewölbter Oberfläche und ebener Unterfläche, sowie mit einem im Verhältniss zu der ganzen Masse schmalen Zufuhrkanal darstellt, ergibt sich hier eine ganz andere Form. Die Abnahme des Querschnittes nach unten ist gering, die unteren Contactflächen haben die Gestalt eines Trichters. Charakteristisch ist aber auch hier das bei bestimmten Massen (Adamello) sehr häufige Auftreten von Lagergängen des Tiefengesteins in dem benachbarten Schichtgebirge.

Da nun an den americanischen und anderen Lakkolithen¹ die untere Grenzfläche meist nur auf ganz unbedeutende Strecken verfolgt werden konnte, an den hier besprochenen Centralmassen aber auf grosse Strecken aufgeschlossen ist, so dürfte die zweite Form entweder oft neben der ersten auftreten oder aber die allein vorkommende sein. Sie scheint mir auch mit unseren übrigen Anschauungen über die Intrusionsmechanik von Tiefengesteinen, so weit solche Anschauungen überhaupt bereits vorhanden sind, nicht im Widerspruche zu stehen.

In einer früheren Arbeit² hob ich hervor, dass die von MICHEL-LÉVY, SUSS und anderen vertretene sogenannte »Aufschmelzungshypothese« auf den Adamellotonalit nicht anwendbar ist. Ich führte als Beweis dafür unter anderem die Thatsache an, dass ich »hornblendearme,

¹ Ich muss es mir versagen, schon hier auf die wichtigen neueren Untersuchungen von LÖWL über alpine Centralmassen einzugehen.

² TSCHERMAK'S Mittheilungen XVII, S. 173.

quarzreiche Varietäten als Randfacies ebensowohl im Contacte mit den sauren Quarzlagenphylliten des Nordens, wie mit basischen Pyroxen- und Amphibolhornfelsen der Westseite gefunden hatte. Ich kann nun hinzufügen, dass ich derartige hornblendearme oder -freie Tonalitvarietäten jetzt auch an mehreren Stellen der Südseite des Massives in unmittelbarem Primärcontacte mit Triasmarmorlagern gefunden habe, wo man doch gewiss nach der Aufschmelzungshypothese eine starke Anreicherung des Magmas an Kalksilicaten erwarten müsste. — Allerdings ist es richtig, dass im Grossen und Ganzen hornblendereiche Varietäten des Tonalites im Süden häufiger sind als im Norden. Das wird aber nach der angeführten Beobachtung Niemand mehr als eine Stütze für die Aufschmelzungshypothese verwerthen können.

An vielen Stellen des Tonalitmassives treten Gesteinsvarietäten auf, die ungewöhnlich reich an Hornblende sind und keinen oder doch nur verschwindend wenig Biotit führen. Dabei bildet in einzelnen dieser Varietäten die Hornblende nur ganz kurze gedrungene Individuen, in anderen, wie in dem früher von mir beschriebenen¹ Riesentonalit der Val di Dois und in manchen Gesteinen beider Flanken des Cornone di Blumone lang nadelförmige, ja in der Val di Dois bis 29^{cm} Länge erreichende Krystalle. Ich habe nun an einer Reihe von Aufschlüssen mit Sicherheit nachweisen können, dass diese Varietäten in Form von Schlieren oder Schlierengängen in dem Hauptgestein auftreten. An einzelnen Stellen ergab es sich merkwürdiger Weise, dass die langen Hornblendenadeln senkrecht auf der begrenzenden Fläche des »Schlierenganges« stehen, wodurch es wahrscheinlich gemacht wird, dass ein Theil dieser Bildungen überhaupt vielleicht besser zu den Pegmatiten zu stellen wäre. Bemerkenswerth ist es, dass der früher² von mir beschriebene Pyroxen einzelner Tonalitvarietäten auch in diesen hornblendereichen Bildungen auftritt. Ich fand ihn in einem im letzten Sommer gesammelten Stück mit kurzen Hornblendekrystallen vom Monte Mattoni (Val Buona). Ebenso beobachtete ich in der Valle di Stabio am linken Gehänge des Thales oberhalb der Malga Stabio di sopra mitten in metamorphen Muschelkalkschichten einen Gang von Pegmatit, der ziemlich reich an 1–3^{cm} langen, höchstens 3–4^{mm} breiten undurchsichtigen dunkelgrünen Pyroxennadeln ist. Diese sind begrenzt von $\infty P \overline{\infty} \{100\}$, $\infty P \overset{\circ}{\infty} \{010\}$ und $\infty P \{110\}$, besitzen eine vorzügliche Theilbarkeit nach der Basis, lassen auf dieser die eine optische Axe ziemlich central, auf $\infty P \overline{\infty} \{100\}$ die andere deutlich schräg austreten und haben einen Winkel $c:c$, der

¹ TSCHERMAK'S Mittheilungen XII, 1891. S. 415.

² TSCHERMAK'S Mittheilungen XVII, S. 173.

40° zu übersteigen scheint. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um einen Pyroxen der Diopsidreihe. Es ist das für das Adamello-Tonalitmassiv die erste Beobachtung eines Pyroxen-führenden Pegmatites.

CURIONI hatte schon im Jahre 1872¹ darauf aufmerksam gemacht, dass er im oberen Blumonethal auf dem Wege zum Passo del Termine (2334^m) eine Strecke weit mitten in dem Tonalit eigenthümliche »scisti neri e rubiginosi« gefunden hatte. Er beobachtete ferner am Passo del Termine selbst wie an dem nordwestlich davon liegenden Passo della Rossola² (2595^m) auf der Oberfläche des Tonalites meist keilförmige, von ihm auch abgebildete Schollen von ähnlichen Gesteinen offenbar sedimentärer Herkunft. Diese Beobachtungen, auf die SUSS³ 1885 wieder aufmerksam machte, obwohl sie damals in ihrer Unvollständigkeit noch nicht erlaubten, weitergehende Schlüsse zu ziehen, haben mich schon 1891 veranlasst, den Passo della Rossola zu überschreiten. Aber leider verhinderte mich damals dichter Nebel, mehr als die unmittelbare Umgebung zu erkennen. Diesmal dagegen konnte ich die ganze obere Val Blumone und den zwischen dem Passo del Termine und dem Passo della Rossola gelegenen obersten Thalkessel der Val di Leno bei prachttvoll klarem Wetter begehen und erhielt dabei die folgenden Ergebnisse, die nicht nur für die Tektonik des Adamellogebietes von Bedeutung sind, sondern auch **das tertiäre Alter des Tonalites**, wenigstens meiner Meinung nach, **positiv beweisen**.

Von der Malga Lajone di sotto an der Vereinigungsstelle des Lajone- und Blumonethales zieht sich eine zusammenhängende Zone von contactmetamorphen, der mittleren und oberen Trias angehörenden Schichten mitten in das Tonalitmassiv hinein. Sie geht das ganze obere Blumonethal hinauf, überschreitet den Kamm zwischen dem Passo del Termine und dem Passo del Gelo, steigt bis zum Bache des Lenothales hinunter, ist auf der anderen Thalseite unten durch einzelne isolirte Schollen⁴ metamorphen Muschelkalkes mitten im Tonalit angedeutet und findet endlich ihr jetziges Ende am Passo della Rossola. Sie zweigt also von der zusammenhängenden Triaszone der Südseite des Tonalitmassives ab, streicht in steiler, meist annähernd verticaler Schichtstellung zuerst nach NO., dann nach NNO. und N., biegt im Lenothal allmählich nach NNW., NW. und WNW. um und hört end-

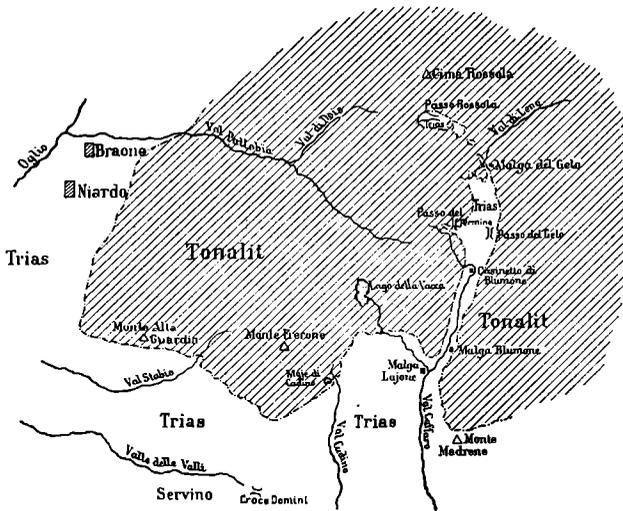
¹ Ricerche geologiche sull' epoca dell' emersione delle rocce sienitiche (Tonalite) della catena dei monti dell' Adamello. Mem. Istituto Lombardo. Vol. XII, p. 341–360.

² Vergl. das beigegebene kleine Übersichtskärtchen.

³ Antlitz der Erde I, S. 355, Anm. 3.

⁴ Die Fundstellen der Eingangs erwähnten Zeolithe.

lich am Passo della Rossola, beinahe genau nach W. gerichtet, auf. Bei der Malga Blumone di sopra (1801^m) erkennt man deutlich, dass die Schichten von beiden Seiten her dem Bache zufallen, dass es sich also hier um eine kolossale steile Synklinale handelt, die von oben nach unten in den Tonalit eindringt. Nicht überall sind beide Flügel der Synklinale erhalten und vielfach lässt es sich nicht nachweisen, wie tief sie in den Tonalit hinunterdringt. Auf der Westseite des Lenothales aber, an der Rossola ist der unterlagernde Tonalit direct entblösst; und das Fehlen einer Fortsetzung unserer nach W.



Schematisches Übersichtskärtchen des südwestlichsten Theiles der Adamellogruppe.

▨ Orte. 🌊 Seen ▨ Tonalit. □ Trias. Δ Berggipfel. • Häuser.

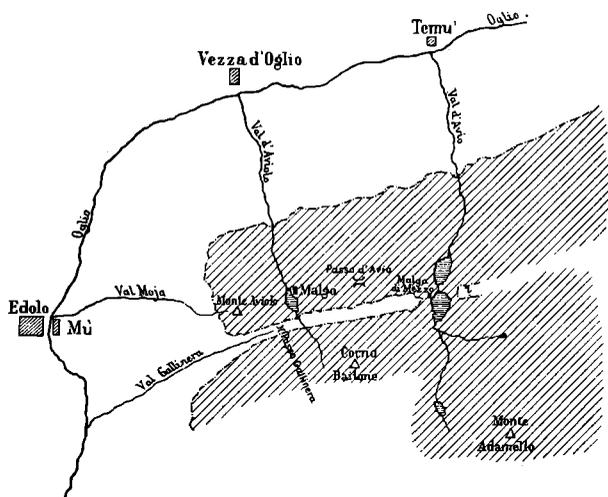
Maassstab 1:200000.

gerichteten Zone in dem Tonalitgebiet westlich der Rossola beweist dass auch dort die Denudation bereits unter das Niveau der Trias gelangte.

Ehe ich auf die Bedeutung der beschriebenen Erscheinungen eingehen kann, muss ich daran erinnern, dass ich schon früher¹ eine ähnliche Zone von steil stehenden metamorphen Gesteinen mitten im Tonalit des Passo Gallinera (in der nördlichen Adamellogruppe) beschrieben und abgebildet habe. Nur liegen dort die Verhältnisse insofern nicht so einfach, als die metamorphe Zone des Gallinerapasses

¹ Diese Berichte 1896, S. 1047—1048 und TSCHERMAK'S Mittheilungen XVII, S. 115—117. Profil I.

in der Mitte durch eine steil stehende Verwerfung, offenbar sehr jugendlichen Alters, getheilt wird. Nördlich von dieser besteht sie aus metamorphen Quarzlagen-Phylliten, südlich aus unterer Trias. Beide sind ihrerseits in Primärcontact mit dem Tonalit. Ich hatte schon damals diese Zone nach Osten hin über das Aviothal hinweg »bis auf den hohen Kamm hinauf verfolgt, der Val d'Aviolo und Val d'Avio trennt. Auch kenne ich sichere Zeichen für ihre Existenz im Aviothal selbst, wo ich sie in diesem Sommer weiter zu verfolgen gedenke«. ¹ Das ist nun jetzt geschehen; und zwar fand ich, von Süden kommend, beim



Schematische Kartenskizze des nordwestlichen Theiles der Adamellogruppe.

Orte. Seen u. ausgefüllte Seebecken. Tonalit. Phyllite, Perm, Trias. Berggipfel. Häuser.

Maßstab 1:200000.

Abstiege vom Adamello (3554^m) bis unterhalb der Malga Levedole (2042^m) im Aviothal überall Tonalit anstehend. Ganz wenig oberhalb der Malga di Mezzo aber bringt auf der linken Thalseite ein kleiner Bach, der nur wenige hundert Meter über der Malga dem Gehänge entspringt, nicht gerade häufige, aber doch auch keineswegs seltene Gerölle von typischen Cordierithornfelsen bez. Hornfelsavioliten² mit sich herunter. Es sind das genau dieselben Gesteine, die die metamorphe Phyllitzone des Passo Gallinera und der obersten Val d'Aviolo

¹ A. a. O. S. 117.

² Über diesen Namen vergl. man TSCHERMAR'S Mittheilungen XVII, S. 150, bez. das Referat im Neuen Jahrb. für Mineralogie 1898. I, 283.

zusammensetzen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Aviothales steht unten überall Tonalit an; und auch in den Bächen sah ich nur Tonalitgeschiebe. Dennoch schien östlich der vordere Ausläufer des unbenannten Berges zwischen Valle del Venerocolo und Valle dei Frati in seinen höheren Theilen bei der allerdings sehr ungünstigen Mittagsbeleuchtung eine andere Färbung zu besitzen, als die umgebenden zweifellos aus Tonalit bestehenden Käme und Gipfel. Möglicherweise ist also dort hoch über der heutigen Thalsohle die Fortsetzung der metamorphen Zone zu finden.

Wie das aber auch sei, soviel steht fest, dass an zwei Stellen in das scheinbar geschlossene und einheitliche Tonalitmassiv aus dem unveränderten umgebenden Sedimentgebirge steil stehende Zonen bez. Synklinalen viele Kilometer weit eindringen, unten bald in grösserer, bald in geringerer Tiefe auf dem Tonalit aufliegen und allseitig mit diesem in Primärcontact sind. Sie können also nicht nachträglich durch Verwerfungen in die Centralmasse eingebettet worden sein, sondern müssen ihre steile Schichtstellung entweder zur Zeit der Tonalitintrusion schon besessen oder gleichzeitig mit ihr erhalten haben.

Berücksichtigt man nun, dass die Triasschichten der Südalpen vor der tertiären Alpenfaltung keine grösseren Gebirgsbewegungen durchmachten und dass die metamorphe Doppelzone des Gallinerapasses zum Theil, die Zone des Passo del Termine ganz und gar aus Trias besteht, so folgt aus diesem Grunde mit Sicherheit **das tertiäre Alter der Tonalitintrusion**, dessen Wahrscheinlichkeit ich schon früher auf indirectem Wege gezeigt habe.¹

Ich brauche wohl nicht erst hervorzuheben, dass durch diesen Nachweis der Grad der Wahrscheinlichkeit ganz ausserordentlich erhöht wird, dass auch die anderen granitischen Massen des »periadriatischen« Randbogens bis zum Bachergebirge hin erst in der Tertiärzeit intrudirt sind.

Zum zweiten Male bin ich so gezwungen, einem nicht unbeträchtlichen Theile der alpinen Centralmassen ein tertiäres Alter zuzuschreiben im Gegensatz zu dem, was bis zum Erscheinen meiner vorigen darauf bezüglichen Arbeit² als allgemein anerkannte, seit Jahrzehnten nie angezweifelte Lehre galt und wohl auch heute noch gilt. Aber gerade darum wäre es mir erwünscht, wenn die zahllosen Gegner der von

¹ TSCHERMAK'S Mittheilungen XVII, S. 194 und 243.

² A. n. O. S. 109—284.

mir vertretenen Anschauung mit Gegengründen hervortreten würden¹, damit durch eine sachliche Discussion die Richtigkeit oder Unrichtigkeit meiner Behauptung in einer Alle überzeugenden Weise dargelegt wird. Das Interesse, was sich an die Frage knüpft, ihre Bedeutung für die ganze Alpengeologie, ist zu gross, als dass man sie mit Stillschweigen übergehen könnte.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, dass man überhaupt in den letzten Jahrzehnten es immer als selbstverständlich angesehen hat, dass die alpinen Centralmassen »uralt« sein müssten. Man liess dabei nur die wenigen Ausnahmen aus dem Spiele, in denen eine evidente Contactmetamorphose triadischer Schichten² das Gegentheil bewies; aber auch da gab es Zweifler; und auch da nahm man zum Theil ohne jeden Grund noch ein möglichst grosses Alter, nämlich ein triadisches, an. Der Hauptgrund für die allgemeine Auffassung war die Thatsache, dass im Gegensatz zu der Anschauung einer früheren Generation viele granitische Centralmassen offenbar nicht die Ursache der Alpenhebung waren, sondern passiv von ihr erfasst zu sein schienen. Da man diese Auffassung allgemein theilte, so sah man naturgemäss auch in den zahlreichen granitischen Geröllen der nordalpinen Verrucanoconglomerate »Protogin« und zweifelte keinen Augenblick daran, dass sie von den centralalpinen Kernen abstammen. Dazu kam, dass man bis vor kurzer Zeit fast gar keine guten petrographischen Untersuchungen der Verrucanoconglomerate besass. Man vergleiche nun aber die vortrefflichen Studien von MILCH³ und seine klaren Beschreibungen der allgemein als »Protogin« bezeichneten Gerölle. Niemand kann für sie den Beweis liefern, dass sie mit den centralalpinen Graniten identisch sind. Es sind durchaus nicht charakteristische, durch seltene Übergemengtheile oder seltsame Structures leicht identificirbare Gesteine, sondern in der ganzen Welt verbreitete Typen, die ebenso gut aus dem Schwarzwald und den Vogesen oder aus tief unter der Po-Ebene vergrabenen Massen stammen können. Ja, ich würde es für sehr schwierig halten, sie von ähnlich erhaltenen Geröllen der in der That wahrscheinlich uralten Tessiner Gneisse zu unterscheiden. Und diese Überzeugung theile ich mit anderen mit den Alpen vertrauten Fachgenossen. Ich bin sogar auf die Möglichkeit einer Verwechslung der Verrucano-»Protogin«-Gerölle mit Geröllen von Tessiner Gneiss zuerst von meinem Freunde,

¹ Einen mir jüngst gemachten Einwand habe ich schon zu entkräften versucht. Vergl. meine Arbeit in den Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt zu Wien, 1898. S. 327—333.

² Mönzoni, Predazzo, Adamello.

³ Beiträge zur Kenntniss des Verrucano. II. Theil. Leipzig 1896. S. 46—73.

Hrn. Prof. SAUER, aufmerksam gemacht worden, der sich gleichfalls demnächst auf Grund eigener Untersuchungen über diese Frage äussern wird.

Das Auftreten von granitischen Geröllen im nordalpinen Verrucano und in dem carbonischen Conglomerat von Manno wird man nach diesen Ausführungen wohl kaum als einen Beweis für hohes Alter der Gotthardgranite oder anderer alpiner Centralmassen ansehen dürfen. Aus dem südalpinen Perm-Verrucano ist aber meines Wissens bisher vom Lago Maggiore bis an die Ostgrenze der Alpen niemals ein Granitgeröll oder eines der charakteristischen Contactgesteine der granitischen Massen beschrieben worden.¹ Ja, nicht einmal in den zum Theil in grosser Nähe von granitischen Kernen (Baveno, Cima d'Asta) auftretenden Liasbreccien und -Conglomeraten sind je Gerölle gefunden worden, die mit Sicherheit auf jene oder ihre Contactbildungen bezogen werden müssten.²

Man wird mir nun einwenden, dass ein tertiäres Alter für die meisten Centralmassen unmöglich sei, weil diese ja deutlich die Spuren dynamischer Einwirkung eben der tertiären Alpenfaltung an sich tragen und deshalb schon vorher existiren mussten. Aber man berücksichtige auch, dass die tertiäre Faltung der Alpen einen gewaltigen Zeitraum innerhalb der Tertiärperiode umfasst hat. Es ist daher sehr wohl möglich, dass eine erste Bewegungsphase die Granite zur Intrusion brachte, eine spätere sie nach ihrer Erstarrung dynamisch umformte. Das habe ich z. B. für den Tonalit in der Nähe der Judicarienlinie nachgewiesen. Auch häuft sich die Zahl der Fälle, in denen eine gewissenhafte Untersuchung dynamisch umgeformter Eruptivmassen zeigt, dass die Umformung der Erstarrung auf dem Fusse folgte.

Es fehlt überhaupt für die meisten alpinen Centralmassen jeder wirklich überzeugende Beweis für ein hohes Alter.³ Sie können sehr alt, sie können aber ebenso gut sehr jung sein; ja sie sind zum Theil bestimmt tertiären Alters. Wenn wir nun aber vorurtheilsfrei an die Frage herantreten, ob irgend eine Periode der geologischen Geschichte unserer Alpen einen grösseren oder geringeren Anspruch darauf besitzt, als Intrusionsepoche der Centralmassen oder eines Theiles von ihnen angesehen zu werden, so besitzen die Zeit der carbonischen Faltung des jetzt zu den Alpen gehörigen Theiles der Erdkruste, das

¹ Über die Verhältnisse an der Cima d'Asta vergl. man meine bereits citirte Arbeit in den V. k. k. geol. Reichsanstalt 1898.

² Die Herkunft der Graubündener krystallinen Liasgerölle ist nach STEINMANN sehr fraglich; und auch die von DALMER beschriebenen Granitgerölle des Engadiner Verrucano bedürfen einer erneuten Untersuchung.

³ Natürlich beweist das Fehlen der Gerölle im Verrucano und Lias noch kein junges Alter. Die Centralmassive des Mont Blanc und der Tessiner Alpen halte auch ich für sehr alt.

Perm, die Trias und das Tertiär diesen Anspruch. Denn in Perm und Trias hat nachweislich eine weitgehende Zerklüftung der alpinen Erdkruste stattgefunden, die nicht nur das Hervordringen der kolossalen Lavamassen jener Epochen, sondern auch die Intrusion granitischer Kerne begünstigen konnte. Noch grösser aber ist diese Wahrscheinlichkeit für die beiden Epochen der Faltung der Alpen; denn man darf doch nicht vergessen, dass zur Emporhebung so kolossaler Magma-massen gewaltige Kräfte nöthig waren. Derartige Kräfte aber können nach unseren Vorstellungen über die Intrusion plutonischer Massen nur ausgiebige Bewegungen der festen Erdkruste liefern.

Handelt es sich aber nun um die Frage, welche der beiden Fal-tungsperioden mit grösserer Wahrscheinlichkeit als die Intrusionsperiode der meisten Centralmassen anzusehen ist, so ist hervorzuheben, dass das Beispiel der periadriatischen Massen, sowie eine Anzahl von Beobach-tungen, die Hr. Prof. SAUER, wie ich mit seiner freundlichen Erlaub-niss schon jetzt sagen darf, demnächst veröffentlichen wird, mehr für die Tertiärzeit sprechen, dass es aber sehr wohl möglich ist, dass in beiden Perioden Centralmassen gebildet worden sind, vielleicht ausserdem auch noch im Perm und in der Trias.

Zum Schlusse möge endlich noch eine letzte nicht weniger wich-tige Frage wenigstens gestreift werden. Wenn ein Theil der alpinen Centralmassen wirklich tertiären Alters ist, warum soll man da noch leugnen, dass die Hebung dieser Massen einen wesentlichen Antheil an der Hebung der Alpen hatte? Musste nicht die kolossale Kraft, die so viele Cubikkilometer granitischen Magmas in die Höhe zu pressen vermochte, auch mit dem Magma zusammen die darüber befindlichen festen Theile der Erdkruste in die Höhe heben? — Ich glaube, man wird diese Frage bejahen müssen und wird dann die zum Theil die Umgebung weit überragenden Höhen der Central-massive nicht nur ihrem grösseren Erosionswiderstande zuschreiben müssen, sondern auch dem Umstande, dass dort, wo sie in die Höhe gepresst wurden, die hebende Kraft am energischsten wirkte. Damit aber würden wir uns den Anschauungen der in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wirkenden grossen Geologen sehr stark annähern, wenn wir auch mittlerweile andere Vor-stellungen über die Art der die Gebirgshebungen bewirkenden Kräfte gewonnen haben.