

Eingesendete Mitteilungen.

Dr. Gian Battista Trener. Die sechsfache Eruptionsfolge des Adamello. Das postträtische Alter der Tonalit-zwillingsmasse. (Vorläufige Mitteilung.)

Einleitung.

Der Tonalit des Adamello erscheint in seinen letzten Darstellungen als eine einheitliche Masse. Nur der Corno Alto wurde von der Hauptmasse abgesondert. Er ist nämlich räumlich und topographisch vom Adamello auf drei Seiten isoliert und seine petrographische Beschaffenheit ist mit jener der Tonalitmasse nicht identisch. So machte schon Teller¹⁾ den Versuch, Corno Alto von Adamello geologisch zu trennen, und zwar mit Hilfe einer hypothetischen Bruchlinie. Vor kurzer Zeit wurde der Versuch von Salomon²⁾ wiederholt: er kam zu dem allerdings nicht definitiven Resultat, daß der Adamellotonalit älter als der Corno Alto wäre.

Auf seiner geologischen Karte bildet Corno Alto mit Sabbione und dem kleinen Stock in V. Meledrio eine Gruppe für sich. Die Adamellohauptmasse aber erscheint sowohl geologisch als petrographisch noch ungegliedert.

Daher wurden die petrographische Gliederung und möglicherweise die Aufstellung einer Eruptionsfolge, Hauptpunkte meines Arbeitsprogramms, als ich die Neuaufnahme³⁾ der Adamellokarte in Angriff nahm.

Der geologischen Gliederung des Adamello konnte ich den größten Teil des Sommers in diesem und dem vorigen Jahr widmen. Ich ging von Corno Alto aus und teilte bereits die auf diesem Gebiete erzielten Resultate in einer vorläufigen Mitteilung, welche in Nr. 16, 1910, dieser Verhandlungen erschienen ist, mit. Ich will dieselben hier in einigen Zeilen zusammenfassen.

Der Corno Alto⁴⁾ und die ihm benachbarte Sostinomasse sind zwei magmatisch stark differenzierte Kerne aus Granodiorit und zeigen nur stellenweise eine tonalitische Randfazies. Sie intrudieren die kristallinen Schiefer, sind also jünger als diese und werden von Hornblendegesteinsgängen durchzogen, sind also älter als die Gänge. Diese Hornblendegesteinsgänge sind dieselben, welche Salomon an

¹⁾ F. Teller, Über porphyrische Eruptivgesteine aus den Tiroler Zentralalpen. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1886, pag. 717—723.

²⁾ Salomon W., Die Adamellogruppe. Abhandl. d. k. k. geol. R.-A., Bd. 31, Heft 1 u. 2, 1908—1910.

³⁾ Die Neuaufnahme (welche bloß den österreichischen Teil der Gruppe umfassen wird) ist noch nicht fertig. Die neue Karte wird ungefähr achtzig Auscheidungen haben und nimmt eine dieser Detaillierung entsprechende Zeit in Anspruch. Beide Blätter, Storo und Tione, sollen gleichzeitig herausgegeben werden.

⁴⁾ Siehe: Dr. G. B. Trener, Die Lagerungsverhältnisse und das Alter der Corno-Alto-Eruptivmasse in der Adamellogruppe (vorläufige Mitteilung). Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1910, pag. 373—382. Etwas ausführlicher ist: Dr. G. B. Trener: *Età e giacitura del massiccio granitico del Corno Alto (Adamello) con 1 fig. e 1 tav. Tridentum, Rivista di stud. scientifici. Trient 1911, fasc. 1 u. 4, mit einem geologischen Kärtchen im Maßstab 1:100.000.*

weniger günstig aufgeschlossenen Stellen sah und als Einschlüsse deutete; sie bilden in der Corno Altomasse große und kleine Gänge, in der unmittelbaren Umgebung aber schon kleine Eruptivmassen und Stöcke. Sie müssen deshalb als ein eigenes Eruptionsglied aufgefaßt werden und gehören nicht in die Reihe der überaus reichen Gang-gefolgschaft des Corno Alto, zu welcher sie keine Beziehungen haben.

Diese Hornblendegesteinsmassen, die ihrerseits stark magmatisch differenziert sind, kommen nun in Val di Borzago in Kontakt mit der eigentlichen Tonalitmasse des Adamello und werden von derselben deutlich injiziert.

Es ist somit das relative Alter der drei in Frage kommenden Eruptivmassen fixiert und die Reihe wäre: 1. Corno Alto und Sostino, 2. Hornblendegestein, 3. Tonalit, wobei der Corno Alto-Sostino das älteste Glied repräsentiert.

Gliederung der Adamellomasse.

Die Tonalitmasse aber selbst zu gliedern, war die schwierigste Aufgabe, deren Lösung mir erst in dem verflossenen Sommer gelang.

Schon vor zwei Jahren¹⁾ hatte ich in Val di Fumo einen starken Unterschied zwischen der petrographischen Beschaffenheit der im oberen und mittleren Tal vorkommenden Tonalite beobachtet. Ich sprach immer in meinen späteren Arbeiten²⁾ von einem Re di Castellotonalit, welcher basisch und feinkörnig ist im Gegensatz zu dem grobkörnigen und sauren Typus des Adamellotonalits. Es fehlte mir aber damals irgendein Beweis, beide Tonalite für verschiedenartig zu halten. Im Jahre 1910 hatte ich im obersten Val Seniciaga einen Block parallelstruiereten Tonalits von Re di Castellotypus gefunden, der von Adamellotonalit intrudiert war. Auch hatte ich ein Jahr vorher im Casinellegebiet Adamellotonalit in geringer Entfernung von Re di Castellotonalit beobachtet, ohne einen Übergang zu finden.

Ich ging nun heuer eben von Val di Fumo aus und nach sorgfältiger Untersuchung der Umgebung von Malga Breguzzo gelang es mir die Grenze zwischen beiden Tonaliten gerade in unmittelbarer Nähe der jetzt verlassenen Malga zu finden.

Von Malga Breguzzo aus wurde dann die Grenzlinie auf Schritt und Tritt weiter verfolgt, und zwar nach Westen bis zum Kontakt mit dem triadischen Schichtenkomplex der Cime delle Casinelle und nach Osten bis in Val Seniciaga. Die Grenze streicht von Malga Breguzzo fast geradlinig in der Richtung des Passes, welcher von Val Cop di Breguzzo nach Val di Breguzzo führt, überschreitet die Wasserscheide südlich des Passes und nördlich des unbenannten Gipfels 2898, schwenkt dann nach NO, schneidet die nächste Kammlinie des Val S. Valentino, westlich von Bocca della

¹⁾ Siehe Jahresbericht für 1909 in Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, Heft 1, pag. 13.

²⁾ Diese Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, pag. 109 u. 381.

Cunella zwischen den Gipfeln 2761 und 2858, durchquert die Val S. Valentino bei Malga Coel di Vigo, setzt dann fort in nördlicher Richtung bis Coel di Pelugo und Passo degli Altari und erreicht endlich bei Mte. Ospedale die kristallinen Schiefer.

Es wurde nun auf der ganzen Länge dieser Kontaktlinie konstatiert, daß die Grenze konstant scharf ist. Scharfe Grenzen kann man zwar auch bei magmatischen Differentiationen beobachten, nicht aber in der Regel mit einer solchen Konstanz längs einer Linie, welche über 16 *km* lang ist. Allerdings wäre bei Gesteinen, welche doch so verwandt sind wie die zwei Tonalite, die Auffindung der Grenzlinie oft sehr schwierig, wenn der Re di Castellotonalit am Kontakt nicht parallelstruiert wäre. Längs der ganzen Linie von Malga Breguzzo bis Mte. Ospedale zeigt der Re di Castellotonalit eine Zone mit ausgesprochener Parallelstruktur, welche im Durchschnitt 300—400 *m* breit ist. Die Richtung des Parallelismus ist im allgemeinen beiläufig jene der Grenzlinie, da aber diese oft kleine und große Knickungen macht, so kommt es oft vor, daß die Kontaktlinie schief oder sogar quer zu der Parallelrichtung ist. Die Schärfe der Grenze tritt dann ungemein klar hervor und die Deutung der Linie als eine geologische Grenze ist schon die wahrscheinlichste Erklärung.

Eine sichere Interpretation wird aber von den gegenseitigen Lagerungsverhältnissen geliefert. Und zwar: wenn unsere Grenzlinie eine geologische ist, so muß sie entweder eine Bruchlinie oder ein Kontakt sein. Die Art und Weise wie die zwei Tonalittypen nebeneinander auftreten, der Verlauf der Grenzlinie und endlich die Beobachtung der Einzelheiten lassen an eine Verwerfung nicht denken. Andererseits, wenn ein Kontakt vorhanden ist, so müssen auf einer so langen Grenzlinie doch Stellen vorkommen, wo die Intrusion ihre unzweifelhaften Zeichen zurückgelassen hat.

Eine detaillierte Untersuchung führte auch tatsächlich zur Konstatierung, daß einer der Tonalite, und zwar der Adamellotonalit, zahlreiche große und kleine Apophysen in den Re di Castellotonalit sendet und Schollen und Bruchstücke des letztern einschließt. Auch für die Feststellung dieser Verhältnisse ist das Vorhandensein der parallelstruierten Zone von Castellotonalit ungemein wichtig und bequem. Es bliebe sonst in vielen einzelnen Fällen der Beobachter im Zweifel, ob er es mit wirklichen Gängen, beziehungsweise Apophysen oder mit magmatischen Differentiationen, besonders mit schlierenförmigen Bildungen zu tun hat. Es gibt nämlich im Adamello Schlieren basischer oder saurer Natur, welche schärfere Grenzen haben als manche Gänge der Gefolgschaft und es gibt basische Ausscheidungen, die sich schärfer als manche Schiefereneinschlüsse von der Tonalitmasse abheben.

In diesen zweifelhaften Fällen bildet die Parallelstruktur des Castellotonalit¹⁾, besonders bei Einschlüssen, eine sehr bequeme

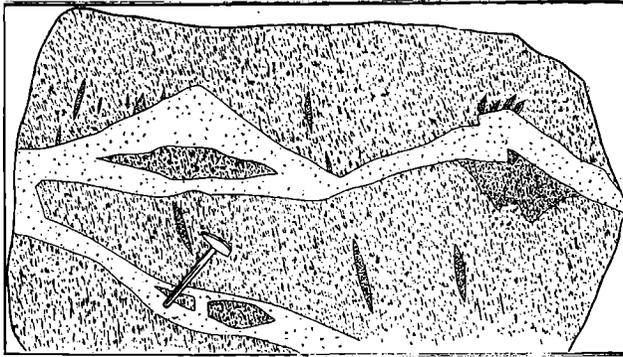
¹⁾ Der Kürze halber werde ich von nun an diese kurze Benennung brauchen. Sie wäre übrigens auch die richtigere, denn Re ist in brescianischem Dialekt gleich Rivo (Bach) und die Spitze sollte demnach bloß Castello heißen.

Kontrolle und auch Apophysen lassen sich mit derselben Sicherheit bestimmen wie solche im Gneis.

Eine detaillierte Beschreibung dieser Apophysen und Einschlüsse wäre hier nicht am Platz; ich begnüge mich deshalb, von den zahlreichen Zeichnungen und photographischen Aufnahmen, welche ich als Beweismaterial neben großen Handstücken mitgebracht habe, ein paar Federskizzen wiederzugeben.

Figur 1 zeigt, wie der Castellotonalit mit seiner deutlichen Parallelstruktur von dem gröberen normalstruierten Adamellotonalit scharf durchbrochen wird und wie seine Bruchstücke eingeschlossen sind. Die von der Parallelstruktur bedingte spindelförmige Gestalt

Fig. 1.



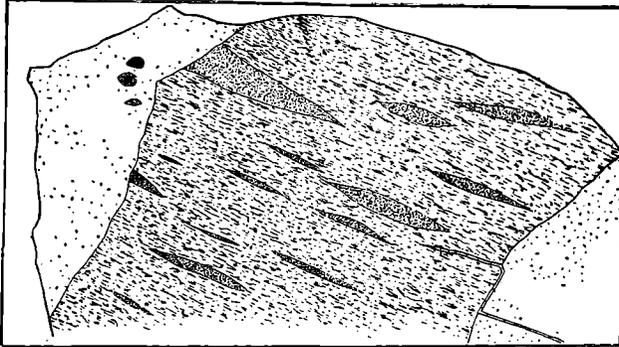
der basischen Ausscheidungen des Castellotonalit zeigt die Fig. 2. Diese Ausscheidungen werden selbstverständlich ebenfalls scharf abgechnitten.

Es geht nun aus dieser zusammengedrängten Beschreibung der Lagerungsverhältnisse klar genug hervor, daß die in diesem Sommer entdeckte Grenzlinie¹⁾ zwischen Adamellotonalit und Castellotonalit, eine Eruptivkontaktlinie ist. Die große Adamelloeruptivmasse ist daher nicht einheitlich. Der ausgesprochene Unterschied zwischen der nördlichen und der südlichen Partie der Masse, welcher schon vor zwei Jahren mich veranlaßte, von zwei verschiedenen Tonaliten zu sprechen, ist also nicht einfach eine magmatische Differentiation; wir haben vielmehr mit zwei verschiedenalterigen Massen zu tun: eine nördliche — jüngere — und eine südliche —

¹⁾ Ich brauche kaum zu erwähnen, daß diese Grenzlinie mit der Linie von F. Löwl (Die Tonalitkerne der Rieserferner in Tirol, Petermanns Mittheilungen 1893, Heft IV u. V, mit Karte) nichts gemeinsam hat. Seinen Campelliobuch, der den Adamello in zwei Massen trennen sollte, läßt er fünf Kilometer südlich von Malga Breguzzo in OS-Richtung laufen. Es hatten übrigens schon die älteren Studien von G. Stache eine ganz andere Verteilung der permotriadischen Schichten und der kristallinen Schiefer in der Randzone der Eruptivmasse als die von Löwl angenommene, festgestellt. So ist es begreiflich, daß seine Schlußfolgerungen keinen Anklang gefunden haben. Nach ihm galt die Adamello-masse gleichwie zuvor als einheitlich.

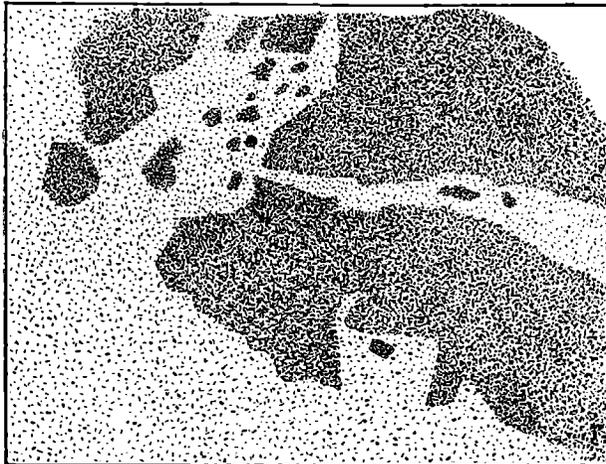
ältere —, welche weiterhin die Namen Adamello-Presanellamasse und Re di Castello- oder einfach Castellomasse tragen dürfen. —

Fig. 2.



Die Castellomasse selbst ist aber auch nicht einheitlich. Ich will nicht von den zahlreichen magmatischen Differentiationen reden; dieselben wurden auch kartiert, sie werden in einer späteren Publikation beschrieben werden und das Bild der Eruptivmasse sehr lebhaft gestalten. Ich spreche hier von geologischer Einheitlichkeit.

Fig. 3.



Am Bocca della Cunella, einem wilden Paß, welcher von Val S. Valentino in das obere Val Breguzzo führt, habe ich eine basische Tonalitmasse entdeckt, welche den Lagerungsverhältnissen gegenüber dem umgebenden Eruptivgestein nach, mit dem Castellotonalit nicht gleichalterig sein kann.

Diese Cunellamasse ist nicht groß; sie ist etwa ein halbes Kilometer lang und ein Viertel Kilometer breit. Gegenüber dem Castellotonalit unterscheidet sie sich durch das feinere Korn und durch das Überwiegen der Hornblende derart, daß das Gestein grauschwarz erscheint.

Die Lagerungsverhältnisse sind folgende: die Abgrenzung ist im Allgemeinen eine sehr scharfe; Übergänge zu dem umgebenden Gestein sind nicht zu sehen trotz der petrographischen Affinität. Fig. 3 zeigt eine Partie der Grenzzone. Die Cunellamasse ist dunkel, der Castellotonalit licht gezeichnet; der Tonalit sendet in das basische Gestein Apophysen und schließt zahlreiche Stücke derselben ein. An anderen Stellen, die ich ebenfalls fotografiert und gezeichnet habe, sind die Fragmente so zahlreich, daß sie wie ein Mosaik ausschauen. Interessant sind ferner auf der Fig. 3 die Ausbuchtungen, welche am unteren Rande zu sehen sind. Sie erinnern stark an jene der Quarzkristalle in Effusivgesteinen, zum Beispiel in Quarzporphyr und zusammen mit der stark abgerundeten Form der meisten Einschlüsse lassen sie an energische Resorptionserscheinungen denken. Die Cunellamasse war also schon starr oder wenigstens halberstarrt, als sie von dem Castellotonalit durchbrochen wurde: sie ist älter als der letztere.

Die sechsfache Eruptionsfolge der Adamellomasse.

Die neue Karte wird also uns das alte Bild des Adamello mit frischen Zügen und wesentlich geändert zeigen. Ich habe versucht, es in der umstehenden Skizze Fig. 4 wiederzugeben¹⁾.

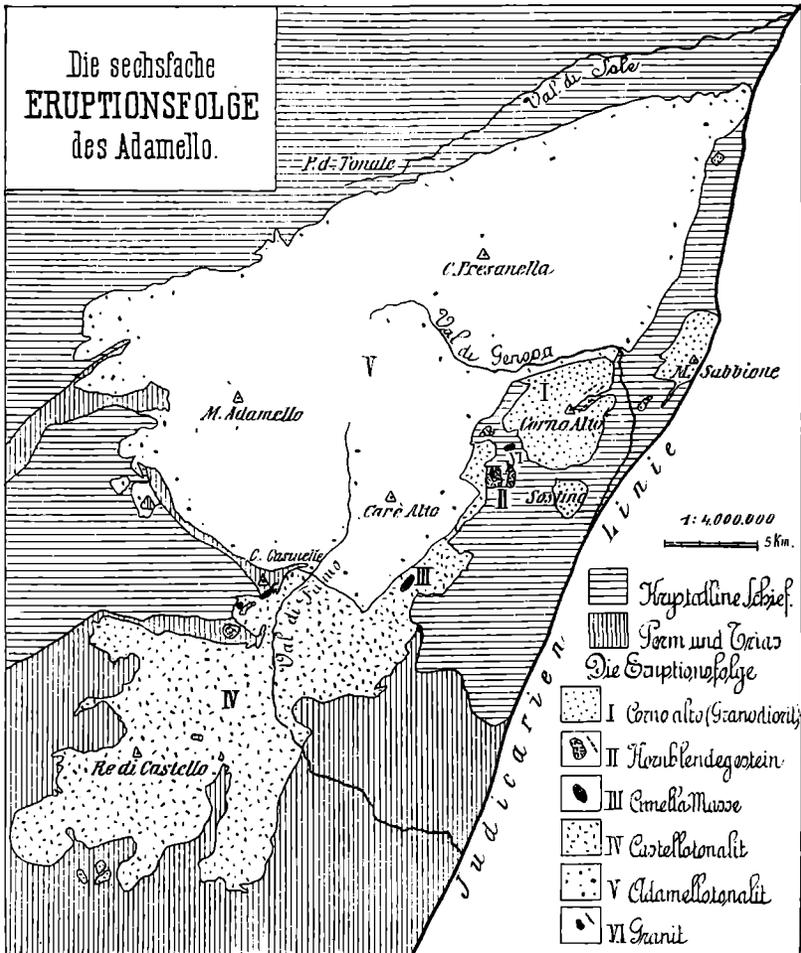
An der bedeutungsvollen Einschnürung, welche schon die erste Karte von Curioni zeigt, setzt, wie die Skizze zeigt, die Grenze zwischen beiden Massen ein. Sie quert zuerst die Eruptivmasse von W nach O, als wenn sie dieselbe glatt entzweiten wollte, biegt dann aber um und setzt für ca. 10 km weiter nach NO fort, so daß der Adamello-Presanellatonalit eine Borte von Castellotonalit bekommt. Dieses Bild macht den Eindruck, als wenn die Castellomasse ursprünglich viel größer, etwa um ein Drittel, gewesen wäre und die Intrusion der jüngeren Adamello-Presanella den nördlichen Teil des Castello abgebrochen hätte.

Auch die Corno Altomasse ist gegen den Adamello derart begrenzt, daß sie an einen Verlust der ursprünglichen Masse durch die spätere Eruption seines mächtigen Nachbars denken läßt. Wie die Skizze zeigt, ist seine Abgrenzung nach Norden durch eine beinahe gerade Linie gegeben, im Gegensatz zu der rundlichen Form der übrigen Umrißlinie.

¹⁾ Ich will ausdrücklich bemerken, daß diese Kartenskizze eine provisorische ist. Die oberste Val di Genova und den südlichen Abhang der Presanella habe ich noch nicht untersucht. Es liegt ferner der reichsitalienische Teil des Adamello außerhalb meines Arbeitsgebietes; denselben habe ich nach Salomon gezeichnet und bisher nur durch einen flüchtigen Besuch kennen gelernt.

Neben den drei großen Eruptivmassen: Corno Alto (I), Castello (IV) und Adamello (V) kommen auf unserem Kärtchen noch kleinere Stöcke vor, welche die Eruptionsreihe vervollständigen. Die Stöcke und Gänge des Hornblendegesteines, dessen Verbreitung auf die Randzone des Corno Alto beschränkt ist, wurden schon im

Fig. 4.



vorigen Jahre beschrieben¹⁾. Sie sind diejenigen, welche die Altersbestimmung des Corno Alto ermöglicht haben. Sie intrudieren Corno Alto und werden von Castellotonalitapophysen durchbrochen.

Der Castellotonalit durchbricht noch die ebenfalls stark basische Masse der Cunella, welche also auch älter ist. Es gibt dann einen

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, pag. 379.

Granit, welcher besonders in der Umgebung der Val Seniciaga häufig, und zwar bald gangförmig, bald stockförmig auftritt und auch schon von mir beschrieben wurde²⁾. Er durchbricht alle anderen Eruptivmassen und muß vorläufig als das letzte Glied der Reihe betrachtet werden.

Die **Eruptionsreihe** besteht also aus sechs Gliedern: 1. Die Granodioritmassen des **Corno Alto** und **Sostino**. 2. Die Stöcke und Gänge des **Hornblendegesteins**. 3. Die basische Masse der **Bocca Cunella**. 4. Die basische Tonalitmasse des **Re di Castello**. 5. Die saure Tonalitmasse des **Adamello-Presanella**. 6. Die kleinen Stöcke und Gänge des Granits.

Das relative Alter dieser sechs Glieder wurde bis auf eines mit den sicheren Kriterien der gegenseitigen Lagerungsverhältnisse, sowohl nach unten als nach oben, bestimmt. Eine Ausnahme bildet das Glied Nr. 3. Es fehlt nämlich hier die Möglichkeit, die Lagerung der Cunellamasse gegenüber den weit entfernten Hornblendegesteinsstöcken zu beobachten. Streng genommen ist also die Stellung der Glieder 3 und 2 gegenseitig nicht genau bestimmt: es könnten beide gleichalterig sein oder sogar 3 jünger als 2 sein. Ich habe in diesem Zweifel die petrographischen Kriterien zur Hilfe gezogen. Das Hornblendegestein ist, wie aus der Beschreibung, die in meiner früheren Mitteilung³⁾ gegeben wurde, hervorgeht, mit dem Granodiorit des Corno Alto innig verbunden. Ebenso innig ist die petrographische Verwandtschaft der Cunellamasse mit dem Castellotonalit: die Cunellamasse ist ja selbst ein sehr basisches Tonalitgestein. Ich schließe nun daraus, daß die Stelle, welche diese Glieder in der Eruptionsreihe bekommen haben, die wahrscheinlichste, ja die einzig mögliche ist.

Für Glied 3 kann man noch einen Zweifel haben: man muß sich nämlich die Frage stellen, ob die Cunellamasse ein wirklicher Stock im Tonalit ist oder bloß eine wurzellose schwimmende Masse, etwa eine basische Ausscheidung in großem Stil. Eine eingehende Diskussion dieser Frage würde uns zu weit führen. Ich will nur bemerken, daß ich, soweit die Aufschlüsse reichen, von einem Unter-teufen des Tonalit, bezw. von einem Verjüngen der Cunellamasse nach unten nichts bemerken konnte; und doch ist diese interessante Masse auf 300 m in vertikaler Richtung gut aufgeschlossen.

Man muß sich aber auch im allgemeinen die Frage stellen, ob die oben aufgestellte Reihe wirklich einer Eruptionsfolge entspricht oder aus Eruptivmassen weit verschiedener Epochen besteht.

Es kommen dabei in Betracht: 1. die räumliche Anordnung, 2. die Consanguinity, 3. das absolute Alter.

Was die räumliche Anordnung anbelangt, so spricht sie in klarer Weise für die Auffassung der in Frage stehenden Reihe als

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, Nr. 16, pag. 381.

²⁾ Diese Verhandl. Nr. 16, pag. 379.

Eruptionsfolge nicht dagegen¹⁾. Und zwar sind sämtliche sechs Glieder in einen so engen Raum zusammengepreßt, daß sie bisher den Eindruck einer einzigen Eruptivmasse erweckt haben.

Über die Consanguinity (Gauverwandtschaft) unserer Eruptivmasse habe ich schon für Corno Alto in den betreffenden Publikationen und in der Einleitung dieser Mitteilung etwas gesagt. Corno Alto, das ist das älteste Eruptionsglied, ist eine dioritische Masse mit einem granitischen Kern. Wichtig ist für ihre Beziehungen zu den anderen Gliedern die Konstatierung, daß sowohl sie als die Sostinomasse stellenweise einen tonalitischen Rand besitzen.

Das Hornblendegestein, Glied 2, ist, wie früher bemerkt wurde, sei es als Gang, sei es als Stock, stark differenziert und so kam es, daß es einerseits mit einigen Tonalitvarietäten, andererseits mit Auscheidungen der Corno Altomasse verglichen wurde.

Noch deutlicher ist die Verwandtschaft der folgenden Glieder: Cunella (3), Castello (4), Adamello-Presanella (5). Petrographisch sind sie nur Varietäten des Tonalits und ich würde sie auch bloß als magmatische Differentiationen noch weiter betrachten, wenn es mir schließlich nicht gelungen wäre, ihre gegenseitigen Lagerungsverhältnisse zweifellos zu bestimmen. Endlich ist der Granit mit manchem Aplitgranit der Ganggefölschaft des Tonalits petrographisch identisch.

Eine große Ähnlichkeit zeigt ferner die Ganggefölschaft des Corno Alto mit jener der Castellomasse. Nach den von mir vorläufig gesammelten Daten wäre die Ganggefölschaft des Corno Alto (mehr als 100 Gänge wurden auf diesem Gebiete kartiert) der Reihe nach: 1. Aplit, 2. gemischte Gänge (aplitisch-pegmat.), 3. Pegmatite, 4. Plagioklasporphyrite, 5. Hornblendeporphyrite, 6. melanokrate Ganggesteine, 7. grüne Porphyrite. Genau dieselbe Reihe zeigt die Castellomasse, wo ich allerdings keine Hornblendeporphyrite gefunden habe; dafür treten im Castellogebiete leukokrate Porphyritstöcke auf, die ich vorläufig an den Schluß der Reihe stellen möchte.

Es genügen wohl über die Consanguinity diese kurzen Angaben, um daraus schließen zu können, daß auch dieses Kriterium für die Anschauung der Eruptionsfolge im allgemeinen günstig ist.

Viel wichtiger wäre aber, das absolute Alter sämtlicher Eruptivglieder genau bestimmen zu können und daraus den Schluß ziehen zu dürfen, daß sie alle einer relativ kurzen Epoche angehören.

¹⁾ Ich begnüge mich absichtlich mit dieser negativen Schlußfolgerung. Wie gerade die räumliche Anordnung irreführen kann, wenn man aus derselben zuviel schließen will, zeigt das Beispiel der „periadriatischen Intrusivmassen“, welche seit einem Jahrhundert, von Buch bis Salomon, syngenetisch betrachtet wurden. Auch die Gauverwandtschaft hat Brögger irreführt: auf Grund derselben nahm er (vorsichtigerweise aber nur als Hypothese) an, daß die Tonalite und Adamellite unserer Region nicht nur petrographisch, sondern auch petrogenetisch zwischen den Monzoniten und dem Granit von Predazzo einzuschieben sind, das ist also auch zeitlich eine Eruptionsreihe zwischen denjenigen der Monzonite und der triadischen Granite repräsentieren. Über die Syngeneise periadriatischer Intrusivmassen vergleiche meine Publikation in diesen Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, pag. 91—93.

Die Altersfrage habe ich in meinen früheren Aufsätzen und besonders in meiner ersten vorläufigen Mitteilung über Adamello¹⁾ ziemlich ausführlich besprochen. Für den Corno Alto genügt es, wenn ich kurz ausführe, daß er jünger als die Gneise und Glimmerschiefer, die er durchbricht, sein muß. Eine nähere Altersbestimmung ist überhaupt nicht möglich, weil das Eruptivgestein mit keinen jüngeren Schichten in Berührung kommt. Auch eine indirekte Bestimmung wurde dadurch unmöglich gemacht, daß ich feststellen konnte, er sei älter als die Tonalitmasse. Dasselbe gilt auch für das Hornblendegestein.

Für die übrigen Glieder der Reihe kann man eine viel präzisere Bestimmung erreichen; für sie ist das, was ich in der oben erwähnten Schrift gesagt habe, maßgebend. Allerdings entsteht durch die heuer vorgenommene Teilung der großen Adamellomasse die weitere Frage, ob beide Eruptivmassen, das ist Adamello sowie Re di Castello, gleichalterig sind. Um auf diese Frage eine Antwort zu geben, ferner weil ich im vorigen Sommer neue Beobachtungen machen konnte, welche einen Fortschritt in der allgemeinen Altersfrage bedeuten, muß ich hier eine breite Parenthese einsetzen.

Das Alter der Zwillingsmassen Adamello und Castello.

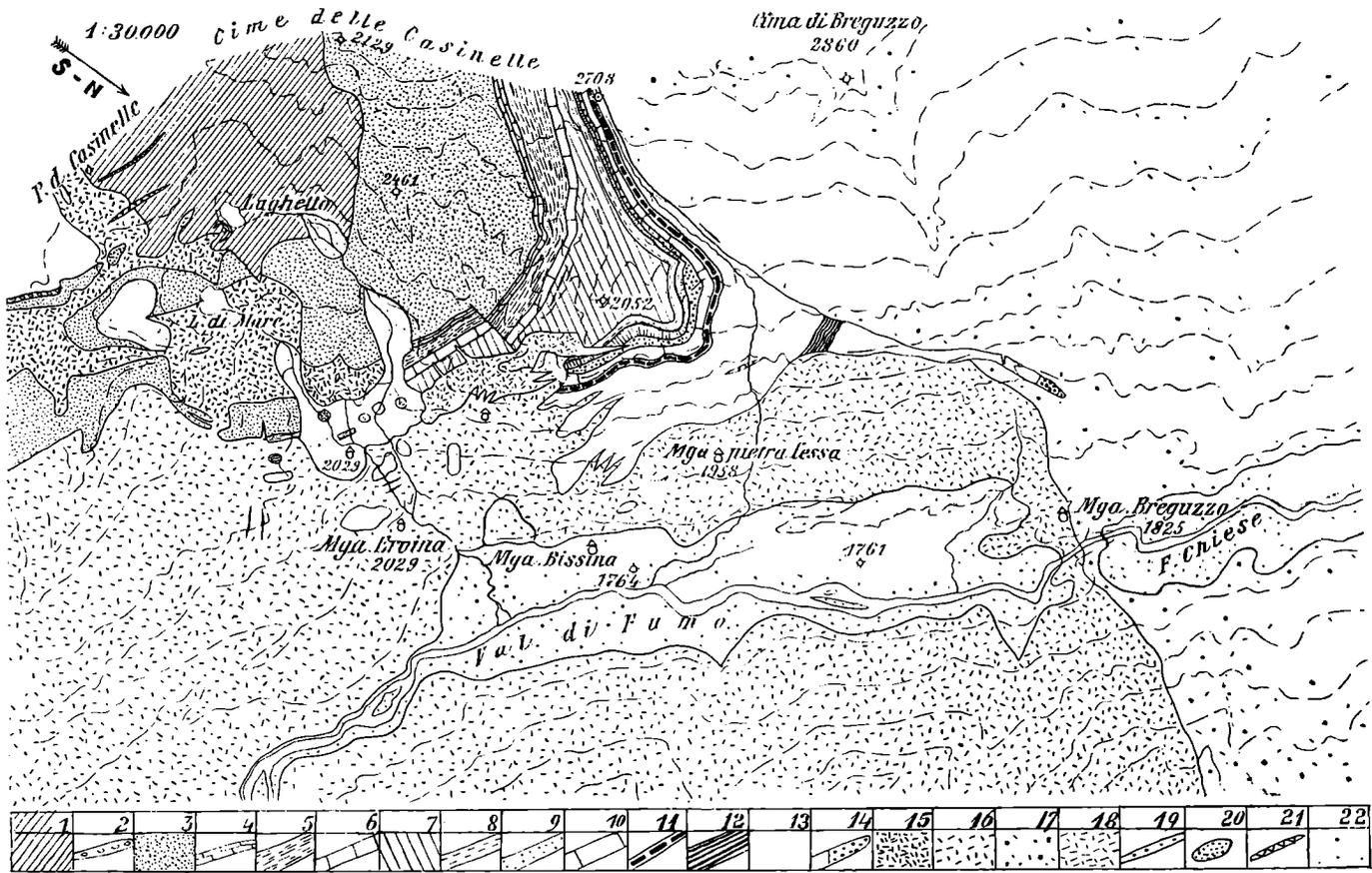
Vor zwei Jahren hatte ich das Glück, bei einer sehr detaillierten Aufnahme des Casinellegebietes in Val di Fumo eine große Masse von Hauptdolomit zu entdecken, welche von dem Tonalit kontakt-metamorph verändert ist. Der Dolomit ist in eine prächtige Marmor-masse umgewandelt und durch die ebenfalls metamorphen Raibler Schichten von dem Marmor des Esinokalkes abgetrennt. Dem Esinomarmor folgen die Daonellaschichten, die Reitzschichten, oberer und unterer Muschelkalk, Zellendolomit, fossilführende Werfener Schiefer, Bellerophonkalk, permische Sandsteine, Konglomerate, nochmals Sandsteine (Karbon?) und schließlich Quarzphyllite, kurzum die ganze normale Sedimentserie. (Siehe die Kartenskizze auf pag. 108.)

Aus der Mächtigkeit der Dolomitmasse zog ich den Schluß, daß der Tonalit, welcher den Dolomit metamorphosiert und denselben mit deutlichen Apophysen durchbrochen hat, nicht nur gleichalterig, sondern jünger sein sollte. Meine Schlußbemerkungen (pag. 109 a. a. O.) lauteten: „Die minimale, das ist also die älteste Altersgrenze des Tonalits, welche, als Suess über Adamello schrieb, bei der anisischen Stufe lag und nach den Aufnahmen Bittners die ladinische Stufe erreicht hatte, hat nunmehr die karnische und norische Stufe überschritten und liegt nahe oder knapp an der Basis des Rhäts.“

„Spuren von Rhätschichten zu finden, ist mir — so schrieb ich fort — bisher nicht gelungen. Wenn solche an der Cime delle Casinelle vorkommen, so sind sie bei 37²⁾ zu erwarten, eine Stelle,

¹⁾ Dr. G. B. Trener, Über das Alter der Adamelloeruptivmasse. Verhandl. der k. k. geol. R.-A. 1910. Nr. 4, pag. 91—115. Ferner ebenda Nr. 16, pag. 373—382.

²⁾ Die Zahl bezieht sich auf die betreffende Ziffer des Gypsmodells, welches in der zitierten Mitteilung auf pag. 103 reproduziert wurde.



Erklärungen für die Kartenskizze.

Maßstab: 1:30.000.

I. Schichtenfolge.

Die Gesteine sind im Bereich der Karte mehr oder minder intensiv kontaktmetamorph verändert.

1. Quarzphyllit (zum Teil Hornfelse).
2. Permokarbon. Grüne Sandsteine, Schiefer mit *Walchia pin.* und Grödner Sandsteine in Quarzite, Glimmerquarzite und Glimmerschiefer umgewandelt.
3. Bellerophonschichten. Geschichteter Marmor.
4. Werfener Schiefer, zum Teil in Hornfelse, Glimmerschiefer, Granat- und Silikatfels umgewandelt, zum Teil fossilführend (*Naticella costata*).
5. Zellendolomit, zum Teil Brekzienmarmor.
6. Unterer Muschelkalk (*Dacrinus gracilis*-Schichten). Grauer Marmor mit dünnen Silikatlagen.
7. Oberer Muschelkalk (*Trinodosus*-Zone).
8. Buchensteiner Schichten (*Protrachyceras Reitzi*-Schichten). Dunkler Silikatfels mit weißen Marmorknollen. Pietra verde.
9. Wengener Schichten (*Daonella Lommeli*-Schichten). Dunkler Hornfels.

10. Esinokalk. Grobkristallinischer Marmor.
11. Raibler Schichten. Dunkler Hornfels und glänzende Schiefer.
- 13*. Hauptdolomit. Dolomitmarmor.
12. Rhät. Grauer Marmor wechsellagernd mit dünnen Silikatlagen.
14. Conchodondolomit (?) und Lias (??). Reiner Marmor und Marmor mit Silikaten.

II. Eruptivgesteine.

15. Castellotonalit. IV. Eruptionsglied. Basische Fazies.
16. Castellotonalit. IV. Eruptionsglied. Normale Fazies.
17. Adamellotonalit. V. Eruptionsglied. Normale Fazies. Typischer Tonalit.
18. Granitstock. VI. Eruptionsglied. Biotitgranit.
19. Melanokrate Ganggesteine der Tonalitgefugschaft.
20. Porphyritstock.
21. Quarzgang.
22. Moränen. Bergstürze. Talalluvium.

NB. Die Eruptionsglieder I (Corno alto), II (Hornblendegestein), III (Cunellamasse) kommen im Bereiche dieser Kartenskizze nicht vor.

* Auf der Kartenskizze wurde 12 mit 13, aber nur in den Erklärungskasteln, verwechselt. Hier wird die Schichtfolge durch eine Umstellung der betreffenden Nummern richtiggestellt.

welche ich wegen Terrainschwierigkeiten und Zeitmangel noch nicht begehen konnte und erst im nächsten Sommer untersuchen werde. Ich habe Rhät vergebens in der Nähe Pietrafessa bei 22, 25, 36 gesucht; ich sah dort nur weißen Marmor; während der Komplex der rhätischen Ablagerungen mit schwarzen mergeligen Schichten beginnen sollte, so daß nichts leichter wäre, als sie auch in kontaktmetamorph verändertem Zustand von Hauptdolomit zu unterscheiden.“

Diese erwartungsvolle Lokalität habe ich nun in diesem Sommer besucht. Von Malga Breguzzo in Val di Fumo führt ein verlassenener Fußsteig nach NW in der Richtung des Cima di Breguzzo (M. Rosso) 2860 m hinauf.

In einer Höhe von ca. 1950 m fängt man an, Marmorblöcke zu finden und bald darauf das anstehende Gestein: einen Marmor, der mit amorphen Silikaten und Kontaktmineralien dicht erfüllt ist. Es ist dies das Endstück einer Sedimentzunge, welche gut aufgeschlossen ist und die man nach O und dann nach OS verfolgen kann bis an der oben mit 37 bezeichneten Stelle. Die Länge dieses ganz unerwarteten Fortsatzes beträgt nicht weniger als 1 km, die Breite aber nur ca. 50 m am Ende und in der Mitte und ca. 200 m am Anfang. Das Mittelstück besteht fast ausschließlich aus reinem Marmor, das Anfangsstück, welches genau der oben mit 37 bezeichneten Stelle entspricht, ist ein Gestein, welches weder dem metamorphen Dolomit, noch einem metamorphen Kalk entsprechen kann; dünne Lagen eines schwärzlichen Marmors wechsellagern mit dünnen Silikatlagen.

Nach den in der nächsten Umgebung gemachten Erfahrungen kann ein solches metamorphes Gestein nur einem Mergel oder mergeligen Kalk entsprechen. Ein Vergleich mit den mergeligen Schichten des unter denselben Verhältnissen metamorph veränderten Muschelkalkes der C. delle Casinelle läßt darüber keinen Zweifel gelten. Diese sind also die in obigem Zitat erwarteten mergeligen Schichten, welche ihrer Stellung und Richtung nach nur einem Schichtenkomplex, der auf dem Hauptdolomit liegt, also dem Rhät angehören können.

Die vorstehende Skizze, welche aus der Originalaufnahme im Maßstab 1:25.000 entnommen wurde, illustriert neben dem in einer meiner früheren Mitteilungen wiedergegebenen Bild des Gipsmodells¹⁾ die Lagerungsverhältnisse dieses interessanten Gebietes, welche bereits (a. a. O.) besprochen wurden. Man sieht aus dem Kartenbild, daß die als Rhät bestimmten Schichten wirklich an der nach dem regelmäßigen Aufbau des Schichtenkomplexes entsprechenden Stelle vorkommen.

Den mergeligen Kalken, welche in Judikarien die Basis des Rhäts bilden, folgt ein mächtiger Dolomit, welcher dem Conchodonolomit der Lombardei entspricht, hierauf die mergeligen Kalke des Lias.

Wenn man annehmen könnte, daß der dem metamorphen Rhät folgende Marmor sich noch in der ursprünglichen Lage gegenüber

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. 1910, Nr. 4, pag. 103. Jedem Exemplar der Separatabdrücke dieser Schrift wurde (im Selbstverlage des Autors) eine Tafel beigegeben. Auf derselben wurde die im Original der Verhandl. beinahe unleserliche Photographie des Gipsmodells auf Kunstdruckpapier nochmals gedruckt.

dem Schichtenkomplex der Cime delle Casinelle befindet, so wäre auch die Deutung des Mittel- und Endstückes des Marmorfortsatzes leicht. Das Mittelstück, welches aus Marmor besteht, wäre als Couchodolomit, das Ende aber, welches voll von Silikaten ist, schon als die Basis des Lias zu bestimmen.

Man könnte sogar aus dem Gebiete der Casinelle Beispiele, die für diese Annahme sprechen, anführen. Man wolle zum Beispiel auf unserer Kartenskizze die Umgebung der oberen Ervinaalpe betrachten. Dort entsprechen sogar kleine, ganz isolierte Reste von stark kontaktmetamorphen Werfener Schiefen der planmäßigen Streichungsrichtung.

Vorläufig will ich mich aber begnügen, zu konstatieren, daß auch rhätische Schichten im Kontakt des Tonalits vorkommen und vielleicht auch noch jüngere Schichten, welche intensiv kontaktmetamorph verändert sind und von Apophysen des Eruptivgesteins deutlich durchbrochen werden. Immerhin zwingt uns die Mächtigkeit der als Rhät bestimmten Schichten nebst anderen allgemeinen Betrachtungen zu der Schlußfolgerung, daß die Eruptivmasse nicht nur als gleichalterig mit dem Rhät, sondern als jünger, also als postrhätisch aufzufassen ist.

Die Altersgrenze des Tonalits, welche nach meinen früheren Beobachtungen in dem Gebiete der Cime delle Casinelle die karnische und norische Stufe erreichte, hat nun auch die rhätische Stufe und somit die ganze Trias überschritten. Die **Tonalitmasse** ist also nicht triadisch, wie man sie von Anfang an betrachtet hat, sondern **posttriadisch**, mindestens **liasisch**.

Ein Blick auf die Kartenskizze gestattet uns noch einen Schluß zu ziehen, welcher für unsere Betrachtungen ungemein wichtig ist. Wir sehen nämlich, daß der merkwürdige Sedimentevorsatz bei Malga Breguzzo auf eine lange Strecke sich als mächtiger Keil gerade zwischen den Adamello- und den Castellotonalit einschiebt.

Die Schlußfolgerungen, die aus den Kontaktbildungen und aus den Apophysen gezogen wurden, sind deshalb für beide Massen gültig, das ist also, daß sowohl die ältere Castello als die jüngere Adamello-Presanella posttriadisch sind.

* * *

Mit dieser Konstatierung können wir also die lange Parenthese schließen und zur Frage der Eruptionen zurückkehren. Die räumliche Anordnung und die Consanguinity sprechen, wie wir sahen, eher für als gegen die Auffassung unserer Eruptionenreihe als eine Eruptionenfolge. Wir können jetzt hinzufügen, daß auch die direkte Bestimmung des absoluten Alters der zwei großen Tonalitmassen nicht dagegen ist, weil sie für beide zu gleichen Resultaten gekommen ist.

Wir hätten also keinen Beweis, die sechs Eruptionsglieder nicht als einer und derselben Eruptionsepoche angehörig zu betrachten. Für die Glieder II—IV hat die Reihenfolge: sehr basisch,

basisch, weniger basisch, sauer, das ist also die Reihenfolge, welche Brögger als Regel aufgestellt hat, volle Geltung.

Fraglich ist die Stellung des Corno Alto: seine Basizität kann nur nach einer vollständigen petrographischen Untersuchung bestimmt werden; man muß nämlich aus den vielen magmatischen Differentiationen, die schon besprochen wurden¹⁾, ein Mittel herauskalkulieren. Erst dann wird die Frage, die uns beschäftigt, spruchreif werden.

Dr. W. Schmidt. Zum Bewegungsbild liegender Falten.

Die vorliegende Arbeit entstand bei den Versuchen, der Verteilung der Kräfte in einem Faltengebirge auf den Grund zu kommen. Es stellte sich dabei die Notwendigkeit heraus, zunächst die reine Bewegungsform der dabei auftretenden Erscheinungen zu beherrschen, bevor man über die Ursachen der Bewegung, die Kräfte, ein Urteil abgibt. Die strenge Trennung von Kinematik und Dynamik kann nicht eindringlich genug gefordert werden. Es soll daher im folgenden nur von Bewegung die Rede sein, von Kräften tunlichst wenig gesprochen werden.

Das Problem, das uns beschäftigen soll, ist das der liegenden Falte, die Form, die in den Gebirgen am häufigsten vorkommt; wir können sagen, daß bei den meisten Gebirgen die Bewegungen derartige waren, daß liegende Falten entstanden. Welcher Art sind nun diese Bewegungen? Es zeigt sich die Erscheinung, daß die Deformationen, die ein Körper erleidet, meist Verschiebungen an Flächenscharen sind, Scherflächen. Ist nun auch die Gebirgsbildung eine derartige Deformation? Lassen sich auch die Falten durch Bewegung nach Scherflächen restlos erklären?

Es drängt sich nun die Frage auf, woraus wir erkennen, daß in einem Gestein eine Verschiebung vor sich gegangen ist. Man denke an einen Granit, der keinerlei Absonderungen zeigt, unterwerfe ihn einer Deformation, die zum Beispiel einen geschichteten Kalkstein in wirre Falten legen würde, und doch werden wir in ersterem dann nicht viel von der Deformation sehen. Wir sehen daraus, daß wir die Bewegungsart aus der Formänderung von dem Gestein von Anfang an eigentümlichen Liniensystemen, meist von Schichten, erschließen. Nur beachten wir dabei meist zu wenig, daß die Erscheinungen, die wir da sehen, Endprodukte sind, zwar auch Funktionen des Bewegungszustandes, außerdem aber noch anderer Veränderlicher. Wenn wir eine Faltenstirn sehen, denken wir unwillkürlich an eine wälzende Bewegung, und doch ist das noch lange nicht sicher. Es ist gut, um von dieser Beeinflussung loszukommen, die Schichtung als etwas Nebensächliches zu behandeln, das Gestein als ein Ganzes anzusehen. Einwendungen werden später besprochen.

Für unsere Betrachtungen nehmen wir zunächst einen unbegrenzten Raum an, die Gesteinsmasse sei im Vergleich zum Maß der

¹⁾ Siehe die zwei zitierten Mitteilungen über Corno Alto.