

Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes

II. Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtirol

Von

Dr. W. C. Brögger

Ord. Professor der Min. u. Geol. an der Universität Kristiania

Mit 19 Figuren im Text

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1895. No. 7.



Kristiania

In Commission bei Jacob Dybwad

A. W. Bröggers Buchdruckerei

1895

Vorgelegt in der Sitzung der Gesellschaft 3. Mai 1895.

Herrn Professor Dr. J. P. Iddings
in Freundschaft gewidmet.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Die Monzonite und die mit denselben verknüpften Gesteine	6
<i>Historische Übersicht.</i>	6
<i>Abgrenzung und nähere Charakteristik der Monzonite</i>	19
<i>Chemische Zusammensetzung der Monzonite</i>	23
Analyse des Monzonits von Monzoni	24
Analysen von Monzoniten von Predazzo	25
Analysen von abyssischen Nephelinsyeniten	27
Analysen von Kalisyeniten	31
Analysen von Natronsyeniten	33
Analysen von Dioriten	36
Vergleichende Zusammenstellung der Analysen von Kalisyeniten, Natronsyeniten und Monzoniten	39
Die Monzonite Orthoklas-Plagioklasgesteine	42
Vergleich mit anderen Vorkommen	43
Analysen von Monzoniten ausserhalb Tyrol	50
Lang's Monzonit-Dacit	52
Verwandtschaftsbeziehungen der Monzonite	54
Structur der Monzonite	56
<i>Serie der Quarz-Monzonite, Monzonite und Olivin-Monzonite</i>	58
Übersichtstabelle	60
Adamellite	61
Analysen von Quarz-Monzoniten etc.	62a
Banatite	63
Nähere Charakteristik der Pyroxenite und ihr Verhältniss zu den Monzoniten	65
Die Pyroxenite als Grenzfaciesbildungen	66
Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo und Monzoni	78
<i>Die gegenseitigen Altersbeziehungen des Granits und des Monzonits</i>	86
<i>Die gegenseitigen Altersbeziehungen des Granits und der von Dölter als „Melaphyre“ zusammengefassten Gesteine</i>	89

	Seite
<i>Altersverhältniss der Monzonite zu den älteren basischen Erguss- und Gang-</i>	
<i>Gesteinen bei Predazzo und Monzoni</i>	95
Analysen von basischen Gängen von Canzacoli etc.	101
Analysen von basischen Grenzfaciesbildungen des Monzonits	102
<i>Altersbeziehungen der rothen „Orthoklasporphyre“ Dölters</i>	107
Analysen von Liebenertporphyren	110
Die Liebenertporphyre Bostonitporphyre	112
Zusammenfassung der Resultate betreffs der Eruptionsfolge	114
Der Mechanismus der Eruption der Tiefengesteine	116
<i>Kjerulfs</i> Fussgranithypothese	119
<i>Michel-Lévy's</i> Hypothese	121
Kartenskizze des Kristianiagebietes	124
Karte der Felsenstrecke Finmarken.	125
Profil von Konerudkollen nach Hörtekollen	126
Karte des Quarzporphyr-Lakkolithes vom Bragernäs-Ås bei Drammen.	136
Profil vom Westabhang des Bragernäs-Ås	140
Profil vom Drammenselv bis Engerfjeld.	144
Zusammenfassung der Resultate über die Granitbildung im Kristianiagebiete . . .	151
Vergleich der Eruptionsfolge bei Predazzo und Monzoni mit derjenigen des	
Kristianiagebietes	154
Stammagma des Tyrolergebietes	158
Tabellarischer Vergleich.	163
Allgemeine Betrachtungen über die Eruptionsfolge der plutonischen Gesteine	165
Nachtrag	182

Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtirol.

Von

Professor W. C. Brögger.

«Nicht ohne Scheu wage ich es über diese berühmte, von Naturforschern des ersten Ranges vielfach besuchte Stelle Einiges beizufügen.»

Studer. (Über Predazzo; in Leonhard's
Zeitschr. f. Min. 1829, I, S. 255.)

Am schönen Abend nach einem heissen Sommertag im August 1894 sass ich mit meinem Begleiter, Professor *V. Ussing* (in Kopenhagen) bei einem Schoppen des herrlichen, funkelnden Traminers im Wirthshaus «Zum goldnen Schiff» (Nave d'oro) zu Predazzo. Der Tag war anstrengend gewesen; im glühenden Sonnenschein hatten wir mit Mühe die steilen Schründe des Mulatto hinauf- und herabgeklettert, um die Grenzverhältnisse des Granits und des Monzonits zu studiren. Im Bewusstsein, den Tag gut angewandt zu haben, genossen wir nach der späten Mahlzeit die schöne Ruhe.

In den angrenzenden Zimmern zeugte das heitere Gespräch in allerlei Sprachen von dem lebhaften Verkehr dieser abgelegenen Ecke mitten im Gebirge mit der grossen, reisenden Welt; und der lebenswürdige Wirth aus der alten Familie der Giacomelli, deren Wappenschild schon um 1510 in Predazzo existirte, ging freundlich und hilfreich unter seinen Gästen umher, um mit Rath und That die Pläne für den folgenden Tag zu fördern.

Dann brachte er uns auch das alte, berühmte Fremdenbuch des Nave d'oro. Ein Stück Geschichte der Geologie ist mit dem Namen verknüpft! Das Fremdenbuch im «Schiff» und die geologische Berühmtheit der Gegend von Predazzo sind von gleichem Alter, sie datiren beide volle dreiviertel Jahrhundert zurück in der Zeit.

Wir lesen die alten, oft schwer zu deutenden Namenszüge, und tiefe Wehmuth ergreift die Seele; — wie haben sie alle mit ehrlicher Mühe die Wahrheit gesucht! Und doch, wie langsam und schwierig war der Weg zur Wahrheit, wie viele mühsame Schritte sind in den steilen Schründen dieser Gebirge vergeblich verhallt!

Wir lesen mit Ehrfurcht die Namen der ersten Pioniere: *Graf Marzari Pencati* (ca. 1820), *Poulet Scrope*, *Studer*, *Ami Boué*, *Bertrand Geslin* (1824). *Leopold von Buchs* Namenszug konnten wir nicht finden; wir erinnern uns an seine Worte in seinem Brief an v. Leonhard: «Mit vollem Recht hat Graf Marzari Pencati diesen Ort (Predazzo) in der Welt zu einer nicht geringen Berühmtheit gebracht», und bedenken, wie es auch bei einem so hervorragenden Forscher lange Jahre dauerte, ehe er seinen eigenen Augen zu glauben wagte. In gleicher Weise, wie er früher das Kristianiagebiet für die wichtigste Gegend im ganzen Norden Europas erklärt hatte, schrieb er jetzt (1824): «Tirol ist der Schlüssel zur geologischen Kenntniss der Alpen».

Das Kristianiagebiet und die Predazzo-Gegend! Die richtige Erkennung des Granits und damit der Tiefengesteine überhaupt als magmatische Erstarrungsprodukte, als Eruptivgesteine, ist mit den beiden Namen verknüpft. Doch weiter im Fremdenbuch!

Da sind drei Namen junger norwegischer Forscher aus dem Jahre 1826, alle drei später bekannte Namen. Zuerst *B. M. Keilhau*, der berühmte Verfasser von «Darstellung der Übergangsformation Norwegens», später von «*Gæa norvegica*» etc.; der zweite *C. Boeck*, der Physiologe und Palæontologe, der in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts über Trilobiten und Graptolithen vom Kristianiagebiet und von Böhmen schrieb, endlich der dritte *N. H. Abel*, der Mathematiker, der grösste Genius der norwegischen Wissenschaft! Er war damals, 1826, nur 24 Jahre alt; keine drei Jahre später war er in Armuth gestorben, nachdem er sich durch seine Arbeiten über die elliptischen Funktionen, über das Abel'sche Theorem etc. als einer der grössten Mathematiker aller Zeiten bewährt hatte. Er war Keilhaus Vetter und wohl aus diesem Grunde ist sein Name im Fremdenbuch des Nave d'oro aufbewahrt worden. —

Schon 1829 finden wir *Murchison* und seine Frau unter den Gästen des Schiffs. Aus 1832 notiren wir *Gustav und Heinrich Rose*! Aus 1834 *Neumann* aus Königsberg, aus 1836 den berühmten *Elie de Beaumont*. — Grosse Namen, — und immer neue.

Immer weiter gleitet die Zeit vorbei. Die beschriebenen Blätter des Fremdenbuchs erzählen immer von neuem Besuch. Aus den 40-er

Jahren finden wir *H. Credner* (1843), *Cordier* (1844), *C. F. Naumann* (1846), *B. v. Cotta* (1849) etc. Schon sind wir in der Mitte des Jahrhunderts.

Wir bemerken eine kleine lithographirte Visitenkarte auf weissem Glanzkarton, welche an einem Blatt des Buches angeklebt ist; die feinen Buchstaben zeigen nur den schlichten Namen: *Theodor Kjerulf*; unterhalb der Karte steht mit der Hand des Wirthes geschrieben: «Fu qui 10—15 agosti 1852». Ach, wie ist die Zeit verflogen! Damals war er ja doch in rüstiger Jugend, nur 27 Jahre! — Verwelkt, gestorben sind sie alle!

Und immer zeigen die Blätter des Fremdenbuchs neue Namen: *F. v. Richthofen*, der grosse Forscher der «Umgegend von Predazzo, St. Cassian und der Seisser Alpe» (1857), *W. H. Miller* (1857), dann vom 2ten bis 7ten September 1862 der freundliche liebe *G. v. Rath*, der so viele schöne Beobachtungen aus dieser Gegend mitbrachte. Dann aus demselben Jahre noch *N. W. Stelzner*, und dann wieder ein halber Norweger, der prächtige *Th. Scheerer*, welcher in einem langen Gedicht im Fremdenbuch seine Bewunderung der Predazzoegend verewigt hat. Hier musste wohl auch *De Lapparents* Name sein; ich habe denselben jedoch nicht notirt.

Noch stossen wir aus den 60-er Jahren auf die Namen von zwei Bahnbrechern unserer Wissenschaft: *G. Tschermak* (1864) und *H. Vogel-sang* (1865).

Nun kommen Namen einer neueren Zeit; wir konnten nur wenige notiren: *A. v. Lasaulx* (1869), *A. Streng* (71), *C. Dölter*, der so viele wackere Arbeiten über Monzoni und Predazzo publicirt hat; dann *A. Laspeyres*, *Fr. v. Hauer*, *C. W. Gümbel*, *R. Hörnes*, *E. v. Moisisovics*, *E. Suess*, *Novak*, *Berwerth*, *Senft*, *T. Harada*, *E. Reyer*, *A. Baltzer*, *K. v. Zittel*, *F. Becke* etc. etc., — schon die allbekanntesten Namen sind so zahlreich, wir können sie nicht mehr alle notiren, unaufhörlich wechselt der Strom, — neue Zeiten, neue Namen, — und neue Ansichten!

Wir trinken einen stillen Becher zum Andenken; dann schreiben wir am Ende auch unsere Namen, nach allen den anderen, ins Fremdenbuch im goldenen Schiff und legen uns in der dunkelen Nacht zur Ruhe. Bald gehören auch unsere Namen der verflossenen Zeit, — «warte nur, balde ruhest du auch!» Und tiefe Wehmuth füllt unsere Seele. —

So ist denn eine reiche Litteratur über diese abgelegene Ecke der Welt entsprossen, eine Unzahl von Abhandlungen und Notizen; so mancher Besucher, welcher seinen Namen im Fremdenbuch des Schiffs eingeschrieben hatte, hat auch andere Andenken an die schöne Gegend von Predazzo hinterlassen. Wie die fleissigen Bewohner dieser hohen Alpenthäler in der Fremde mühsam ein kleines Spargeld sammeln, haben hier auch die Forscher die Scherben des Wissens nach und nach zusammengetragen und wieder herausgegeben. Und je nach den Ansichten ihrer Zeit haben sie immer neue Belehrung auf dem alten Boden gefunden. Konnte doch schon 1829 *Studer* von dieser Gegend schreiben, dass er nicht ohne Scheu Einiges beizufügen wagte; ca. 60 Jahre später schreibt *Marcel Bertrand*¹ über das «classische Profil» von Predazzo: «c'est certainement, avec celle des Hebrides, la plus instructive que l'on connaisse au point de vue de l'analyse des phénomènes éruptifs». Des Kristianiagebietes gedenkend setze ich hierzu ein Fragezeichen; ich denke, Freund *Iddings* und andere amerikanische Fachgenossen würden dasselbe thun. Jedoch eine schöne und lehrreiche Gegend ist Predazzo und Monzoni!

Wesentlich um Belehrung zu finden bin auch ich nach Predazzo gereist; und in der angenehmen Gesellschaft meines Freundes *Ussing* verliefen schnell die 8 Tage, die wir für diese Gegend anwenden konnten. Die geologischen Beobachtungen, die im Folgenden mitgetheilt sind, wurden gemeinschaftlich mit ihm ausgeführt, obwohl sie von mir allein publicirt werden.

Die folgenden Zeilen beabsichtigen gar nicht eine allseitige Darstellung der Verhältnisse bei Monzoni und Predazzo zu geben; dazu waren unsere eigenen Beobachtungen bei weitem zu gering und allzu ungenügend; sie wollen nur versuchen einige neue Gesichtspunkte über die Altersfolge der Eruptivgesteine, sowie über die systematische Stellung einiger derselben zu geben. Es muss dann die Aufgabe detaillirter Untersuchungen sein, die neuen Ansichten kritisch zu prüfen.

Es war in erster Linie das Ziel meiner Reise nach Predazzo, durch Vergleich mit dieser Gegend Belehrung für das Studium des Kristianiagebietes zu finden. In der That sind im Kristianiagebiet die Verhältnisse viel klarer und viel grösser als bei Predazzo. Das Resultat der vergleichenden Untersuchung ist unten kurz zusammengestellt.

Von detaillirten Beschreibungen der zahlreichen untersuchten Gesteinspräparate ist in der nachfolgenden Darstellung abgesehen worden.

¹ Bull. d. l. soc. géol. de France, 1888, 3^{me} Ser., B. 16, S. 591.

Auch von den geologischen Einzelbeobachtungen im Felde ist nur eine geringe Anzahl angeführt. Eine detaillirte Untersuchung des interessanten triadischen Eruptivgebietes des Süd-Tyrol kann selbstverständlich nur von den österreichischen Geologen mit Erfolg durchgeführt werden; was fremde Besucher leisten können, muss der Natur der Sache nach immer unvollständig und unvollkommen bleiben.

Wenn ich es dennoch gewagt habe die folgenden anspruchslosen Bemerkungen zu publiciren, ist dies mehr geschehen um vielleicht die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, von welchem Interesse eine genauere Untersuchung sein würde, als weil ich hoffte selbst einen wesentlichen Beitrag zum Verständniss der Geologie der «klassischen» Gegend von Predazzo leisten zu können.

Die Monzonite und die mit denselben verknüpften Gesteine.

Historische Übersicht.

Der Name *Monzonit* rührt zuerst von *De Lapparent* (1864) her; die Ansichten darüber, was man unter dieser Bezeichnung verstehen solle, sind bei verschiedenen Autoren ja wie bekannt sehr wechselnd gewesen.

Zusammenstellungen der zu verschiedenen Zeiten in dieser Beziehung veröffentlichten Auffassungen finden sich z. B. in *Cathrein's* «Brieflicher Mittheilung»: «Zur Dünnschliffssammlung der Tyroler Eruptivgesteine» (Neues Jahrb. f. Min. 1890, I, S. 75—78), in *Zirkel's* Lehrb. d. Petrographie (1894) B. II, S. 312—314; z. Th. auch in *Reyers* «Predazzo».

In der folgenden Darstellung sind die wichtigsten Ansichten der verschiedenen Verfasser ziemlich vollständig resumirt:

Maraschini, Studer und mehrere ältere Verfasser charakterisirten die hierher gehörigen Gesteine z. Th. noch als «Granit».

L. v. Buch fasste dieselben im Wesentlichen als Feldspath-Hornblende-Gesteine, als «Syenite» auf und verglich den «Monzon-Syenit» direkt mit dem norwegischen «Zirkonsyenit», d. h. mit dem Augitsyenit von Laurvik, welchen er von seinen Reisen in Norwegen kannte. (Brief an Geheimrath v. Leonhard in «Min. Taschenbuch» 1824, S. 343—396.)

G. Rose sprach sich (1832) dafür aus, dass ein Theil der Monzonit-Gesteine seinem «Hypersthenit» angehörig sei.

V Klipstein charakterisirt das Gestein am Gipfel des Mulatto als einen wahren *Syenit* («ein mittelkörniges Gemenge von grauem Feldspath, blättriger Hornblende und viel schwarzem Glimmer») und spricht von Übergängen zu den dunklen Porphyren ebendasselbst («Beiträge zur geologischen Kenntniss der östlichen Alpen». Giessen 1843—45).

Th. Kjerulf («Om Forholdene ved Monzoni og Predazzo i Sydtyrol», *Nyt Mag. f. Naturv. B. 8*, S. 137; Kristiania 1855) beschreibt die Gesteine von Monzoni unter dem Namen *Syenit* auf für die damalige Zeit ausgezeichnete Weise.

Da seine Beschreibung, weil in norwegischer Sprache, in einer wenig verbreiteten Zeitschrift geschrieben, den nach ihm folgenden Verfassern fast unbekannt geblieben zu sein scheint, dürfte es nicht ohne Interesse sein, seine Darstellung im Auszug zu übersetzen; er sagt:

«Der Syenit ist bald von gröberem, bald von feinerem Korn; dieser letztere Fall ist der häufigere. Er besteht aus einem innigen Gemenge von grauem bis grauweissem labradorischem Feldspath mit Augit oder dunkler Hornblende, bisweilen auch mit tombakbraunem Glimmer. Die grobkörnigere Varietät ist ärmer an Hornblende; der Feldspath derselben ist bläulichweiss. In diesem Syenit ist in grösseren Partien und gangförmig eine andere Varietät eingeschlossen: ihr Feldspath ist mehr grünlich, eine Art von Diallag macht das Gestein mehr gabbroartig, und der braune Glimmer scheint reichlicher vorhanden». — «Monzonis Syenit ist übrigens schon durch seinen Labrador gabbroartig, und kommt dazu Augit, wird er ein Diabas». An einer anderen Stelle (S. 148) bemerkt er von dem schönen grobkörnigen Syenit von Palle rabiose, «immer ist der Glimmer vorherrschend im Vergleich mit der Hornblende, welche entweder fehlt oder nur sparsam vorhanden ist». Den «Hypersthenit» *Rose's* fasste *Kjerulf* als einen «durch mehr Augit charakterisirten Syenit» auf.

Kjerulf war auch der erste, welcher eine chemische Analyse des Predazzosyenites ausführte (Das Christiania Silurbecken», S. 8, Christiania 1855); er hebt bei dieser Gelegenheit hervor, dass bei Predazzo sowohl echter rother Granit (ebenfalls von ihm analysirt) als Syenit vorkommt; dieser analysirte graue Syenit von Malgola enthält nach seiner Charakteristik «zweierlei Feldspath (Orthoklas und Oligoklas oder Labrador), dann Hornblende, ein wenig Glimmer, nur selten ein Quarzkorn». Wie erwähnt, hatte er in dem Syenit von Monzoni schon richtig den Augit erkannt.

F. v. Richthofen unterschied 1860 am Monzoni vorherrschenden *Syenit* (mit Orthoklas, Oligoklas, «Hornblende» und braunem Glimmer), daneben *Rose's Monzoni-Hypersthenit*, welche Gesteine er als zwar scharf geschieden, dennoch aber in einiger Wechselbeziehung zu einander stehend auffasste.

Sehr beachenswerth sind manche Bemerkungen in der genaueren Beschreibung des «Monzonsyenits». So hebt *von Richthofen* hervor,

dass in den Gesteinen bei Predazzo gewöhnlich der Orthoklas im Vergleich mit dem Plagioklas («Oligoklas») vorwaltet, was namentlich im *Val di Rif* am Ostabhang der *Sforzella* und am Südabhang des *Gran Mulatto* der Fall wäre. «In allen anderen Abänderungen, so auch am ganzen Monzoni, spielt der Orthoklas eine untergeordnete Rolle»; am Monzoni «herrscht der Oligoklas gegen den Orthoklas». Nach *von Richthofen* sollten diese beiden Varietäten nicht aus derselben Eruption stammen; «die bedeutende Verschiedenheit, welche der vorwaltende Orthoklasgehalt einzelner Abänderungen in nicht unbeträchtlicher Erstreckung bewirkt, lässt kaum einen Zweifel übrig, dass dieser Syenit einer anderen Eruption angehöre, als der basischere oligoklasreiche, um so mehr, als die Stellen, welche durch das Vorwalten von jenem charakterisirt sind, um das Centrum der Eruptivmasse herum liegen. Dies lässt schliessen, dass die Eruption des saureren Gesteins später erfolgte, als die des basischeren, und so abnorm dies auch für gewöhnliche Verhältnisse erscheinen mag, so findet es doch hier seine Erklärung und Bestätigung in dem Umstande, dass das nächste Eruptivgestein Granit ist, welches den Syenit durchbricht. Die Reihenfolge der Eruptionen ist also:

1. Monzonsyenit mit vorwaltendem Oligoklas;
2. Monzonsyenit mit vorwaltendem Orthoklas;
3. Turmalingranit.»

Die oben citirten Bemerkungen *von Richthofens* sind im Lichte der jetzigen Erfahrungen sehr beachtenswerth; namentlich gilt dies, wenn auch die jetzt bekannten Beziehungen zu dem «Monzon-Hypersthenit» *Richthofens* berücksichtigt werden. Zwar dürfte die Erklärung der Relationen des saureren «Orthoklas-Syenits» und des basischeren «Oligoklas-Syenits» durch getrennte Eruptionen jetzt vielleicht eher mit einer anderen ersetzt werden, indem hier wohl in erster Linie das Resultat einer lakkolithischen Differentiation vorliegen dürfte; die Bedeutung der Beobachtungen bleibt dabei unverändert.

Auch die Beobachtungen *von Richthofens* über die abweichende Struktur der *Grenzfaciesbildungen* im Vergleich mit dem Hauptgestein sind für die damalige Zeit sehr bemerkenswerth. Er sagt: «Diese Gemengtheile vereinigen sich zu einem gleichmässig krystallinischen Gestein von sehr verschiedenem Korn. An der Grenze mit älteren Eruptivgesteinen ist es sehr feinkörnig und nimmt von da nach der Mitte der Gesteinsmassen an Grösse der Gemengtheile zu».

Über die Auffassung *von Richthofens* in Bezug auf das Verhältniss zwischen dem «Monzon-Syenit» und seinem «Monzon-Hypersthenit» siehe

weiter unten; hier soll nur angeführt werden, dass *von Richthofen* die beiden Gesteine als scharf getrennt auffasste: «Der Hypersthenit des Monzoni ist durchaus scharf und bestimmt von dem Syenit zu trennen und nicht, wie es häufig geschehen ist, der erstere als ein Syenit mit beigemengtem Augit, welcher mit der Hornblende vicariiren soll, oder der Syenit als eine zufällige Abänderung des Hypersthenfelses zu betrachten. Es findet zwischen beiden niemals ein Übergang statt, nicht einmal eine petrographische Übergangsstufe in der Reihe der Gänge; sondern sämtliche Gemengtheile sind auf Eins der beiden Gesteine beschränkt und beide haben nicht ein einziges Mineral gemeinsam».

Dass diese Behauptungen unberechtigt sind, und dass die von *Kjerulf* begründete Auffassung der Wahrheit näher kommt, soll weiter unten nachgewiesen werden.

Von Cotta («Alter der granitischen Gesteine von Predazzo und Monzon in Süd-Tyrol; Neues Jahrb. f. Min. 1863, S. 18) charakterisirt das Gestein von Predazzo und Monzoni als einen «Syenit-Granit» («ein Granit-artiges Gemenge, in welchem man ausser Feldspath und Hornblende auch etwas, oft sogar sehr viel Glimmer, und ausnahmsweise sogar Spuren von Quarz erkennt». — «Der Feldspath dürfte vorherrschend Orthoklas sein, doch sieht man an einigen Stellen auch Zwillingsstreifung (Oligoklas?)»).

De Lapparent (Ann. d. mines (6) VI, S. 259, 1864) fand, dass Hypersthen *nicht* in den Monzoni-Gesteinen vorhanden, sondern dass das dunkle Mineral *Hornblende* sei. Er vereinigte den orthoklasführenden Monzoni-Syenit *Richthofens*, sowie den orthoklasfreien Monzoni-Hypersthenit desselben Verfassers unter einem gemeinsamen Namen als *Monzonit*, indem er dadurch den innigen genetischen Beziehungen beider Ausdruck geben wollte.

G. Tschermak («Die Porphyrgesteine Österreichs», S. 110; 1869) behielt den Namen *Monzonit* für die petrographisch wechselnde, geologisch nahe verbundene Gesteinsreihe von Monzoni und Predazzo; er fasste das eine Endglied dieser Reihe, wie viele ältere Verfasser, als *Syenit* auf (bestehend nach seiner Angabe wesentlich aus Orthoklas, Hornblende und Biotit), das andere als *Diorit* (Plagioklas, Hornblende und Biotit). *Tschermak* hat aber stark hervorgehoben, dass zwischen diesen Extremen alle Zwischenglieder vorkommen, und dass diese gleichzeitig Orthoklas und Plagioklas führen. Er bemerkt, dass die herrschende Felsart so variiert, «dass sie im Ganzen weder als Syenit, noch als Diorit zu bezeichnen wäre» und «dass der *Monzonit* ein eigenthümliches Gestein sei, welches zwischen *Syenit* und *Diorit* schwankt».

Diese Bemerkungen *Tschermaks* sind, wie aus dem Folgenden hervorgehen dürfte, in der That ausserordentlich zutreffend, und es ist nur auffallend, dass dieselben nachträglich so wenig beachtet wurden. Hätte er dabei nur auch den Namen Monzonit als einen *petrographischen* Begriff fixirt, anstatt denselben «für die geologische Einheit festzuhalten», so würde die petrographische Systematik ein Stück weiter gekommen sein.

Im Gegensatz zu de Lapparent (und Kjerulf etc.) wollte *Tschermak* mit seinem Monzonit jedoch nicht den Hypersthenit Richthofens vereinigen, sondern schied diesen als «*Diabas*» aus, indem er das neben dem Biotit auftretende dunkle Mineral als Augit erkannte, was ja übrigens schon Klippstein, Kjerulf etc. gethan hatten. Im Gegensatz zu Kjerulf, de Lapparent etc. meinte *Tschermak*, dass der Diabas (Richthofens Monzoni-Hypersthenit) als Gänge auftrete und *nicht* mit dem Monzonit durch allmähliche Übergänge verbunden sei, und schliesst sich in so fern also v. Richthofens Auffassung an; doch hat auch er die nahe Verwandtschaft seines «*Diabases*» mit dem Monzonit selbst betont.

Eine vorzügliche Charakteristik des Monzonits gab *J. Lemberg* in seiner trefflichen von einer grösseren Anzahl von chemischen Analysen begleiteten Abhandlung «Über die Contactbildungen bei Predazzo» (Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1872, B. 24, S. 188, 190 etc.): «*Die Hauptmasse des Canzocoli und der Margola besteht aus Monzonit, einem Gestein, das seiner Constitution nach zwischen Syenit und Diorit zu stellen ist*». Lemberg bestimmte durch chemische Analysen die Feldspäthe des Gesteins als Orthoklas, Oligoklas, Labrador und wahrscheinlich auch Anorthit. «Die übrigen Bestandtheile des Monzonits sind: Hornblende, Augit und Glimmer. Akcessorisch treten auf: Schwefelkies, Apatit, Magnetit, Titanit und Spinell.» Von einem Monzonit vom Süd-*abhang* des Mulatto giebt er die folgende Zusammensetzung an: «rothen Orthoklas, grünlichen Oligoklas, Hornblende, Glimmer und etwas Quarz». Er rechnete dieses Gestein, welches von ihm analysirt wurde, noch zu den Syeniten; abgesehen davon, dass er hier den Augit des Gesteins nicht richtig erkannt, sondern als Hornblende angenommen hat, was bei der damaligen unvollkommenen petrographischen Diagnose leicht zu entschuldigen ist, ist jedoch die petrographische Charakteristik ganz zutreffend. Lemberg rechnete nun zu den Monzoniten auch noch weiter die basischen, an MgO, CaO und Eisenoxyden reicheren Gesteine mit nur ca. 48 % SiO₂; diese Gesteine sind, wie unten näher erwähnt werden soll, identisch mit einem Theil der Hypersthenite v. Richthofens, der Diabase *Tschermak's* etc.

1875 veröffentlichte *C. Dölter* (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, B. 25, S. 207—245) seine Untersuchungen über die Monzonigesteine, begleitet von einer geologischen Karte über Monzoni und zahlreichen Profilen. Nach Dölter ist der Name Monzonit nicht als eine petrographische, sondern als eine geologische Bezeichnung aufzufassen. «Der Monzonit ist keine bestimmte petrographische Species». «Jedes der Handstücke, welches von dem Monzoni her stammt, wird sich schliesslich, nach genauer mikroskopischer und chemischer Untersuchung, ohne Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, als Syenit, Diorit, Gabbro, Augitfels oder Diabas etc. bezeichnen lassen; darüber ist kein Zweifel möglich» etc. (S. 216).

Den Hypersthenit v. Richthofens (Diabas von Tschermak) charakterisirte Dölter als ein Augit-Labradorgestein oder als einen Augitfels, dessen nahe genetische Verwandtschaft mit den syenitischen und dioritischen Monzonigesteinen er eingehend nachweist; er bezeichnete dies basische Augit-Labradorgestein als *Augit-Monzonit*, zum Unterschied von den zwischen Syenit und Diorit schwankenden Gesteinen von Monzoni, welche er, mit unrichtiger Charakteristik des herrschenden dunklen Minerals derselben, als *Hornblende-Monzonite* zusammenfasste¹. Dölter liefert eine ganze Anzahl von Special-Beschreibungen von hierher gehörigen Gesteinen; von den als Hornblende-Monzoniten zusammengefassten Gesteinen charakterisirte er dabei einige nach der unter dem Mikroskop nachgewiesenen Zusammensetzung als *Diorite* (z. B. Gestein vom Nord-Abhang des Pesmeda-Berges), andere als *Syenite* (z. B. vom Süd-Abhang des Masonberges mit reichlich Orthoklas und Biotit, dann auch Plagioklas, Augit, Hornblende, Magnetit, Apatit etc.; vom Süd-Abhang des Pesmeda-Berges mit reichlich Orthoklas, Hornblende und Biotit, wenig Plagioklas, Augit, Apatit etc.; vom oberen Allochetthal etc.); wieder andere wurden als *Übergangsglieder zwischen Syenit und Diorit* charakterisirt (z. B. das Gestein vom Abhang des Mal Inverno gegen den Pesmeda-Pass); endlich wurden auch mehrere Vorkommen als *Übergangsglieder* zwischen seinen Hornblende-Monzoniten und seinen Augit-Monzoniten charakterisirt (so z. B. ein Gestein vom Ricoletta-Passe mit vorherrschendem Plagioklas, Biotit, Hornblende, dann auch mit Augit, Orthoklas und Magnetit, Apatit; ferner ein Gestein von dem westlichen Abhang der Ricolettaspitze, ein dunkles mittelkörniges Gemenge von Plagioklas, Biotit, Hornblende, Augit, fast nur Spuren von Orthoklas und Magnetit).

¹ «Diese Gesteine schwanken zwischen Syenit und Diorit»; Jahrb. d. k. k. Reichsanstalt 1875, S. 217.

Die *Pyroxen-Monzonite* Dölters umfassten die basischen Glieder der Reihe mit vorherrschender Combination Augit-Plagioklas: Augitfelse, Gabbro-ähnliche Gesteine etc., also zum grössten Theil die Hypersthenite Richthofens, die Diabase Tchermaks; doch werden hier auch etwas saurere Gesteine mitgerechnet, welche die Hauptcombination Orthoklas-Augit aufweisen, wie z. B. das Titanit-reiche Gestein aus Blöcken im Monzonithal, Gesteine, welche besser mit seinen Hornblende-Monzoniten zusammenzustellen wären. Dölter erwähnt selbst (S. 215), dass dies Gestein eigentlich zutreffend als ein Augit-Syenit bezeichnet werden könne, scheut sich aber davor, diesen Namen zu brauchen.

Ungefähr gleichzeitig mit der Abhandlung Dölters wurde die Untersuchung von G. Rath über die berühmten Gesteine von Monzoni publicirt («Der Monzoni im südöstlichen Tirol»; Vortrag, gehalten in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde am 8. März 1875», Bonn 1875, 44 S. mit 2 Tafeln; später in erweiterter Form gedruckt unter dem Titel. «Über die Gesteine des Monzoni», in Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft B. 27, S. 343—397, 1875). Auch vom Rath fand in Übereinstimmung mit mehreren älteren Forschern, dass: «das Massiv des Monzoni besteht aus mehreren durch allmälige Übergänge innig verbundenen Gesteinen», deren beide Typen oder Grenzglieder er aber als «Augit-Syenit und Diabas» bezeichnet. V Rath will jedoch nicht den Namen Monzonit als einen Sammelnamen beider brauchen, sondern will petrographisch die beiden Haupttypen aus einander halten. Er beschreibt eingehend Beispiele beider Typen. Der Augit-Syenit ist nach ihm ein krystallinisch körniges Gemenge «von Orthoklas, Plagioklas, Augit; mehr accessorische Gemengtheile sind Titanit, Hornblende, Eisenkies, Magneteisen, Apatit». V Rath machte auch mehrere Analysen des Orthoklases, welche trotz des vorherrschenden K_2O -Gehaltes (in der einen Analyse 8.89, in der anderen 12.34) doch auch einen hohen Gehalt an Na_2O (4.91 resp. 2.47) und CaO (1.66 resp. 1.51) ergaben; aber wenn er daraus auf eine Ähnlichkeit mit dem Feldspath der norwegischen Augitsyenite schloss, so dürfte dies kaum berechtigt sein, indem er, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, gewiss eingewachsenen Plagioklas zusammen mit dem Orthoklas analysirt hat, was damals, ehe die mechanischen Separationsmethoden mittels schwerer Flüssigkeiten ersonnen waren, natürlich nicht zu umgehen war. Der Orthoklas des Monzonits ist aber, soviel mir bekannt, *nicht*, wie im norwegischen Laurvikit, ein Natronorthoklas. Die Hornblende spielt, ebenso wie der Plagioklas, nach vom Rath im Monzonigestein nur eine geringe Rolle. Das Gestein von Margola besteht nach vom Rath

aus «Plagioklas neben etwas zurücktretendem Orthoklas, ausserdem Augit und Magnesiaglimmer; auch dies Gestein bezeichnete er als Augit-Syenit.

Über die sogenannten «Diabase» (Augit-Labradorgesteine) und Augitfelsen des Monzoni lieferte *vom Rath* ebenfalls wichtige Mittheilungen; wir werden weiter unten auf dieselben zurückkommen.

Das wesentliche bei *vom Rath's* Erforschung der Monzonigesteine war die (schon früher von *Kjerulf* gemachte) Beobachtung, dass dort die Hauptkombination Augit-Orthoklas (sein Augit-Syenit) vorkomme, sowie dass bei den Gesteinen von Monzoni und Predazzo überhaupt nicht Hornblende, sondern Pyroxen neben den Feldspäthen die Hauptrolle spielt.

Dölter behauptete gegen *v. Rath*, dass er entschieden Unrecht habe, wenn er die herrschenden Gesteine am Monzoni und bei Predazzo als Augit-Syenite bezeichnete, indem Syenitgesteine, das heisst Gesteine mit ganz vorherrschendem Orthoklas überhaupt nur aus Blöcken im Monzonithale bekannt seien, und andererseits das herrschende dunkle Mineral in den Haupttypen Hornblende, nicht Pyroxen sei etc. (Nachtrag zu seiner Abhandlung l. c.)

In einer späteren Abhandlung¹ giebt *Dölter* eine kurz zusammengedrängte Charakteristik seines Monzonitbegriffs, aus welcher wir folgendes entnehmen; *Dölter* theilt die Monzonite hier in zwei grosse Gruppen:

1. Wesentlich Pyroxengesteine (theils gabbroähnliche Gesteine, theils Augitfelsen, fast aus reinem Augit bestehend) mit SiO_2 -Gehalt zwischen 45 und 55 %.

2. Diese Gruppe umfasst Syenite und Diorite; sie sind mehr sauer mit SiO_2 -Gehalt zwischen 50 und 58 %. In beiden Gesteinsgruppen finden sich mit dem Feldspath zusammen sowohl Pyroxen als Biotit und Hornblende; beide Gesteinsgruppen gehen in einander über. Bei Predazzo findet man auch Monzonite, die wesentlich aus Biotit und Feldspath bestehen.

Diese kurze Charakteristik scheint mir im grossen Ganzen ziemlich zutreffend; man sieht auch, dass *Dölter* seine frühere Behauptung, dass die saureren Monzonite wesentlich Hornblende-Monzonite wären, hier aufgegeben hat.

Eine werthvolle Untersuchung über «Die petrographische Beschaffenheit des Monzonits von Predazzo wurde 1878 von *V. Hansel* (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt B. 28, S. 449—466) auf Grundlage einer von

¹ «Über die Eruptivgesteine von Fleims und Fassa» etc. Sitzungsberichte der Wiener Academie. M.-N. Cl. B. 74, 1876, S. 363.

Dölter eingesammelten Suite von Handstücken und unter seiner Leitung publicirt. Nach dem Vorgang von *Dölter* behält *Hansel* den Namen Monzonit als eine geologische Sammelbezeichnung, unter welcher er, wie *Dölter*, sowohl die saureren syenitischen und dioritischen Typen, als auch die basischeren von v. Richthofen als Hypersthenit, von Tschermak als Diabas, von *Dölter* als Augitfels, Augitmonzonit etc. bezeichneten Glieder vereinigt. Er hebt nach seiner petrographischen Untersuchung hervor, dass diese sämtlichen Gesteine Glieder einer durch alle Übergänge verbundenen Reihe sind, bei denen bald das eine, bald das andere Mineral vorwiegt, oder sogar, wie der Augit, fast allein auftreten kann.

Wichtig ist die Beobachtung *Hansel's*, dass bei den am meisten verbreiteten Gliedern *Biotit* eine sehr hervortretende Rolle spielt, so dass man nach dem relativen Mengenverhältniss von Orthoklas und Plagioklas die betreffenden Gesteine als Biotit-Syenit, resp. Biotit-Diorit bezeichnen könnte.

Auch die wechselnde Rolle des Augits und der Hornblende wird hervorgehoben; «in den meisten Fällen ist wohl Augit (mit Diallag und Uralit) der vorherrschende Gemengtheil; allein einige Gesteine enthalten auch mehr Hornblende, als Augit, während wieder andere (obwohl nur wenige) sogar zum Gabbro zu rechnen wären».

Indem nun *Hansel* also, wie gesagt, die ganze Reihe dieser genetisch verknüpften Gesteine als Monzonite zusammenfasst, sucht er die einzelnen Vorkommen, die er beschreibt, durch bestimmte petrographische Bezeichnungen zu charakterisiren; so nennt er ein grosskörniges Gestein aus dem Travignolo-Thal (ohne nähere Angabe) nach den beobachteten Bestandtheilen: Biotit-Uralit-Syenit, ein Gestein am Wege von Bellamonte nach Predazzo: Biotitsyenit, ein Gestein von Canzocoli: Biotit-Augit-Diorit u. s. w.

Wichtig sind nach meiner Ansicht die folgenden Bemerkungen *Hansel's*, welche der Zusammenstellung der vorliegenden Analysen beigefügt sind; sie sind im Wesentlichen eine Wiederholung der schon 1876 (l. c.) gegebenen Charakteristik *Dölter's*:

«In mineralogischer und chemischer Hinsicht lassen sich die verschiedenen Varietäten des Monzonits in zwei Gruppen theilen, deren jede auch eine theilweise geologische Selbständigkeit besitzt. Die erste Gruppe umfasst basische Gesteine, welche ihrer mineralogischen Natur nach dem Diabas (Proterobas) und Gabbro entsprechen und die einen Kieselsäuregehalt von 50—45 % (bisweilen auch darunter) aufweisen. Zur zweiten Gruppe gehören die dem Syenite oder Diorite entsprechenden sauren Gesteine, welche einen Kieselsäuregehalt von 50—59 % besitzen.

Letztere Gruppe umfasst sowohl Hornblende- als auch Augit- und wesentlich bloss Biotit-führende Gesteine, während jene der ersten Gruppe hauptsächlich aus Augit oder Diallag bestehen.»

Die grosse Arbeit von *E. v. Moisisovics*: «Die Dolomitriffe von Süd-Tyrol», welche eingehende Bemerkungen über die Tektonik der Gegend von Monzoni und Predazzo enthält, theilt, so viel ich gesehen habe, keine selbständigen petrographischen Untersuchungen über die uns hier beschäftigenden Gesteine mit.

Die petrographischen Bezeichnungen — von petrographischer Untersuchung giebt es überhaupt nichts Nennenswerthes — in *Reyer's* Abhandlung «Predazzo» (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1881, B. 31) sind ziemlich verworren und manchmal so sonderbar gebraucht, dass es mir nicht immer möglich war, ausfindig zu machen, was er unter seinen verschiedenen Namen: Syenit, Syenitdiorit, Monzonit, Augitsyenit (Orthoklasdiabas), Augitdiorit etc. versteht. Jedenfalls wird bei ihm Monzonit theils in weiterer, theils in engerer Bedeutung gebraucht. Er beschreibt den Monzonit (S. 36, Sep.) von Mulatto wie folgt: «Das Gestein ist meist ein vollkrystallinisches Gemenge von weissem Plagioklas, Orthoklas, Augit, Glimmer. Untergeordnet treten Hornblende, Apatit und Erzpartikel (Pyrit, Magnetit) auf. Tritt der Augit zurück, so wird das Gestein zum Syenitdiorit, durch starkes Vortreten des Orthoklas geht das Gestein in Syenit über. Die Hauptmasse der Gesteine könnte man immerhin als Augitsyenit (Orthoklasdiabas) und Augitdiorit bezeichnen. *Charakteristisch ist die Gesellung von Augit mit Orthoklas*, und ich glaube, dass sie wohl einen Sondernamen verdiente. Am passendsten scheint es mir, den etwas vagen Namen Monzonit zu einem guten Gattungsnamen zu machen, indem man ihn zur Bezeichnung der krystallinischen *Augit-Orthoklas* (-Plagioklas)-Gesteine anwendet.»

Es scheint demnach, dass *Reyer* im Anschluss an *vom Rath* das herrschende Gestein bei Predazzo als einen Augitsyenit auffasst und dass er für diesen den Namen Monzonit reserviren will.

H. Rosenbusch führt (Mikroskop. Phys. II, 1877, S. 124 und 1887, S. 68) nach dem Vorgang *v. Raths* die Monzonite als Augitsyenite auf. Als Bestandtheile giebt er nach der Untersuchung seiner Dünnschliffe folgende Zusammensetzung an: «Orthoklas, Plagioklas, Augit und Biotit, dazu Hornblende, Titanit, Pyrit, Magnetit, Apatit und etwas Zirkon sehr allgemein, Melanit, Olivin und Hypersthen nur vereinzelt, letzterer nur als Umrandung des Olivins». Auffallender Weise bemerkt er weiter, dass Quarz in primärer Form durchaus zu fehlen scheint. Rosenbusch hebt die relativen Schwankungen des Orthoklases und der

Plagioklase innerhalb weiter Grenzen hervor und betont, dass «förmliche Übergänge in die mineralogische Zusammensetzung des Diabas stattfinden. Doch gelangt nirgends eine eigentliche Diabasstruktur zur Entwicklung; man würde anstatt Diabas besser Gabbro sagen». Endlich hebt er auch den Reichthum an nicht feldspathigen Bestandtheilen zum Unterschied von anderen Augitsyeniten hervor und vermuthet in ihnen vielleicht «eine Tiefenfacies von gewissen, in die Keratophyr-Reihe gehörigen Ergussgesteinen».

Auch in anderen petrographischen Lehrbüchern pflegen die Monzonite ohne weiteres als Augitsyenite aufgeführt zu werden (z. B. in *Teall's British Petrography*, London 1888, zuletzt auch in *Zirkel's* Lehrbuch der Petrographie, II, S. 312 ff.).

Die letzte auf eigene Studien an Ort und Stelle gegründete Untersuchung der Monzonite findet sich in *Cathrein's* Bemerkungen gelegentlich seiner Dünnschliffssammlung der Tyroler Eruptivgesteine (l. c.). Nach einer kurzen kritischen Übersicht spricht er als seine eigene Auffassung folgendes aus:

«Nach meinen Erfahrungen nun sind eigentliche *Syenite*, *Hornblende*- und *Glimmerdiorite*, sowie echte *Augitsyenite* in Fassa und Fleims zwar vorhanden, jedoch verhältnissmässig so unbeständig und selten, dass sie nicht als Typen im Sinne *Tschermak's* und *Rath's* betrachtet werden dürfen.» — — «Die vorwiegendste unter den Monzonitarten bei Predazzo und am Monzonigebirge ist *Augitdiorit* mit seiner Abänderung *Uralitdiorit*».

Cathrein spricht sich ferner gegen die Benennung *Diabas* für v. Richthofens Hypersthenit aus, weil die Struktur keine Diabasstruktur ist, sondern eher ein dioritisches Gefüge aufweise; auch Rosenbusch's Bezeichnung «Gabbro» verwirft er, weil der Augit kein Diallag ist.

Für die sämtlichen nahe verbundenen Gesteinstypen bei Monzoni und Predazzo behält er den Sammelnamen Monzonit als Ausdruck für eine geologische Einheit, deren typisches Gestein also als Augitdiorit zu bezeichnen wäre.

Die Bemerkungen, welche *A. Rothpletz* in seiner grossen Arbeit «Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen» (Stuttgart 1894; S. 174) über die uns hier beschäftigenden Gesteine publicirt hat, zeigen, dass er mit ihrer Untersuchung selbst nicht gearbeitet hat; wenn er von *Dölter* erzählt, dass dieser nicht nur die syenit-dioritischen Gesteine, sondern auch den rothen Granit von Mulatto als Monzonit zusammengefasst hat, dann ist diese Bemerkung, wie aus dem Obenstehenden hervorgeht, nicht zutreffend.

Schliesslich können hier noch die kritischen Bemerkungen *Zirkel's* gelegentlich der Bezeichnung der Plagioklas-Augitgesteine des Monzoni als Augitdiorite (*Cathrein*) erwähnt werden; *Cathrein* hatte ganz richtig hervorgehoben, dass die betreffenden Gesteine nicht gern als Diabase bezeichnet werden können, weil sie «nicht die bezeichnende Diabasstruktur, sondern dioritisches Gefüge» besitzen.

Gegen diese Charakteristik *Cathreins* wendet sich *Zirkel* mit einer scharfen Kritik, indem er als Diorit nur die gleichmässig körnigen Gesteine mit Hauptzusammensetzung Plagioklas-Hornblende (beziehungsweise Plagioklas-Glimmer), dagegen nicht mit Plagioklas-Pyroxen gelten lassen will. «Es ist völlige Willkür, zu sagen, dass Diabas und Diorit je durch eine besondere Specialstruktur charakterisirt sein sollen» (Lehrb. d. Petrographie, I, S. 842, 1893); *Zirkel* will überhaupt den Namen Augitdiorit nur für Hornblende- oder Glimmerdiorite mit unwesentlichem Augitgehalt anwenden. Thatsächlich benutzt aber *Zirkel* selbst, ohne es ausdrücklich zu präzisiren, einen Strukturbegriff, um Diabas und Gabbro aus einander zu halten: «Abgesehen davon, dass die typischen Gabbros ganz andere geologische Verbreitungsbezirke besitzen» (das heisst, anders ausgedrückt, dass die Gabbros Tiefengesteine, die Diabase hypabyssische Gesteine oder palaiotype Ergussgesteine sind) «als die Diabase, weist die Makro- und Mikrostruktur der beiden Gesteine sowie ihrer Gemengtheile sehr charakteristische Gegensätze auf» (l. c. B. II, S. 739). Weshalb es dann schlimmer wäre, auch zwischen Diabas und Diorit durch Struktureigenthümlichkeiten zu scheiden, ist nicht leicht zu verstehen. Der Unterschied ist nämlich z. Th. genau derselbe, wie zwischen Diabas und Gabbro, nämlich derjenige, dass die Diorite (wenn der Name zweckmässig abgegrenzt wird) echte abyssische Gesteinstypen sind,¹ im Gegensatz zu den Diabasen, welche meistens hypabyssische Gesteinstypen sind. Diabas ist nämlich in mehr als einer Beziehung ein Sammelname, und zwar auch in so fern, als man unter dem Namen Diabas *ganz verschiedene chemische Typen*, theils mittelsaure (den Dioriten entsprechende), theils basische (den Gabbrogesteinen entsprechende) Typen begriffen hat.

Die einzige mögliche Trennung wird hier nach meiner Ansicht diejenige sein, den Begriff Diorit für mittelsaure Tiefengesteine, den Begriff Gabbro für basische Tiefengesteine der Plagioklasreihe, den Namen Diabas endlich für entsprechende hypabyssische Gesteine und palaiotype Erguss-

¹ Cfr. W. C. Brögger: «Die Eruptivgesteine des Kristianiagebiets I». Diese Zeitschrift 1894, No. 4, S. 93 ff.

gesteine zu reserviren; eine weitere Theilung der Diabase nach chemischen Typen, entsprechend den Dioriten und den Gabbros, dürfte gewiss nur eine Zeitfrage sein. Es dürfte wohl endlich einmal einleuchtend werden, dass die alte Trennung nach dem vorherrschenden dunklen Mineral, ob Hornblende, Pyroxen oder Glimmer, in der That nur einen relativ geringen Werth als Eintheilungsprincip hat, indem es sich mehr und mehr zeigen dürfte, dass die chemischen Typen, welche in erster Linie der Eintheilung zu Grunde gelegt werden müssen, von einem Vorherrschen des einen oder des anderen der dunklen Mineralien jedenfalls für mittel-saure Typen relativ wenig beeinflusst werden.

Ich meine deshalb, dass die Bemerkungen Zirkel's gegen Cathrein in genannter Beziehung wenig zutreffend sind; eine andere Sache ist es, dass die Gesteine, welche Cathrein als Augitdiorite charakterisirt hat, aus anderen Gründen grösstentheils wohl kaum vortheilhaft mit diesem Namen bezeichnet, sondern, wie unten näher nachgewiesen werden soll, besser mit einem besonderen Namen distinguirt werden können, — jedoch nicht mit dem Namen Diabas, welcher für die betreffenden Gesteine von Monzoni und Predazzo nicht Verwendung finden kann.

Blicken wir nun auf die Ergebnisse dieser zusammengedrängten Übersicht der Resultate früherer Untersuchungen zurück, so sehen wir, dass offenbar bei weitem die meisten Verfasser darüber einverstanden gewesen sind, dass bei Monzoni und Predazzo eine grössere Anzahl durch alle Übergänge zu einer geschlossenen Gesteinsreihe mit einander verbundener Gesteinstypen auftritt, am einen Ende mit saureren Gliedern (Syeniten, Augitsyeniten, dioritischen Gesteinen), am anderen mit basischeren Gliedern (als Hypersthenit oder Hypersthenfels, Augitfels, Diabas, Gabbro etc. bezeichnet). Viele Verfasser haben nach dem Vorgang von *De Lapparent* die ganze Reihe unter einem gemeinsamen Sammelnamen, einer *geologischen* Bezeichnung, *Monzonit*, zusammengefasst (Lemberg, Dölter, Hansel, Cathrein), wobei die älteren Verfasser als das wesentliche dunkle Mineral Hornblende annahmen (De Lapparent, Lemberg, Dölter etc.), die neueren nach dem Vorgang *Rath's* dagegen Augit (Hansel, Cathrein).

Andere Verfasser haben den Namen Monzonit zwar noch als Sammelnamen, aber in mehr begrenzter Ausdehnung gebraucht, so

namentlich *Tschermak*, welcher den basischen Typen, seinen Diabasen, als nicht mit den saureren Gliedern direct verbunden, eine Sonderstellung gab und den (geologischen) Sammelnamen Monzonit nur für die saureren Typen brauchen wollte.

Wieder andere Verfasser haben den Namen Monzonit als *Specialnamen* gebraucht für das nach ihrer Auffassung herrschende Gestein der ganzen Serie nahe verwandter Gesteinstypen; so *Reyer*, welcher Monzonit für die Gesteine, welche er als Augitsyenite auffasste, brauchen wollte. Für *Reyer* war der Name Monzonit somit ein *petrographischer* Specialname. *Rosenbusch* brauchte den Namen Monzonit hauptsächlich als Specialnamen für eine bestimmte Gruppe von Augitsyeniten.

Endlich haben wieder andere Verfasser, namentlich *vom Rath*, den Namen Monzonit gänzlich verworfen, weil er als ein Sammelname gebraucht war, und es den geltenden Principien der Petrographie allzu sehr widersprechen würde «unter einen Begriff Gesteine zu vereinigen, von denen das eine wesentlich aus Orthoklas, das andere wesentlich aus Labrador besteht» (*vom Rath* l. c.).

Von den verschiedenen Verfassern haben einige — abgesehen davon ob sie den Namen Monzonit als Sammelnamen gebraucht haben oder nicht — das herrschende typische Gestein als ein Hornblende-Plagioklas-Gestein, also als Diorit, oder als ein Augit-Plagioklas-Gestein (Augitdiorit, *Cathrein*), wieder andere als ein Orthoklasgestein (Augitsyenit, *vom Rath*, *Reyer*, *Rosenbusch* etc.) angesehen. Nur *Tschermak* hatte ziemlich ausdrücklich das herrschende Gestein als ein Orthoklas-Plagioklas-Gestein aufgefasst. Wenn man die grosse Litteratur über die Monzonit-Gesteine revidirt, findet man auffallend genug, dass kaum zwei Verfasser zu einer in allen Hauptzügen übereinstimmenden Auffassung dessen gelangt sind, was man unter Monzonit verstehen solle und was eigentlich das herrschende Gestein dieser ganzen Reihe nahe verwandter Gesteinstypen am Monzoni und bei Predazzo sein dürfte.

Abgrenzung und nähere Charakteristik der Monzonite.

Ich will versuchen im folgenden den Nachweis zu liefern, dass diese Unsicherheit in der Auffassung weniger auf fehlender Übereinstimmung im Beobachtungsmateriale selbst, als auf der bisherigen Unzulänglichkeit der petrographischen Nomenklatur beruht.

Mein Material von hierher gehörigen Gesteinen rührt bei weitem zum grössten Theil von Predazzo her. Ich habe hier zusammen mit Herrn Professor *Ussing* eine reiche Auswahl gesammelt von Proben von der Málgola, welche Lokalität wir ringsherum von der Grenze bei Boscampo ab, am ganzen Nordabhang und um die N.W.-Ecke herum bis an die Grenze gegen den Kalkstein am Westabhang Schritt für Schritt untersucht haben. Auch von dem Südabhang des Mulatto haben wir wohl wahrscheinlich die meisten dort auftretenden Typen eingesammelt. Aus den Monzonitgesteinen von Canzacoli und von Mezzavalle haben wir nur käuflich ein Paar Proben erworben. Von Monzoni haben wir nur wenige Stufen aus anstehendem Felsen am Wege vom Monzoni-Circus über den Le Selle Pass bis nach dem Thal von San Pellegrino eingesammelt; dagegen haben wir eine gute Auswahl von Proben aus Geröllen und Blöcken im Monzonibach, im Monzonithal, im San Pellegrinthal mitgebracht. Eine Anzahl Stufen von nicht näher angegebenen Lokalitäten am Monzoni habe ich auch käuflich erworben, theils in Predazzo, theils bei Herrn *Stürtz* in Bonn; sodann erhielt ich auch eine kleine Anzahl Stufen (namentlich vom Toal dei Rizzoni am Monzoni etc.) durch Herrn Professor Dr. *Cathrein* in Innsbruck. Endlich erwarb ich von *Voigt & Hochgesang* die von *v. Rath* zusammengestellten Dünnschliffe von Monzonitgesteinen. Ich habe somit im Ganzen eine Auswahl von ca. 50 verschiedenen Varietäten zur Verfügung gehabt; und wenn auch das Material von Monzoni vielleicht nicht völlig genügt, so darf ich wohl annehmen, dass jedenfalls die wichtigsten bei Predazzo auftretenden Typen unter meinem Materiale vertreten sind.

Die makroskopische und mikroskopische Untersuchung des gesammten Materiales zeigt nun, dass obwohl die Mineralienzusammensetzung der Hauptsache nach ziemlich einförmig ist, doch sehr selten zwei Proben aus verschiedenen Lokalitäten einander einigermaßen gleich sind.

Die Variation in der Struktur, sowie in den relativen Mengenverhältnissen der einzelnen Mineralien findet nämlich innerhalb so weiter Grenzen statt, dass dadurch die Mannigfaltigkeit der Ausbildung eine ausserordentlich reiche wird.

Die Musterung des Materiales ergibt nun ziemlich bald, dass zuerst eine Zweitheilung in eine *saurere* Gruppe (mit ca. 50 bis ca. 60% SiO_2) und eine *basische* (mit unterhalb ca. 50%) sich recht natürlich durchführen lässt; die letztere Gruppe umfasst eine Reihe von an Pyroxen sehr reichen Gesteinen, sowohl von Monzoni als von Predazzo, welche nach der jetzt allgemeinen Nomenclatur zum grossen Theil füglich als *Pyroxenite* bezeichnet werden können. Es sind dies die Hypersthenite

von *Richthofen's*, die Diabase *Tschermak's* und *v. Rath's*, die Augitfelse *Dölter's* etc. Sie sind ziemlich gut begrenzt, obwohl sie unzweifelhaft durch alle Übergänge mit den Gesteinen der saureren Gruppe verbunden und wahrscheinlich nur als basische Grenzfaciesbildungen des Hauptgesteins aufzufassen sind.

Diese Zweitheilung in eine saure und eine basische Gruppe ist, wie oben erwähnt, schon früher von *Dölter* und namentlich mit ähnlicher Begrenzung von *Hansel* vorgeschlagen; ich nehme hiermit diesen den natürlichen Verhältnissen vollkommen entsprechenden Vorschlag auf und ziehe daraus die weitere Consequenz, dass ich die Bezeichnung Monzonite *nicht* auf die genannte basische Gruppe von Pyroxeniten ausdehnen kann.

Für die saurere Gruppe, *welche die herrschenden Gesteinstypen der ganzen Serie umfasst*, ist nach meiner Erfahrung die oben citirte Bemerkung von *Lemberg* allein zutreffend; er charakterisirte den *Monzonit* als ein Gestein, «*das seiner Constitution nach zwischen Syenit und Diorit zu rechnen ist*» (cfr. auch *Tschermak's* oben citirte Bemerkung).

In diesen Worten ist nach meiner Auffassung die wesentliche und charakteristische Haupteigenthümlichkeit der Gesteine der sauren Gruppe *Hansel's* ganz genau und zutreffend ausgesprochen: Die Monzonite charakterisiren sich eben dadurch, *dass sie weder zu den Orthoklas-Gesteinen noch zu den Plagioklas-Gesteinen, sondern zu einer Übergangsgruppe oder Zwischengruppe zwischen beiden gehören, sie sind eben: Orthoklas-Plagioklas-Gesteine.*

Die ältere, oder richtiger die ganze bisher übliche petrographische Systematik kennt nur wenige Übergangsgruppen. Gesteine, welche Übergänge zwischen grösseren Gruppen bilden, sind natürlich in vielen Fällen beobachtet und beschrieben worden. Aber für die systematische Anordnung war diese Thatsache eigentlich nur von geringem Belang; die Übergangsglieder wurden in der Regel *entweder* in die eine *oder* in die andere der beiden Gruppen, zwischen welchen sie den Übergang bildeten, eingereiht, nur selten wurden sie für sich herausgegriffen, als Übergangsglieder abgegrenzt und unter einem besonderen Namen vereinigt.

Im vorliegenden Falle führen die betreffenden Gesteine bald ein wenig vorherrschend Plagioklas, bald vielleicht etwas mehr überwiegend Orthoklas; je nachdem auf das Auftreten des einen oder des anderen dieser Feldspäthe das Hauptgewicht gelegt wurde, musste die Auffassung derselben als Augitdiorite (Augit-Biotit-Diorite, Hornblendediorite etc.) oder als Augitsyenite (Syenite, Biofit-Augitsyenite etc.) in den Vordergrund treten. *Das wirklich charakteristische bei diesen Gesteinen,*

nämlich dass sie in der Regel Orthoklas und Plagioklas ungefähr gleich reichlich oder jedenfalls beide reichlich führen, fand dabei gar nicht den zutreffenden Ausdruck.

Ich habe eben in einer neuerdings erschienenen Arbeit¹ gelegentlich einiger Bemerkungen über die petrographische Systematik stark hervorgehoben, dass *«besondere Bezeichnungen für Zwischentypen (Übergangstypen) nothwendig sind»*. Es ist schwierig ein zweites Beispiel zu finden, welches diese Behauptung besser illustriren kann, als das vorliegende, namentlich wenn wir die Geschichte der systematischen petrographischen Bearbeitung der als Monzonite zusammengefassten Gesteine durchgehen. Eben weil diese Gesteine innerhalb der Klasse der Eruptivgesteine eine Übergangstellung zwischen den beiden grössten Gesteinsordnungen der Eruptivgesteine, den Orthoklasgesteinen und den Plagioklasgesteinen, einnehmen, ist dies Beispiel besonders überzeugend.

Ich meine nun, dass man als eine gerechte Forderung für die Einreihung eines Gesteins in die eine oder in die andere dieser grossen Ordnungen festhalten muss, dass in demselben der eine *oder* der andere der Feldspäthe — *entweder* Orthoklas (besser Alkalifeldspäthe) *oder* Plagioklas (Kalk-Natronfeldspäthe) — *stark vorherrschen muss*, in solchem Grade, dass das Gestein dadurch wirklich charakterisirt wird. Wenn der Name Granit oder Syenit z. B. berechtigt sein soll, muss ein Alkalifeldspath im Vergleich mit dem Plagioklas stark vorherrschen², wenn der Name Quarzdiorit, Diorit (Augitdiorit etc.) etc. berechtigt sein soll, muss im Gegentheil wieder ein Kalk-Natron-Feldspath stark vorherrschen. Wenn dagegen weder das eine noch das andere der Fall ist, dann ist das Gestein nach den von mir vertretenen Principien der petrographischen Systematik auch nicht als Granit resp. Syenit, oder als Quarzdiorit resp. Diorit (Augitdiorit etc.) etc. zu bezeichnen, *sondern eine besondere Namenreihe ist hier nothwendig, um dem charakteristischen gemischten Auftreten der Feldspäthe den zutreffenden Ausdruck zu geben*. Es ist mit anderen Worten nach meiner Ansicht nothwendig, zwischen den Orthoklasgesteinen und den Plagioklasgesteinen, oder wie es jetzt correcter³ heissen muss: *zwischen den Alkalifeldspath-Gesteinen*

¹ *W. C. Brögger*: «Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes». I. Diese Zeitschrift 1894. No. 4. S. 93.

² Oder, da die Eintheilung in wesentlicher Beziehung die chemische Zusammensetzung berücksichtigen muss, der Plagioklas muss, vorhanden, sauer sein, dass die vorherrschende Mischung sehr CaO-arm ist.

³ Wegen des Auftretens des Natronorthoklases, des Albits und der Reihe der Natronmikrokline (Anorthoklase).

und den Kalknatronfeldspath-Gesteinen, eine Übergangsordnung von Alkalifeldspath-Kalknatronfeldspath-Gesteinen einzuschieben.

Dieser Übergangsordnung gehören, wie ich jetzt nachweisen will, eben auch die uns vorliegenden Gesteine der *Monzonite* in dem Sinne an, in welchem wir hiermit diese Bezeichnung brauchen wollen.

Chemische Zusammensetzung der Monzonite.

Um diese Behauptung näher zu prüfen, wollen wir zuerst die chemische Zusammensetzung der Monzonite im Vergleich mit derjenigen der Syenitgesteine auf der einen und der Dioritgesteine auf der anderen Seite genauer abgrenzen.

Von Monzoniten liegt eine nicht allzu kleine Anzahl von Analysen vor; sie sind von *Hansel* in seiner oben citirten Abhandlung zusammengestellt; unter den von *Hansel* aufgeführten Analysen beziehen sich die meisten auf basische Grenzfaciesbildungen; nur die in die folgende Tabelle aufgenommenen Analysen beziehen sich auf Hauptgesteine, welche der Reihe der Monzonite mit der hier angenommenen Begrenzung angehören.

Auffallend genug ist bis jetzt kein einziger Monzonit von Monzoni analysirt, indem sämtliche bisher ausgeführten Monzonitanalysen an Gesteinen aus der Umgegend von Predazzo angestellt sind. Da es mir von Interesse schien, die Übereinstimmung der Gesteine beider Gebiete auch durch chemische Analyse zu prüfen, liess ich eine Analyse eines sogenannten Augitsyenites von Monzoni ausführen.

Ich wählte für diese Analyse keines der von mir selbst mitgebrachten Stufen von Monzoni, weil diese alle nicht so reich an Orthoklas waren, als ein von Herrn Dr. *B. Stürtz* in Bonn käuflich erworbenes Handstück aus seiner angeblich von *Rosenbusch* controllirten Typensammlung von Gesteinen (nach dem System von *Rosenbusch* zusammengestellt). Die Stufe war als *Augitsyenit* etikettirt, mit der unbestimmten Lokalitätsangabe «Monzoni». Die mikroskopische Untersuchung zeigte, das Orthoklas neben Plagioklas ungewöhnlich reichlich vorhanden ist, ganz wie in den übrigen von mir untersuchten Proben, in grossen, die Plagioklastafeln poikilitisch umschliessenden, einheitlich auslöschenden Partien, als letzte Bildung zwischen und um die älteren Mineralien abgesetzt; ausserdem fand ich als letzte Bildung, auch nach dem Orthoklas

abgeschieden, Quarz in geringer Menge; von dunklen Mineralien ist Pyroxen (theilweise in Hornblende umgewandelt), ein wenig Hornblende, Biotit, ganz wenige Körnchen von rhombischem Pyroxen (eher Bronzit als Hypersthen und *nicht* als Umrandung von Olivin; sondern in selbständigen hypidiomorphen Individuen) vorhanden; Eisenerz, Zirkon, Titanit und Apatit wie gewöhnlich; Spuren von Kalkspath.

Die von Herrn *V. Schmelck* ausgeführte Analyse dieses *Monzonit's* von *Monzoni* gab:

SiO ₂	. . . . .	54.20
TiO ₂	. . . . .	0.40
Al ₂ O ₃	. . . . .	15.73
Fe ₂ O ₃	. . . . .	3.67
FeO.	. . . . .	5.40
MnO	. . . . .	0.70
MgO	. . . . .	3.40
CaO.	. . . . .	8.50
Na ₂ O	. . . . .	3.07
K ₂ O.	. . . . .	4.42
H ₂ O.	. . . . .	0.50
P ₂ O ₅	. . . . .	ca. 0.50
		100.50

Die Analyse lässt sich schwierig genau berechnen, da die Zusammensetzung der einzelnen Mineralien ja nicht bekannt ist.

Eine ungefähre Rechnung führt auf eine Mischung von ca:

30	Procent	Orthoklas (ein wenig Na ₂ O-haltig)
32	—	Plagioklas (durchschnittlich Ab ₃ An ₂)
14.5	—	Pyroxen
5	—	Hornblende
10	—	Lepidomelan
2.5	—	Quarz
3	—	Magnetit
1	—	Hypersthen
1	—	Apatit
1	—	Zirkon und Titanit
		Spur von Kalkspath.

Diese Berechnung muss ziemlich genau der Wahrheit entsprechen, unter der Voraussetzung, dass die Zusammensetzung des Pyroxens (abgesehen von einem gewiss vorhandenen Gehalt an TiO₂, MnO und Fe₂O₃)

sich nicht allzu weit von der von *G. v. Rath* analysirten Pyroxenmischung im Pyroxen des Pyroxenits von Monzoni entfernt (l. c. S. 362), und ebenso, dass die Zusammensetzung der Hornblende der von *G. vom Rath* (ebendasselbst) analysirten Hornblende entspricht, und endlich, dass der Lepidomelan eine gewöhnliche Lepidomelanmischung (mit ca. 35 % SiO₂) besitzt. — Es muss bemerkt werden, dass die Analysen der Feldspäthe aus dem Monzonit, die *vom Rath* giebt, gewiss nur die Zusammensetzung eines Gemenges von Orthoklas und Plagioklas angeben können, da im Orthoklas der Monzonite immer Plagioklastafeln eingewachsen sind.

Die Berechnung der Analyse zeigt somit, dass der analysirte *Monzonit von Monzoni Orthoklas und Plagioklas ungefähr in gleicher Menge enthält.*

Die Übereinstimmung mit den Analysen der Monzonite von Predazzo ist eine sehr nahe; nur ist im Monzonigestein etwas weniger Al₂O₃ und entsprechend etwas mehr Eisenoxyde und MgO vorhanden.

Analysen von Monzoniten von Predazzo.

	I	II	III	IV	V	Mittel (I)
SiO ₂ . . .	58.98	58.05	57.66	52.53	52.16	55.88
Al ₂ O ₃ . . .	17.34	17.71	17.23	19.48	22.11	18.77
Fe ₂ O ₃ . . .	3.44	—	7.28	11.07	—	8.20
FeO . . .	—	8.29	—	—	8.58	
MgO . . .	1.64	2.07	2.20	1.53	2.64	2.01
CaO . . .	8.64	5.81	5.32	6.61	8.61	7.00
Na ₂ O . . .	3.41	2.98	3.41	2.71	3.35	3.17
K ₂ O . . .	5.34	3.24	4.61	3.17	2.00	3.67
H ₂ O . . .	1.06	1.34	0.70	2.34	0.80	1.25
CO ₂ . . .			0.76			
	99.85	99.49	99.17	99.44	100.25	99.95

Summ. 6.84

I Grobkörniger Monzonit von Cancacoli; *J. Lemberg*, Z. d. deutsch. geol. Ges. 1872, S. 204.

II Monzonit von Malgola; *Th. Kjerulf* in «Christiania Silurbecken», S. 8 (Christiania 1855).

III Monzonit, nicht weit von der Grenze des Turmalingranits; Süd-
 abhang des Mulatto; Lemberg l. c. S. 192.

IV Monzonit vom Sasinathal, am Wege nach Agnello; *Mattendorf*;
 in *Dölter's* Abh. in Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1876, No. 2.

V Monzonit von Malgola; *C. Hauer*; ib. 1875, No. 17, (S. 333).

Die in die obige Tabelle aufgenommenen Analysen zeigen somit
 eine Variation des SiO_2 -Gehaltes zwischen ca. 59 und ca. 52 %.

Wie wir später sehen werden, können wir sicher annehmen, dass
 die Grenzen nach beiden Seiten etwas erweitert werden dürfen, ungefähr
 zwischen 62 bis 60 am einen und ca. 50 bis 48 am anderen Ende; die
 mittlere Zusammensetzung wird jedenfalls ungefähr auf einen SiO_2 -
 Gehalt von 54 bis 56 % fallen.

Wir sehen somit sofort, dass ein Vergleich mit allen saureren
 Gesteinstypen, mit Graniten allerlei Art oder mit Quarzdioriten ausge-
 schlossen ist. Auch die Quarzsyenite — eine von mir früher aufgestellte
 Übergangsgruppe zwischen Graniten und Syeniten, Gesteine mit einem
 SiO_2 -Gehalte von ca. 66 bis ca. 62 % SiO_2 , — sind schon alle saurer
 als unsere Monzonite.

Umgekehrt sind die Gesteine der Gabbrofamilie mit der Begrenzung,
 welche wir dem chemischen Typus dieser Gesteine geben möchten, im
 grossen Ganzen schon basischere Gesteine, deren mittlerer SiO_2 -Gehalt
 schon bedeutend unterhalb 50 % liegt, abgesehen davon, dass sie theils
 durch viel niedrigeren Alkaligehalt, höheren CaO-Gehalt und jedenfalls
 für gewisse Gruppen auch durch höheren Gesamtgehalt von MgO- und
 Eisenoxyde charakterisirt sind.

Ein directer Vergleich wird also nur mit den verschiedenen Serien
 der syenitischen Gesteine und der Diorite nöthig sein.

Ehe wir zu diesem Vergleich übergehen, ist es nicht ganz ohne
 Interesse, die Monzonite mit einer Gesteinsgruppe zu vergleichen, mit
 welcher sie, obwohl in anderen Beziehungen sehr verschieden, ungefähr
 dasselbe Spatium des SiO_2 -Gehaltes gemein haben, nämlich mit den
Nephelinsyeniten.

Analysen von abyssischen Nephelinsyeniten.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Mittel
SiO ₂ ...	60.39	59.70	59.01	56.71	56.45	56.30	55.76	54.61	54.20	54.14	53.73	52.25	51.90	55.78
TiO ₂ ...	—	—	0.81	—	0.29	—	—	0.09	1.04	0.95	0.09	0.60	—	0.55
Al ₂ O ₃ ...	22.51	18.85	18.18	22.49	20.08	24.10	21.61	22.07	21.74	20.61	20.35	22.24	22.54	21.34
Fe ₂ O ₃ ...	0.42	4.85	1.63	3.40	1.31	1.99	1.65	2.33	0.46	3.28	3.74	2.42	4.03	2.13
FeO...	2.26	—	3.65	—	4.39	—	4.09	2.50	2.36	2.08	2.13	1.98	3.15	2.86
MnO...	0.08	—	0.03	—	0.09	—	—	—	—	0.25	—	0.53	—	0.20
MgO...	0.13	0.68	1.05	1.19	0.63	0.13	0.74	0.88	0.52	0.83	0.47	0.96	1.97	0.78
CaO...	0.32	1.34	2.40	2.22	2.14	0.69	2.26	2.51	1.95	1.85	2.72	1.54	3.11	1.93
Na ₂ O...	8.44	6.29	7.03	7.37	5.61	9.28	6.94	7.58	8.69	9.87	7.94	9.78	8.18	7.92
K ₂ O...	4.77	5.97	5.34	5.87	7.13	6.79	5.34	5.46	6.97	5.25	6.05	6.13	4.72	5.83
H ₂ O...	0.57	1.88	0.50	0.45	1.51	1.58	3.49	1.13	2.32	0.40	2.02	0.73	0.22	1.29
P ₂ O ₅ ...	—	—	—	—	0.13	—	—	0.15	—	—	—	—	—	0.14
Cl.....	—	—	0.12	—	0.43	—	—	—	—	0.12	0.23	—	—	—
Diverse	CO ₂ in Spuren	—	BaO 0.08	—	NiO Spur	—	—	—	—	ZrO ₂ 0.92	—	—	—	—
	99.65	99.56	99.98	99.70	100.35	100.86	101.88	99.31	100.25	100.55	99.47	99.16	99.82	100.75

Summe
13.75

- I Nephelinsyenit (sog. «Litchfieldit») von Litchfield, Maine; anal. von *L. G. Eakins* bei *W. S. Bayley*, Bull. geol. soc. of Amer. III, (1892), S. 232.
- II Nephelinsyenit (sog. «Gray granite») Fourche Mountain, Arkansas; anal. von *W. A. Noyes*; bei *Fr. Williams*: «The igneous rocks of Arkansas»; S. 81 (1891).
- III Nephelinsyenit von Red Hill, New Hampshire; anal. von *W. F. Hillebrand* bei *W. S. Bayley*; Bull. of the geol. soc. of America, B. III, S. 250.
- IV Nephelinsyenit («Ditroit», W. C. Br.) Bratholmen, Landgangsfjord, Norwegen; anal. von *G. Forsberg* bei *W. C. Brögger*, Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, S. 41.
- V Sodalitsyenit; Sqare Butte, Montana; *W. H. Melville* bei *W. Lindgren*, Amer. journ. of sc. B. 45, April 1893, S. 296.
- VI Sodalitsyenit (sog. Ditroit); Ditró, Siebenbürgen; *Fellner*; Neues Jahrb. f. Min. 1868, S. 83.
- VII Nephelinsyenit San Vincente, Cap Verdi'schen Inseln. *C. Dölter*: «Die Vulkane der Capverden und ihre Producte», Graz 1882.
- VIII Nephelinsyenit; Caldes de Monchique, Portugal; *E. Kaleszinsky* bei *A. Merian*; Neues Jahrb. f. Min. B. B. III, 1884, S. 271.
- IX Nephelinsyenit; Serra de Monchique, Portugal, *P. Fannasch*, Neues Jahrb. f. Min. 1884, II, S. 11.
- X Nephelinsyenit; Tschasnatschorr, Umptek, Kola; *F. Eichleiter* bei *V. Hackman*: «Der Nephelinsyenit des Umptek», Fennia 11, No. 2, S. 132 (1894).
- XI Nephelinsyenit; Mittleres Transvaal; Wülfing.
- XII Nephelinsyenit; Rabot's Spitze, Umptek, Kola; *V. Hackmann* l. c. S. 132.
- XIII Nephelinsyenit («Laurdalit») Lunde im Lougenthal, Norwegen; *G. Forsberg* bei *W. C. Brögger*, l. c. S. 41.

Bei der oben zusammengestellten Auswahl von Analysen von Nephelinsyeniten sind fast nur Gesteine von echt abyssischem Typus berücksichtigt; so sind keine Grenzfaciesbildungen oder andere abweichende Faciesbildungen mitgenommen (z. B. nicht die relativ feinkörnige, zum Theil porphyrische Facies des von *P. Mann* analysirten *Särnait*s — Cancrinit-Aegirin-Syenit — vom Siksjøberg in Dalarne, Schweden, auch nicht die basische Grenzfacies des Aegirinditroitschiefers von Arö, Norwegen etc.); auch sind Analysen von Ganggesteinen unberücksichtigt gelassen (so z. B. die Analyse des trachytoiden Nephelin-

syenits — Foyait, W. C. Br. — vom Brathagen im Lougenthal, Norwegen, sowie auch die Analyse des feinkörnigen von *Machado* beschriebenen Gesteines von Poços de Caldas, Brasilien etc.); endlich sind auch Analysen stärker zersetzter¹ Gesteine (wie z. B. diejenige des von *F. Williams* beschriebenen Nephelinsyenits von Magnit Cove, Arcansas, diejenige des von *Kemp* beschriebenen Gesteins von Beemerville, New Jersey etc.), sowie unvollständige Analysen (wie z. B. die Analyse *Ohl's* des Gesteines von Bagnères de Bigorre in den Pyrenäen) ausser Acht gelassen worden.

Das mit diesen Vorsichtsmaassregeln berechnete Mittel der Zusammensetzung der Gesteine von der Serie der Nephelinsyenite dürfte ziemlich genau der wirklichen mittleren Mischung dieses Gesteinstypus entsprechen.

Ein Vergleich mit dem Mittel der Monzonitanalysen zeigt sofort die wesentlichen Unterschiede:

	Nephelinsyenite Mittel	Monzonite (von Predazzo) Mittel	Differenz
SiO ₂ . . .	55.78	55.88	+0.10
TiO ₂ . . .	0.55	—	
Al ₂ O ₃ . .	21.34	18.77	—2.57
Fe ₂ O ₃ . .	5.35	8.20	+2.85
MgO . . .	0.78	2.01	+1.23
CaO . . .	1.93	7.00	+5.07
Na ₂ O . .	7.82	3.17	—4.65
K ₂ O . . .	5.83	3.67	—2.16
H ₂ O . . .	1.29	1.25	—0.04

Bei beiden Gesteinsgruppen sind somit die Molekularproportionen für: Nephelinsyenite, Mittel: CaO : Na₂O : K₂O = 0.0344 : 0.1261 : 0.0620 = 1.09 : 4 : 1.97 oder beinahe = 1 : 4 : 2.

Monzonite, Mittel: CaO : Na₂O : K₂O = 0.1250 : 0.0511 : 0.0390 = 9.80 : 4 : 3.04 oder beinahe = 10 : 4 : 3.

¹ Nur die Analyse *Dölter's* des Gesteins von San Vincente, Cap Verden, ist wegen des Vergleiches mit dem Mittel sämtlicher Analysen aufgenommen.

Der wesentliche Unterschied liegt, wie sofort zu sehen, einerseits im Gehalt an CaO und Alkalien, dann auch im grösseren Gehalt an Eisenoxyden (und MgO) bei den Monzoniten, und im grösseren Gehalt an Thonerde bei den Nephelinsyeniten.

Gehen wir jetzt zum Vergleich mit den eigentlichen Syenitgesteinen über.

Man pflegte früher ohne weiteres alle quarzarmen, nicht der Nephelinsyenitreihe angehörigen abyssischen Alkalifeldspathgesteine schlechthin als Syenite zusammenzufassen. Neuere Ergebnisse haben gezeigt, dass die syenitischen Gesteine sich auf zwei gut charakterisirte Reihen vertheilen, *Kalisyenite* und *Natronsyenite*;¹ bei beiden sind die Alkalien im Vergleich mit dem CaO-Gehalt vorherrschend, und beide Reihen enthalten K₂O und Na₂O zusammen, bei den Kalisyeniten aber K₂O, bei den Natronsyeniten Na₂O vorherrschend.

Von echten abyssischen *Kalisyeniten* sind bis jetzt auffallend wenige chemisch untersucht; wenn wir ganz absehen von feinkörnigen Faciesbildungen, ferner von Ganggesteinen und von solchen Vorkommen, welche durch ihren Quarz- und SiO₂-Reichthum schon zu den Quarzsyeniten gerechnet werden müssen, bleiben, so viel ich finden konnte, eigentlich nur drei Analysen von einigermaassen typischen Kalisyeniten übrig, erstens dieselben, welche in alle Lehrbücher aufgenommen sind, nämlich von den Syeniten von Plauen bei Dresden² (*F. Zirkel*, Pogg. Ann. B. 122, S. 622 (1864)) und im Biella in Piemont (*Cossa*, Mem. Accad. d. sc. di Torino, (2) B. 18, S. 28), dann noch von dem von *Traube* analysirten Gestein von Reichenstein in Niederschlesien (nach *Traube* ein Augitsyenit mit zu Hornblende umgewandeltem Pyroxen; siehe Neues Jahrb. 1890, I, S. 206).³

Es ist dies Material gewiss ganz ungenügend um eine zuverlässige Vorstellung über die mittlere Zusammensetzung der Syenite der Kali-

¹ Innerhalb beider können noch weitere Specialtypen unterschieden werden.

² Mit *Zirkel's* Analyse beinahe identisch ist die Analyse *Griffith's* von dem Dresdener Syenit (Chem. News, B. 47, S. 170; 1882) mit 60.02 SiO₂, 16.66 Al₂O₃, 7.21 Fe₂O₃, 2.51 MgO, 3.59 CaO, 2.41 Na₂O, 6.50 K₂O und 1.10 H₂O. In der folgenden Tabelle ist deshalb nur die eine dieser Analysen berücksichtigt.

³ Der ebenfalls von *Traube* analysirte «Syenit» von Folmersdorf ist schon so sauer (65.63 % SiO₂), dass er zu den Quarzsyeniten gerechnet werden muss, während das ibid. analysirte Vorkommen von Nieder-Hannsdorf schon eher eine Monzonitzusammensetzung aufweist (ibid. S. 220).

reihe zu erhalten. Jedoch dürfte die Erfahrung, die schon aus diesen wenigen Analysen hervorgeht, ziemlich zuverlässig sein, in so fern es sich herausstellt, dass die Kalisyenite gewöhnlich schon ziemlich saure Gesteine sind (mit 59 bis 62 % SiO₂). Nach *Traubes* Beobachtung, dass in dem Gestein von Reichenstein die Hornblende sekundär aus Pyroxen entstanden ist, ergibt sich, dass auch diese ziemlich saure Reihe sowohl Hornblendesyenite als auch Augitsyenite umfasst.¹

Analysen von Kalisyeniten.

	I	II	III	Mittel
SiO ₂	62.51	59.83	59.37	60.57
TiO ₂	0.81	—	0.26	0.53
Al ₂ O ₃	12.78	16.85	17.92	15.85
Fe ₂ O ₃	2.56	} —	6.77	} 8.23
FeO	4.76		7.01		2.02
MgO	3.33	2.61	1.83	2.59
CaO	4.76	4.43	4.16	4.44
Na ₂ O	2.71	2.44	1.24	2.13
K ₂ O	4.81	6.57	6.68	6.02
H ₂ O	1.53	1.29	0.38	1.06
P ₂ O ₅	—	—	0.58	(0.58)
	100.59	101.03	101.21	

Summ. 8.15

- I Syenit von Reichenstein, Schlesien.
- II Syenit von Plauen bei Dresden.
- III Syenit von Biella in Piemont.

¹ In seiner Abhandlung: «Gesteinsbildungen bei Predazzo und am Monzoni» (Zeitschr. d. d. geol. Ges. B. 29, 1877, S. 465) hat *F. Lemberg* eine Analyse eines «Monzonit-ausläufers» in Kalk von Palle rabiose am Monzoni; dieser Ausläufer sollte nach der makroskopischen Bestimmung bestehen aus vorherrschendem «grosskrystallinischem Orthoklas, stellenweise von etwas Wollastonit durchsetzt». Die Zusammensetzung war: SiO₂ 63.10, Al₂O₃ 15.34, Fe₂O₃ 2.24, MgO 0.35, CaO 4.09, Na₂O 1.06, K₂O 13.41, H₂O 0.59. Die Analyse lässt sich nach den gelieferten Angaben über die Mineralien-Zusammensetzung nur schwierig berechnen und bezieht sich ausserdem nicht auf ein normales Gestein, sondern nur auf eine wahrscheinlich stark differenzierte Apophyse; sie ist deshalb oben nicht mitgerechnet.

Von *Natronsyeniten* liegen zwar eine grössere Anzahl Analysen vor; mit ganz wenigen Ausnahmen stammen sie aber von einem relativ begrenzten Gebiet, indem die meisten an verschiedenen hierher gehörigen Gesteinen des Kristianiagebietes angestellt sind.

Die bis jetzt vorliegenden Analysen zeigen, dass auch diese Reihe sowohl Hornblendesyenite (von Blue Mountains) als Augitsyenite, und daneben auch Glimmersyenite umfasst; unter den hierher gehörigen norwegischen Gesteinen sind sowohl die von mir als Laurvikite und Akerite bezeichneten Gesteinstypen als auch Glimmersyenite.

In so fern aus dem jetzt vorliegenden Material von Analysen geschlossen werden darf, sind die Natronsyenite im Vergleich mit den Kalisyeniten durchschnittlich etwas mehr basische Typen, gewöhnlich etwas reicher an Alkalien (bei den Kalisyeniten durchschnittlich ca. 8, bei den Natronsyeniten ca. 9.5 %) und Thonerde. Das SiO₂-Spatium dürfte ungefähr demjenigen der vorliegenden Analysen entsprechen, also zwischen ca. 62 und ca. 55 % oder etwas niedriger liegen. Ihr herrschender Feldspath ist sehr häufig Natronorthoklas oder Natronmikroklin; Plagioklas fehlt oft vollständig.

Analysen von Natronsyeniten.

- I Syenit («Akerit», W. C. Br.) Vettakollen bei Kristiania; *Th. Kjerulf* in «Christiania Silurbecken», S. 12.
- II Syenit («glimmerführender Hornblendesyenit») vom südlichen Abhang der Blue Mountains, Custer County, Colorado; *L. G. Eakins* bei *Wh. Cross* in *Proceed. Colorado scient. soc.* 5 Déc. 1887.
- III Syenit («Akerit», W. C. Br.) Vettakollen bei Kristiania; *P. Jannasch* bei *O. Lang*; *Nyt Mag. f. Naturv., Christiania*, B. 30, S. 40.
- IV Syenit («Augitsyenit», Laurvikit, W. C. B.; heller Var.); Byskoven bei Laurvik; *A. Merian*, *Neues Jahrb. f. Min. B. B.* III,
- V Syenit («quarzführender Akerit», W. C. Br.); Ramnäs bei Tönsberg; *R. Mauzelius* bei *W. C. Brögger*, *Zeitschr. f. Kryst. B.* 16, I, S. 46.
- VI Syenit («Akerit», W. C. Br.). Foss im Lougenthal; Analyse von *V. Schmelck*, ausgeführt im Auftrag von W. C. Br. (bis jetzt nicht publicirt).
- VII Syenit («Augitsyenit», «Laurvikit», W. C. Br.; dunkler Varietät); Fredriksværn; *G. Forsberg anal.*; bei *W. C. Brögger* l. c. S. 30.

- VIII Syenit («Augitsyenit», «Laurvikit», W. C. Br.); *G. Forsberg* bei *W. C. Brögger* l. c. S. 30.
- IX Syenit («Akerit», W. C. Br.) Vettakollen bei Kristiania; *Th. Kjerulf*, l. c. S. 11.
- X Syenit («augitführender Glimmersyenit», W. C. Br.) Hedrum; anal. von *G. Paijkull* bei *W. C. Brögger* l. c. S. 31.

Gemeinsam für die chemischen Typen der beiden Reihen von Syeniten ist also, in so weit wir dieselben kennen, ein *hoher Alkaligehalt* (ca. 7.5 bis ca. 12 %), welcher jedoch nicht die Höhe derjenigen der Nephelinsyenite (ca. 12.5 bis ca. 16.5 %) erreicht. Ferner dass der *CaO-Gehalt ziemlich niedrig* (durchschnittlich 4 bis 4.5 %) und der MgO-Gehalt noch niedriger (ca. 1.5 bis ca. 2.5 %) ist.

Es verdient bemerkt zu werden, dass reine Kalisyenite, ebenso wenig wie reine Natronsyenite bekannt sind.

Es verdient ferner bemerkt zu werden, dass bei den *Mitteln*, nach Molekularproportionen gerechnet, das Verhältniss der Alkalien zu einander bei den Kalisyeniten der stöchiometrischen Proportion:

$$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} = 0.0343 : 0.0639 \text{ oder beinahe} = 1 : 2$$

entspricht, während bei dem *Mittel* der Natronsyenite:

$$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} = 0.0919 : 0.0408 \text{ oder beinahe} = 2 : 1 \text{ ist.}$$

Diese Proportionen würden fordern in Procenten 2.05 Na_2O und 6.13 K_2O , anstatt wie gefunden 2.13 Na_2O und 6.02 K_2O bei den Kalisyeniten, sowie: 5.38 Na_2O und 4.08 K_2O anstatt, wie gefunden, 5.70 Na_2O und 3.84 K_2O bei den Natronsyeniten.

Es ist überflüssig hervorzuheben, dass diese einfachen Proportionen aus den *Mitteln* berechnet sind; in den einzelnen Fällen, in den Analysen selbst sind die Abweichungen von diesen Proportionen der Mittel oft recht bedeutend, jedoch auch bei diesen auffallend häufig ziemlich einfach:

So sind dieselben bei den Kalisyeniten:

Syenit Reichenstein; $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 7 : 6$

(fordert: 4.80 K_2O , 2.72 Na_2O in Procent,
gefunden: 4.81 — 2.71 —)

Syenit Plauen; $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 7 : 4$

(fordert: 6.57 K_2O , 2.44 Na_2O in Procent,
gefunden: 6.57 — 2.44 — —)

Syenit Biella; $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 7 : 2$

(fordert: 6.67 K_2O , 1.25 Na_2O in Procent.
gefunden: 6.68 — 1.24 — —)

Bei den Natronsyeniten variieren die stöchiometrischen Proportionen von K_2O und Na_2O zwischen 1 : 3 und 2 : 3.

Syenit Vettakollen; $K_2O : Na_2O = 1 : 3$

(fordert: 3.07 K_2O , 6.21 Na_2O in Procent,
 gefunden: 3.05 — 6.25 — —),

Syenit Ramnäs; $K_2O : Na_2O = 2 : 3$

(fordert: 5.31 K_2O , 5.25 Na_2O in Procent,
 gefunden: 5.14 — 5.20 — —).

Wir wollten bei dieser Gelegenheit nur auf diese Proportionen aufmerksam machen, ohne ihre Ursachen und Bedeutung näher zu diskutieren.

Gehen wir jetzt zu den Dioritgesteinen über.

Es findet sich in der petrographischen Litteratur eine sehr bedeutende Anzahl von Analysen als Analysen von Dioriten aufgeführt. Wenn man aber die Masse derselben kritisch durchgeht, findet man bald, dass diejenigen, welche sich thatsächlich auf Diorite beziehen, relativ wenige sind. Es kommt natürlich zuerst darauf an, was man unter Diorit versteht; wenn man sich damit begnügt ungefähr jedes nicht den Ergussgesteinen angehörige, aus Plagioklas und einem dunklen Mineral bestehende Eruptivgestein (abgesehen von Gabbro- und Diabas-Gesteinen) als Diorit zu bezeichnen, dann wird allerdings die Anzahl der Dioritanalysen beträchtlich. Bei einer engeren Definition des Dioritbegriffes stellt sich die Sache anders. Ich definire hier¹ die Diorite als «*mittelsaure abyssische*», eugranitisch struirte, *primäre Eruptiv-Gesteine* mit vorherrschender Zusammensetzung von *Plagioklas und Hornblende-, Glimmer- oder Pyroxenmineralien*. In Übereinstimmung mit dieser Begrenzung sind die in der folgenden Tabelle angeführten Analysen aus dem ganzen mir zugänglichen Materiale von sogenannten Dioritanalysen ausgewählt.

¹ Cfr. *W. C. Brögger*: «Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes I» l. c. S. 93.

Analysen von
(Hornblendedioriten, Glimmerdioriten,

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
SiO ₂	62.80	61.22	59.97	58.05	57.69	57.38	56.72	56.59	56.28
TiO ₂	1.10	0.61	—	1.05	0.03	—	—	0.22	0.84
Al ₂ O ₃	12.94	16.14	16.93	18.00	15.65	16.86	16.90	12.41	14.23
Fe ₂ O ₃	10.57	3.01	2.41	2.49	7.42	2.49	4.14	5.39	4.69
FeO	—	2.58	4.83	4.56	2.41	5.17	6.28	10.28	4.05
MnO	—	NiO .0.09	—	—	Spur	—	—	—	0.16
MgO	2.79	4.21	3.61	3.55	3.10	5.51	4.62	2.02	6.37
CaO	4.99	5.46	5.10	6.17	6.92	7.32	7.25	6.70	7.94
Na ₂ O	2.52	4.48	3.87	3.64	2.33	3.33	4.65	4.27	2.98
K ₂ O	1.27	1.87	1.32	2.18	2.37	1.45	0.63	1.02	1.23
H ₂ O	1.13	0.44	1.60	0.86	1.59	0.42	0.75	1.45	0.93
P ₂ O ₅	—	0.25	—	0.17	0.22	LiO .0.39	—	0.44	0.40
Cl	—	—	—	—	—	0.17	—	—	0.17
SO ₃	—	—	—	0.07	—	0.21	—	—	—
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100.11	100.36	99.64	100.79	99.73	100.70	101.94	100.79	100.27

- I Diorit (quarzführend, gneissartig); von Mésoncles; Anal. von *G. Aichino*, bei *V. Novarese*: Dioriti granitoidi e gneissiche della Valsavarane (Alpi graje), in Boll. d. r. com. geol. d'Italia; 1894, No. 3, S. 14.
- II Diorit; von Electric Peak, Yellowstone; Anal. von *I. E. Whitfield*; bei *I. P. Iddings*: The eruptive rocks of Electric Peak and Sepulcre Mountain; 12 Ann. Rep. of the Un. St. geol. Surv. 1891; S. 627.
- III Diorit (Hypersthendiorit; sog. «Hypersthenquarznorit» biotitführend); von Vildarthal bei Klausen, Tyrol; *Teller und v. Fohn*; Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1882; S. 651.
- IV Diorit; von Electric Peak, Yellowstone; Anal. von *I. E. Whitfield* bei *I. P. Iddings*, l. c.

Dioriten

Augitdioriten, Hypersthendioriten etc.).

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	Mittel	Grösste Diff.	
56.09	55.80	55.34	53.00	52.97	52.35	52.00	56.52		
0.37	—	—	0.57	—	—	—	0.25		
16.03	17.20	16.37	17.19	22.56	15.72	15.75	16.31		
3.12	5.22	0.77	4.78	5.47	2.90	3.55	4.28	} Entspr. 10.94 Fe ₂ O ₃	
4.77	7.13	7.54	5.05	4.03	7.32	12.84	5.92		
—	—	0.40	Spur	—	—	—	0.14		
8.03	2.76	5.05	4.66	2.13	7.36	3.42	4.32		
6.73	6.97	7.51	8.08	7.51	8.98	7.39	6.94		—2.04 +1.95
3.49	3.62	4.06	2.92	2.31	2.81	3.37	3.43	} Summ. 4.87	—1.22 +1.12
1.87	1.23	2.03	1.49	0.44	1.32	1.24	1.44		—0.93 +1.00
0.16	1.23	0.58	1.35	2.24	1.35	0.35	1.03		
—	—	—	0.37	—	—	1.06	0.40		
—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	0.11	—		
100.66	101.16	99.65	99.46	99.66	100.11	101.08	100.98		

V Diorit («Glimmerdiorit»); von Sambo river, Gippsland, Victoria, Australien; *A. W. Howitt* in Trans. of the roy. soc. of Victoria, Mai 1883.

VI Diorit; Electric Peak, Yellowstone; Anal. von *I. E. Whitfield*, bei *I. P. Iddings*, l. c.

VII Diorit (Hypersthendiorit; sog. «typ. Hypersthennorit»); von Oberhofer bei Klausen; *Teller* und *v. Fohn*, l. c. S. 647.

VIII Diorit («Hornblendendiorit»); von Sauk Centre, Minnesota; *A. Streng* und *F. H. Kloos*; Neues Jahrb. f. Min. 1877, S. 227.

IX Diorit; von Electric Peak, Yellowstone; Anal. von *W. H. Melville* bei *I. P. Iddings*, l. c.

X Diorit («hypersthenführender Glimmerdiorit»); von Campo Major, Portugal; *A. Merian*, Neues Jahrb. f. Min. B. B. III (1885), S. 296.

- XI Diorit (Enstatitdiorit; sog. «Enstatitnorit») von Tinnebach bei Verdings, Klausen; *Teller & v. John*, l. c. S. 647.
- XII Diorit (Augitdiorit; sog. «Augitnorit»); von Montrose Point, Hudson river; Anal. von *M. D. Munn* bei *G. H. Williams*; Amer. Journ. 1887, B. 33, S. 193.
- XIII Diorit («quarzführender Diorit»); von Schwarzenberg, Vogesen; Anal. von *Unger* bei Rosenbusch; Die Steiger Schiefer etc. S. 334.
- XIV Diorit («pyroxenführender Quarzdiorit»); vom Birkenauer Thal, Odenwald; Anal. von *W. B. Rising* bei *S. W. Benecke* und *E. Cohen*: Geogn. Beschreibung der Umgegend von Heidelberg», S. 80.
- XV Diorit («Augitdiorit») von Little Falls, Minnesota, *Streng & Kloos*, l. c.
- XVI Diorit («Augitdiorit»); von Richmond, Minnesota ib.

Die Grenze des SiO_2 -Gehaltes ist in den für die Tabelle ausgewählten Analysen nach oben bei ca. 63%, nach unten bei ca. 52% gesetzt; saurere Gesteine sind gewöhnlich schon Übergangsgesteine zu typischen Quarzdioriten. Basischere Diorite sind nicht ganz selten; von brauchbaren Analysen liegen aber aus neuerer Zeit nur wenige vor; gewöhnlich ist bei grösserer Basisität der Gehalt an CaO , MgO und Eisenoxyden schon so beträchtlich, dass der Gesteinstypus schon der Gabbrofamilie, nicht der Dioritfamilie angehört. Das aus den Analysen der Tabelle berechnete Mittel ist somit wahrscheinlich ein klein wenig zu sauer, um eine durchschnittliche Dioritzusammensetzung auszudrücken, ein Unterschied, welcher jedoch nicht viel ausmachen kann.

Bei der Auswahl der Analysen für die beigefügte Tabelle sind, soweit möglich, nur eugranitische, abyssische Gesteine von genügender Frische berücksichtigt; Analysen von dioritischen Gesteinen, welche ausdrücklich als ganz feinkörnige Gesteine, als Ganggesteine (oder Faciesbildungen) angegeben wurden, sind deshalb nicht mitgenommen, ebenso wie auch Analysen mit beträchtlich mehr als 2 Procent Glühverlust unberücksichtigt sind. Dass ferner die zahlreichen, in *Roths* Tabellen unter Diorit angeführten älteren Analysen von Kersantiten, Porphyriten etc. (ebenso wie ein Paar ältere unsichere, stark abweichende Analysen) ausser Acht gelassen wurden, versteht sich von selbst.

Auf der anderen Seite ist, wie man sieht, eine Anzahl Analysen von Gesteinen, welche als «Norite» beschrieben sind, mitgenommen, weil sie nach meiner Auffassung in die Dioritreihe hineingehören; es ist nach meiner Ansicht nicht hinreichend, um ein abyssisches Gestein als Norit zu bezeichnen, dass Plagioklas und ein rhombischer Pyroxen die Haupt-

mineralien sind. Die echten Norite sind nämlich nach ihrem chemischen Typus *basische*, CaO-reiche und Alkali-arme Gesteine, gehören also der Gabbrofamilie, nicht der Dioritfamilie an. Ich bezeichne diese Gesteine als Hypersthendiorite resp. Enstatitdiorite etc.

Selbst bei dieser begrenzten Auswahl von Analysen von Dioritgesteinen hätte ich wohl noch die eine oder die andere am besten weglassen sollen; sowie dieselbe vorliegt, dürfte sie jedoch so ziemlich die verschiedenen Abzweigungen des Diorittypus repräsentiren, und das berechnete Mittel (abgesehen von dem vielleicht etwas zu hohen SiO₂-Gehalt) ziemlich genau das Charakteristische einer mittleren Dioritzusammensetzung ausdrücken. — —

Nach der oben mitgetheilten Revision der Analysen der Monzonite, der Natronsyenite, der Kalisyenite und der Diorite liegt uns nun ein einigermaassen genügendes Material vor, um einen näheren Vergleich dieser Typen durchzuführen. Zum leichteren Überblick sind die oben berechneten Mittel der genannten vier Hauptgruppen nebeneinander zusammengestellt.

Vergleichende Zusammenstellung der berechneten Mittelwerthe der Analysen von Kalisyeniten, Natronsyeniten, Monzoniten (von Predazzo) und Dioriten:

	Kalisyenite	Natronsyenite	Monzonite	Diorite
SiO ₂	60.57	58.32	55.88	56.52
TiO ₂	0.53	0.54	(nicht best.)	0.25
Al ₂ O ₃	15.85	18.23	18.77	16.31
Fe ₂ O ₃ (FeO, MnO).	8.23	7.16	8.20	11.09
MgO	2.59	1.31	2.01	4.32
CaO	4.44	4.12	7.00	6.94
Na ₂ O	2.13	5.70	3.17	3.43
K ₂ O	6.02	3.84	3.67	1.44
H ₂ O	1.06	1.02	1.25	1.03
P ₂ O ₅	(0.58)	0.54	(nicht best.)	0.40

8.61

9.54

6.84

4.87

Die Quotientzahlen der vier verschiedenen Hauptgruppen sind für CaO , Na_2O und K_2O die folgenden:

	Kalisyenite	Natronsyenite	Monzonite	Diorite
CaO	0.0793	0.0736	0.1250	0.1239
Na_2O	0.0343	0.0919	0.0511	0.0552
K_2O	0.0639	0.0408	0.0390	0.0153
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$.	0.0982	0.1327	0.0901	0.0705

Das Verhältniss von $\text{CaO} : (\text{Na}_2\text{O} \text{ und } \text{K}_2\text{O})$ ist demnach (nach Molekularverhältnissen gerechnet):

	<i>Mittel</i>	<i>Äussere Grenzwerte</i>
Kalisyenite	0.80 : 1	0.72 : 1 bis 0.89 : 1
Natronsyenite	0.55 : 1	0.37 : 1 bis 0.74 : 1
Monzonite	1.38 : 1	0.91 : 1 bis 2.11 : 1
Diorite	1.76 : 1	1.05 : 1 bis 3.20 : 1

Diese Zusammenstellung zeigt hinreichend überzeugend, wie sich die chemischen Typen der verglichenen Gruppen zu einander verhalten, und namentlich wie der chemische Typus der Monzonite eine Zwischenstellung zwischen denjenigen der Syenite einerseits und der Diorite andererseits einnimmt.

Die Grösse des SiO_2 -Gehalts ist bei diesem Vergleich zwar in sofern gleichgültig, als es sowohl Monzonite als Diorite giebt, welche ebenso sauer wie die typischen Syenitgesteine der Kalireihe oder der Natronreihe sind; wir müssen ja hier bedenken, dass sowohl die Syenitgesteine als die dioritischen Gesteine durch quarzreichere Glieder continuirlich fortsetzen, die ersteren durch Quarzsyenite in die Granite, die letzteren durch quarzarme Quarz-Diorite in typische Quarzdiorite; eine scharfe Grenze kann in keiner dieser Serien fixirt werden. Trotzdem ist es gewiss bezeichnend, dass die typischen Kalisyenite in der Regel etwas saurere Gesteine sind, so dass basischere Glieder hier sogar meines Wissens nicht analysirt sind und jedenfalls nur selten als echte

abyssische Gesteine vorkommen dürften (von gangförmigen, feinkörnigen Gesteinen ist in dieser ganzen Darstellung abgesehen).

Der *Thonerdegehalt* ist bei allen diesen Gruppen hoch (ohne die gewöhnliche Grösse bei den Nephelinsyeniten oder bei gewissen an Magnesia und Eisenoxyden armen Gabbrogesteinen zu erreichen), durchschnittlich nicht sehr verschieden; die Monzonite nähern sich hier am meisten den Natronsyeniten.

Der Gesamtgehalt an *Eisenoxyden* ist bei den Syeniten beider Reihen durchschnittlich geringer als bei den Dioriten; die Monzonite stehen ungefähr in der Mitte. Der Unterschied ist jedoch nicht bedeutend.

Der *MgO*-Gehalt ist wohl bei den Dioriten durchschnittlich höher, als bei den anderen Gruppen; der Unterschied ist jedoch nur gering und Ausnahmen fehlen nicht.

Sehr bezeichnend ist das Verhalten des *CaO-Gehaltes* und des *Alkali-gehaltes*. Bei den Syeniten ist der CaO-Gehalt relativ gering, der Alkali-Gehalt hoch, bei den Dioriten umgekehrt der CaO-Gehalt höher, der Gesamt-Gehalt an Alkalien geringer. Die Monzonite stehen hier wieder in der Mitte; was den CaO-Gehalt betrifft, stimmen sie nämlich offenbar nahe überein mit den Dioriten; dagegen ist der Gesamt-Gehalt an Alkalien durchschnittlich grösser als bei den Dioriten, obwohl im Mittel nicht so gross als bei den Syeniten. Es ist hier ferner bezeichnend, dass der *N₂O*-Gehalt ungefähr mit demjenigen der Diorite übereinstimmt, der *K₂O*-Gehalt dagegen bedeutend grösser als bei diesen und durchschnittlich ungefähr wie bei den Natronsyeniten ist, dagegen gewöhnlich geringer als bei typischen Kalisyeniten, während umgekehrt die Grösse des *Na₂O*-Gehaltes sich mehr dem durchschnittlichen Werth desselben bei diesen nähert. Die Tabelle über die Molekularproportionen für CaO (*Na₂O* + *K₂O*) bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Dieser Vergleich zeigt somit unzweideutig, dass die Monzonite in *chemischer* Beziehung sich weder wie Syenitgesteine noch wie Diorite verhalten, *sondern dass sie eine Mittelstellung zwischen beiden einnehmen*. Sie verhalten sich als eine chemisch gut charakterisirte *Zwischengruppe* (*Übergangsgruppe*) und besitzen als solche eine unverkennbare Selbständigkeit, welche durch eine besondere Benennung fixirt werden muss. Die typischen Gesteine am Monzoni und Predazzo sind auch, was die Mineralienzusammensetzung und Structur betrifft, nicht Syenite, sie sind auch nicht Diorite (oder Diabase, Gabbro's etc.), sondern sie sind *Monzonite*, sie bilden eine gut charakterisirte besondere Gesteinsgruppe, welche eben dadurch ausgezeichnet ist, dass sie eine Zwischenstellung zwischen den alkalireichen Orthoklasgesteinen einerseits und

den CaO-reicheren, alkaliärmeren Plagioklasgesteinen andererseits einnimmt. Die Monzonite sind — wie oben hervorgehoben — schärfer präzisirt *Orthoklas-Plagioklas-Gesteine*.

Unter den ziemlich zahlreichen mitgebrachten verschiedenen Gesteinstypen von Monzoni und Predazzo habe ich auch kein einziges Gestein vorgefunden, welches ich mit einigem Recht als Syenit (Augitsyenit) bezeichnen könnte; dazu sind sie alle zu reich an Plagioklas. Dagegen habe ich darunter einige Proben gefunden, welche, obwohl nicht sehr typisch, doch wohl noch als Diorit (Augitdiorit) gelten können; doch ist auch bei diesen der neben dem Plagioklas auftretende Orthoklas-Gehalt in der Regel jedenfalls auffallend gross.¹ Ich will damit gar nicht behaupten, dass sowohl Augitsyenite als typische Augitdiorite etc. bei Monzoni und Predazzo durchaus fehlen. Was ich bestimmt behaupte, ist nur, dass die *herrschenden Typen* bei Monzoni und Predazzo weder Syenitgesteine noch Dioritgesteine, sondern eben *Monzonite*, also nach der hier gegebenen Definition: *Orthoklas-Plagioklasgesteine* sind.

Wie wir nun innerhalb der Serien der Natronsyenite und der Kalisyenite, sowie auch innerhalb der Serie der Diorite theils Glieder mit vorherrschendem Pyroxen unter den dunklen Mineralien kennen, theils solche mit überwiegendem Gehalt an Hornblende oder Biotit, theils auch Glieder, bei welchen zwei oder drei dieser Eisensilikate reichlich zusammen auftreten, so finden wir auch bei den Monzoniten bald Varietäten mit vorherrschendem Biotit, bald — und das ist das gewöhnliche — solche mit vorherrschendem Pyroxen, seltener auch solche, bei denen ein Hornblendemineral sich unter den dunklen Silikaten geltend macht. Gewöhnlich finden sich aber bei den Monzoniten Biotit, Hornblende und Pyroxen-Mineralien zusammen. Welche der Eisensilikate vorherrschend sind, lässt sich kaum ohne weiteres aus der chemischen Zusammensetzung allein schliessen.

Gesteine, welche dem chemischen Typus der Monzonite entsprechen (also mit ca. 50 bis ca. 62 Procent SiO_2 , ca. 15 bis 20 Al_2O_3 , ca. 5 bis 10 Eisenoxyde, ca. 1.5 bis 3 MgO , ca. 6 bis 8 CaO , ca. 6 bis 8 Alkalien, ungefähr in gleicher Menge Na_2O und K_2O), sind auch ausserhalb des südöstlichen Tyrols bekannt. So nähert sich unter basischen Typen das Gestein von Dignæs am Tyrifjord, welches trotz seines SiO_2 -Gehaltes

¹ Es muss hier wohl bedacht werden, dass oben bei der Begrenzung der Monzonite die basischeren bei Monzoni und Predazzo auftretenden Gesteine der Gabbrofamilie (namentlich auch die extremen Glieder, wie die Pyroxenite etc.), welche selbstverständlich alle arm an Orthoklas oder ohne ihn sind, nicht in unseren Monzonitbegriff einbefasst sind.

von nur 49.25 Procent noch reichlich Orthoklas führt, den Monzoniten auch seinem Habitus und seiner Zusammensetzung nach in hohem Grade und muss geradezu als ein basischer Monzonit bezeichnet werden (Olivin-Monzonit).¹

Der Pyroxensyenit von Gröba, Sachsen, wird von *Klemm* ebenfalls geradezu mit den Monzoniten zusammengestellt.² Ich habe selbst Dünnschliffe dieses Vorkommens untersucht und eine vollkommene Übereinstimmung mit typischen Monzoniten gefunden. Die von *Benecke* und *Cohen*³ beschriebenen «Syenite» von Wehling bei Ober-Flockenbach (Analyse von *A. Nietzsche*) und vom wässrigen Weg bei Grossachsen, Odenwald (Analyse von *Beck*) werden ausdrücklich als Facies von Dioriten charakterisirt («das entschiedene Vorherrschen von orthoklastischem Feldspath verhindert die Einreihung dieser Gesteine bei den Dioriten» etc.). Infolge ihres Auftretens als feinkörnige Faciesbildungen unterscheiden sie sich übrigens durch ihren Reichthum an dunklen Mineralien (entsprechend auch durch niedrigeren Gehalt an Al_2O_3 , höheren Gehalt an Eisenoxyden) von echten Monzoniten. Auch unter saureren Gesteinstypen finden wir analog den Monzoniten zusammengesetzte Zwischentypen zwischen Dioriten und Syeniten; beispielsweise kann hier das bekannte Gestein vom Hodritscher Thal bei Schemnitz erwähnt werden. *K. v. Hauer* beschrieb⁴ (und analysirte) ein Gestein von dieser Lokalität als Syenit, neuere Verfasser haben dasselbe gewöhnlich zu den Dioriten («Augitdioriten», «Banatiten» etc.) gerechnet.⁵ Das Hodritscher Gestein ist nun zwar oft vorherrschend ein Plagioklas-Gestein, ist aber, so viel mir bekannt, doch immer reich an Orthoklas und die Analyse *Hauer's* beweist deutlich den Monzonitcharakter als eine Zwischentypus zwischen Syenit und Diorit; ein Vergleich der Analyse desselben (siehe unten) mit dem Mittel der Kalisyenite und der Natronsyenite zeigt sofort den höheren CaO-Gehalt und den geringeren Gesamtgehalt an Alkalien.

Von Dolanky, zwischen Prag und Kralup, beschrieb *E. Boricky*⁶ einen «dioritischen Quarzsyenit», welcher ebenfalls eine Zwischenstellung zwischen Syenit und Diorit einnehmen sollte; die Analyse (von *B. Plaminek*)

¹ *W. C. Brögger*: «The eruptive rocks of Gran», Quarterly Journ. of the Geol. Society. Febr. 1894. S. 19.

² Siehe *Klemm*: Section Riesa-Strehla (1889); Geol. Unters. Sachsens, Analyse *Wolfrum*.

³ Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. Strasburg 1879, S. 92—93.

⁴ *K. v. Hauer*. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1867, S. 82.

⁵ Siehe hierüber z. B. *H. Rosenbusch*. Mikr. Phys. 2. Aufl. II. S. 118.

⁶ *Tschermack's* Min. & petr. Mitth. B. II, S. 78 (1880).

gab: SiO_2 58.46, Al_2O_3 14.38, Fe_2O_3 3.75, FeO 6.67, MnO 0.36, MgO 1.59, CaO 5.24, Na_2O 1.33, K_2O 3.40, CO_2 3.24, H_2O 2.03, Summa 100.45. Diese Zusammensetzung sollte nach *Boricky's* Untersuchung folgender Mineralienmischung entsprechen: $30\frac{1}{2}\%$ Quarz, 20% Orthoklas, 17% Andesin, 15% Chlorit, $7\frac{1}{2}\%$ Calcit, $5\frac{1}{2}\%$ Magnetit und $3\frac{1}{2}\%$ Kaolin. Das Gestein ist somit sehr stark zersetzt, so dass die ursprüngliche Zusammensetzung nicht sicher ermittelt werden kann; auch bildet das Vorkommen keine grössere Masse, nur 1 bis 4 Meter mächtige intrusive Lagergänge.

Hier kann auch das von *H. Traube* analysirte und beschriebene Gestein von dem niederschlesischen Eruptivgebiet aus einer Lokalität zwischen Nieder-Hannsdorf und Neudeck erwähnt werden.¹ Die Analyse gab: SiO_2 62.69, TiO_2 1.22, Al_2O_3 12.77, Fe_2O_3 3.22, FeO 4.79, MnO 0.60, MgO 3.09, CaO 5.02, Na_2O 2.39, K_2O 3.63, H_2O 1.06, Sum 100.49. Das Gestein besteht aus Orthoklas, Plagioklas (reichlich), Augit, Hornblende, Glimmer etc.

Unter den Gesteinen von Little Falls, Minnesota, erwähnte *Streng* und *Kloos* (l. c. S. 50) ganz speciell auch eine Varietät von «Augitdiorit», welche sich von den übrigen ebendasselbst vorkommenden Gesteinen in mehreren Beziehungen stark unterscheidet. Dies Gestein besteht aus Plagioklas und Orthoklas, reichlich Diallag mit Hornblendeumrandung und selbständig auskrystallisirter Hornblende, Biotit in zahlreichen Blättchen, ein wenig Quarz und sehr wenig Magnetit oder Titanisen; Apatit etc. Die Verfasser bemerken, dass dies mittelkörnige Gestein durch seinen hohen SiO_2 -Gehalt (56.49) und verhältnissmässigen Reichthum an Quarz, seinen Gehalt an Kali und *Orthoklas neben dem Plagioklas* etc. sich von den übrigen Augitdioriten von Little Falls entfernt; es steht «durch seinen Reichthum an Diallag dem Hornblende-Gabbro, durch seinen Gehalt an Quarz den Augit-Quarz-Dioriten, durch seinen Gehalt an Quarz und Orthoklas aber den syenitischen Gesteinen nahe; *man könnte deshalb versucht sein, es von den Augit-Dioriten loszulösen als ein besonderes Gestein, welches in der Mitte stünde zwischen Syenit und Gabbro*».

Also wieder ein Beispiel eines derartigen Zwischengliedes, dessen Einordnung bei der bis jetzt üblichen Systematik ohne besondere Namen für Übergangsgruppen Schwierigkeit machen musste.

Es könnten hier noch andere Beispiele von Übergangsgliedern zwischen Alkalifeldspathgesteinen und Plagioklasgesteinen angereicht

¹ Neues Jahrb. f. Min. 1890, I, S. 219—220.

werden, so z. B. das von *Cossa* (Boll. 1881) als «Gabbro» beschriebene und analysirte Gestein von Ivrea in Piemont, einige der von *Lossen* beschriebenen Übergangsglieder zwischen Granitit und Gabbro oder zwischen Hornblendegranit und Diorit vom Harz (siehe *Lossen* und *Streng*, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1880), eine Anzahl der von *Irving* («The copper bearing rocks of Lake superior» U. S. G. Surv. Mon. V, 1883) beschriebenen Orthoklasgabbros, verschiedene schwedische Vorkommen von Orthoklas-reichen Plagioklasgesteinen, so namentlich das merkwürdige Gestein vom See Smålingen bei Bjusås, nördlich von Fahlun, welches ich in Handstücken, die ich von Herrn Lektor Dr. *A. E. Törnebohm* erhalten habe, studiren konnte. Die Anzahl der Beispiele könnten noch bedeutend vermehrt werden, die schon angeführten dürften aber wohl genügen um zu zeigen, dass derartige Vorkommen keineswegs allzu selten sind.

Einige der hier erwähnten Gesteine sind so reich an Eisenoxyden und MgO, und relativ ärmer an Alkalien überhaupt und namentlich an K_2O , dass sie sich als Übergangsglieder zwischen Gesteinen der Alkalifeldspath- und der Plagioklas-kategorie eher den Gabbrogesteinen als den Dioritgesteinen anschliessen. Andere entsprechen aber, obwohl ganz basisch, noch den Monzoniten ziemlich genau.

Dies ist zum Beispiel der Fall mit dem eben erwähnten, interessanten Gestein von Smålingen, nördlich von Fahlun, welches ich schon vor vielen Jahren als mit den Monzoniten verwandt hervorgehoben hatte.¹ Es scheint mir passend, diese Gelegenheit zu benutzen, um mit einigen Worten auf die Verhältnisse dieser merkwürdigen Gesteinsgattung aufmerksam zu machen.

Das Gestein besteht aus einem ziemlich grobkörnigen Gemenge von Plagioklas (Labrador und Andesin) in kleinen divergentstrahligen, nicht sehr regelmässigen Tafeln, Pyroxen in grossen, zum Theil ziemlich idiomorph begrenzten Krystallen von oft $\frac{1}{2}$ bis 1 cm. Grösse, reichlich Olivin, Eisenerz (Magnetit) mit Umkränzungen von meistens radialstrahligem rothbraunem Biotit, Apatit zum Theil in grossen Krystallen, und endlich reichlich Orthoklas als letzte Bildung zum Theil über grössere Partien der Präparate einheitlich auslöschend, die übrigen Mineralien, namentlich die Plagioklastafeln poikilitisch verkittend und einschliessend. Die Krystallisationsfolge ist die folgende gewesen: Apatit; Eisenerz mit Biotitkränzchen, Olivin, nur hypidiomorph begrenzt; Pyroxen und Plagioklas, nur theilweise hypidiomorph, zum grossen Theil gleichzeitig;

¹ In einer Vorlesung an der Hochschule von Stockholm 10. November 1888.

dann schliesslich nach einem Spatium reichlich Orthoklas als letzte Bildung.

Die Mineralien sind, abgesehen vom Orthoklas, dieselben wie in dem von *Törnebohm* als *Åsbydiabas* beschriebenen *Olivingabbrodiabas*, welcher in *Dalarne*, *Herjeådalen*, *Ångermanland*, *Gestrikland* etc. in Schweden theils als mächtige Gänge, theils als Lagergänge (Decken?) im *Dalсандstein* etc. so verbreitet ist;¹ auch die speciellen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Mineralien, so wie sie von *Törnebohm* bei seinem typischen *Åsbydiabas* beschrieben sind, finden wir bei dem Gestein von *Smålingen* zum Theil wieder, so dass eine nahe Verwandtschaft wohl wahrscheinlich ist.

Da das Gestein von *Smålingen* mir von ungewöhnlichem Interesse schien, liess ich im Laboratorium des Herrn *L. Schmelck* eine Analyse desselben ausführen; diese ergab die folgende Zusammensetzung (I). Zum Vergleich ist die ältere Analyse des *Åsbydiabas* von *Tiberget* (N.W. von *Venjan* in *Dalarne*, Schweden) durch *H. Santesson* nebenbei angeführt (II).

	I	II
SiO ₂	50.35	45.31
TiO ₂	0.30	(nicht best.)
Al ₂ O ₃	15.76	24.11
Fe ₂ O ₃	2.32	8.24
FeO	7.30	6.47
MnO	0.35	—
MgO	7.40	4.49
CaO	10.12	8.08
Na ₂ O	2.75	} 6.64
K ₂ O	3.89	
H ₂ O (Glühverlust)	0.45	0.70
P ₂ O ₅	0.39	—
	101.38	99.23

Da die Zusammensetzung der einzelnen im Gestein eingehenden Mineralien nicht näher bekannt ist, lässt sich die Analyse nicht gut berechnen. Eine ganz approximative Berechnung führt auf:

¹ Cfr. *A. E. Törnebohm*: «Om Sveriges viktigare Diabas och Gabbro-Arter», Kgl. Sv. Vet. Akad. Handl. B. 14, No. 13, S. 12 ff.

ca. 33	Procent	Kalknatronfeldspath	(durchschnittlich Andesin).
20	—	Orthoklas.	
25	—	Pyroxen.	
12	—	Olivin.	
6	—	Biotit.	
3	—	Magnetit.	
1	—	Apatit etc.	

Der Kalifeldspathgehalt ist, wie man sieht, für ein so basisches Gestein ein ungewöhnlich hoher, was sich schon durch die Beobachtung unter dem Mikroskop ergab.

Das Gestein von Smålingen muss (wie dasjenige von Dignäs) als ein *Olivin-Monzonit* bezeichnet werden; es scheint dieser Typus zu den seltneren zu gehören.

Was die chemische Zusammensetzung des Olivin-Monzonits von Smålingen betrifft, vergleiche man ferner diejenige der basischen Grenzfaciesbildungen des Monzonits von Predazzo, worüber weiter unten.

Noch ein Vorkommen, welches in gewissen Beziehungen als ein sicher tertiäres Tiefengestein «mit einem Contacthof von mehr als 800 Meter radialer Ausdehnung» ungewöhnliches Interesse darbietet, das bekannte Vorkommen des sogenannten «Dolerits» von *Rongstock* im Böhmischem Mittelgebirge kann hier angereicht werden. Es ist sehr bezeichnend, dass die ersten Untersucher *Reuss*¹ und *Fokely*² das Gestein als *Syenit* beschrieben. *Hibsch*³ charakterisirte dasselbe als ein «postcretaceisches» Basaltgestein und bezeichnete es vorläufig als «Dolerit»; *Lossen*⁴ meinte, dass es als ein echtes Tiefengestein dem *Augitdiorit* oder dem Gabbro näher stehe als dem Dolerit.

Das Gestein besteht nach *Hibsch* der Altersfolge nach aus Eisen-erzen und Apatit, dann Titanit, (sehr selten Olivin), Augit und Biotit, untergeordnet corrodirt Hornblende; dann zwischen diesen Gemengtheilen Plagioklas. Orthoklas und Quarz wurden zuerst als fehlend angegeben.

¹ *A. E. Reuss*. Geognostische Skizzen von Böhmen. 1840. S. 19 ff.

² *J. Fokely*. «Das Leitmeritzer vulcanische Mittelgebirge in Böhmen». Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1858, B. 9. S. 430.

³ *J. E. Hibsch*. «Der Doleritstock und das Vorkommen von Blei- und Silbererzen bei Rongstock im böhmischen Mittelgebirge»; Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1889, S. 204 ff.

⁴ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. B. 42, 1890; S. 366—369.

In einer neueren Mittheilung, in welcher auch eine chemische Analyse des Gesteins (ausgeführt von *F. Pfohl*) geliefert wird,¹ giebt *Hibsch* aber an: «das Gestein ist reicher an Orthoklas als es ursprünglich erschien, zumal in mancher Grenzfacies. Dieses Mineral und der Biotit bedingen den relativ hohen Kaligehalt der Analyse».

Die Analyse zeigt, trotz des niedrigen SiO_2 -Gehalts (50.50 %) eine unzweifelhafte Annäherung an die Zusammensetzung der Gesteine der Monzonitserie, wie namentlich auch aus dem Vergleich mit der Analyse des Gesteins von Smäligen hervorgeht. Eine Suite von Handstücken, welche von Professor *J. H. L. Vogt* eingesammelt und der Gesteinssammlung der Universität Kristiania geschenkt war, erlaubte mir durch makroskopische und mikroskopische Untersuchung die nahe Verwandtschaft des Gesteins vom Rongstock mit den Monzoniten zu bestätigen. In der That sind einzelne Varietäten auch — abgesehen von der grösseren Frische der Rongstocker Stufen — mit Proben von der Malgola dem äusseren Ansehen nach sehr nahe übereinstimmend.

Wenn die Angabe von *Hibsch*, dass Orthoklas ziemlich reichlich auftritt, richtig ist, wäre auch kein Grund dazu, das Gestein der orthoklasreicheren Varietäten nicht unter die Monzonite einzureihen; denn das postcretaceische Alter kann natürlich an und für sich nicht einen besonderen Namen rechtfertigen, wenn die Übereinstimmung des völlig holokrystallinen eugranitischen Gesteins sich nur durch etwas grössere Frische von den echten typischen Monzonite unterscheidet. Die Beschaffenheit des Pyroxens und noch mehr des oft reichlich vorhandenen Biotits sowie die Structur erinnert auch sehr an manche Monzonite.

Doch kann ich nicht unterlassen die Bemerkung hinzuzufügen, dass bei den *mir* zugänglichen Proben des Gesteins von Rongstock das zuletzt zwischen den dunklen Mineralien und den Plagioklasleisten auskrystallisirte, als Mesostasis auftretende Mineral jedenfalls zum Theil *Nephelin* ist, was von *Hibsch* nicht erwähnt wurde. Dies Mineral findet sich zwar nur in geringer Menge (wie gewöhnlich stark in Zersetzung begriffen) in meinen Dünnschliffen und gehört vielleicht nur gewissen Varietäten? Doch ist auch in der von *Hibsch* veröffentlichten Analyse der Na_2O -Gehalt für ein Monzonit-Gestein ungewöhnlich hoch und deutet an und für sich auf einen *Nephelin*-Gehalt.

¹ *Tschermaks* min. & petr. Mitth. B. 14, 1894; S. 98—99, Die Analyse gab: SiO_2 50.50, TiO_2 1.91, Al_2O_3 17.64, Fe_2O_3 5.41, FeO 4.02, MgO 3.33, CaO 7.91, Na_2O 5.52, K_2O 3.02, H_2O 0.45, P_2O_5 0.92, Summa 100.63. — Im Vergleich mit der Analyse des Olivin-Monzonits von Smäligen ist somit wesentlich der höhere Gehalt an Na_2O , der geringere an MgO und CaO zu bemerken.

Das Gestein von Rongstock scheint deshalb jedenfalls in gewissen Varietäten ein Übergangsgestein' zwischen Monzonit oder Augitdiorit einerseits und Theralit andererseits zu bilden; der Nephelingehalt scheint nämlich zu gering um das Gestein zu den Theraliten selbst zu rechnen. Das Gestein scheint in gewissen Varietäten ungefähr dieselbe Stellung zu den Monzoniten einzunehmen, wie der typische nephelinführende Laurvikit zu den nephelinfreien Augitsyeniten, ist also ein nephelinführender Monzonit. Seinem äusseren Habitus nach stehen nämlich selbst die nephelinführenden Varietäten jedenfalls den Monzoniten recht nahe, und schien mir deshalb die Verwandtschaft des interessanten Gesteins von Rongstock mit den Monzoniten immerhin der Erwähnung werth.

Es verdient gelegentlich des Vorkommens von Rongstock schliesslich noch bemerkt zu werden, dass wie bei Predazzo und bei Dignäs in Norwegen in seiner Gefolgschaft camptonitische Ganggesteine auftreten (tertiäre Camptonite).

Endlich muss auch nebenbei die interessante Thatsache erwähnt werden, dass nach den von *Hibsch* (l. c.) mitgetheilten Analysen die Zusammensetzung mancher *Leucit-Tephrite* mit dem aus derselben Gegend bekannten Rongstock-Monzonit nahe übereinstimmt (cfr. die Analyse des Leucit-Tephrits vom Eichberg bei Halmdorf mit der Analyse des Monzonits vom Rongstock).

Die folgende Tabelle (S. 50) zeigt die Zusammensetzung einiger derartiger sich den typischen Monzoniten anschliessenden Gesteine, welche wie diese sich als Zwischenglieder zwischen den Alkalifeldspathgesteinen und den Kalknatronfeldspathgesteinen einschieben.

Das Mittel stimmt ziemlich gut mit demjenigen der Predazzogesteine; der relativ höhere Gehalt an Eisenoxyden und Magnesia, sowie andererseits der entsprechend niedrigere Gehalt an Thonerde rührt, wie man sieht, grösstentheils von dem schon oben erwähnten abweichenden Verhältniss der Odenwalder Gesteine her.

Das Gestein von Dignäs ist schon so basisch, dass es an der Grenze gegen eine noch basischere Reihe liegt; das Gestein von Smäligen ist ziemlich nahe ebenso basisch, muss aber doch noch der Gesteinsgruppe der Monzonite angereiht werden können, indem auch bei diesem Gestein der die Monzonite im Vergleich mit dem chemischen Typus der Gabbrogesteine charakterisirende hohe Gehalt an Alkalien vorhanden ist.

Die Quotientzahlen für das Mittel dieser mit den Monzoniten wahrscheinlich zusammenzustellenden Gesteine der Tabelle S. 50 sind:

	Hodritsch; Ungarn.	Blansko; Mähren. ¹	Little Falls; Minnesota.	Wässriger Weg; Odenwald.	Wehling; Odenwald.	Gröbä; Sachsen.	Rosstrappe; Harz. ²	Olivin-Monzonite.		Mittel (II).
								Smålingen b. Falun.	Dignäs; Norwegen.	
SiO ₂	61.73	61.72	56.49	55.43	52.14	51.71	51.07	50.35	49.25	54.43
TiO ₂	—	—	—	—	—	—	—	0.30	1.41	(0.85)
Al ₂ O ₃	17.45	13.57	17.99	12.94	15.37	19.83	22.12	15.76	16.97	16.88
Fe ₂ O ₃	—	—	3.51	14.94	6.83	6.17	—	2.32	15.21	10.43
FeO	5.94	7.6	3.72	—	3.35	3.38	9.28	7.30	—	—
MnO	—	0.33	—	—	—	0.48	—	0.35	—	0.38
MgO	2.29	3.33	4.01	2.41	6.62	4.27	2.09	7.40	3.00	3.93
CaO	4.52	5.88	6.64	6.41	6.54	7.49	6.11	10.12	7.17	6.77
Na ₂ O	3.12	3.12	4.49	3.11	3.38	4.64	4.11	2.75	4.91	3.74
K ₂ O	3.88	3.37	3.20	3.20	4.43	2.59	3.25	3.89	2.01	3.31
H ₂ O	1.16	0.95	1.14	2.61	2.15	0.27	1.21	0.45	0.30	1.24
P ₂ O ₅	—	—	0.18	—	—	0.71	—	0.39	0.76	0.52
	100.09	99.43	101.37	101.05	100.85	101.54	99.24	101.38	100.99	

¹ Streng Pogg. Ann. B. 90, (1853), S. 135; mit diesem Gestein kann seiner chemischen Zusammensetzung nach auch das von *Trarbe* (l. c. siehe oben) analysirte Gestein von Hannedorf, Niederschlesien (mit SiO₂ 62.69, TiO₂ 1.22, Al₂O₃ 12.77, Fe₂O₃ 3.22, FeO 4.79, MnO 0.60, MgO 3.09, CaO 5.02, Na₂O 2.39, K₂O 3.63, H₂O 1.06) zusammengestellt werden.

² Analyse von *Fuchs*; Neues Jahrb. f. Min. 1862, S. 812 und 854. Nach *Fuchs* mit ca. 55 % Feldspäthen, ca. 45 % Hornblende. Von dieser jedoch ein Theil durch wenig Glimmer ersetzt; auch etwas Quarz. An der Rosstrappe mit Granit verbunden.

CaO	0.1209
Na ₂ O	0.0603
K ₂ O	0.0352
Na ₂ O + K ₂ O	0.0955

also: *Mittel* *Äussere Grenzwerthe*
 CaO : (Na₂O + K₂O) 1.26 : 1; 0.98 : 1 bis 2.10 : 1.

Oben für die typischen Monzonite von Monzoni und Predazzo gefunden:

CaO : (Na₂O + K₂O) 1.38 : 1; 0.91 : 1 bis 2.11 : 1.

Die chemische Zusammensetzung liegt somit jedenfalls für die Proportionen: CaO : Na₂O : K₂O innerhalb der Grenzwerthe der typischen Monzonite, und ist bei den meisten angeführten Beispielen auch für die übrigen Bestandtheile so nahe übereinstimmend, dass ein wesentlicher Unterschied nicht nachgewiesen werden kann. Der hohe Gehalt an Fe-Oxyden bei dem Gestein von Dignäs und von Fe-Oxyden und MgO bei dem Gestein von Smäligen, welcher vom Eintreten des *Olivins* als wesentlicher Bestandtheil (auch bei Monzoniten von Monzoni findet sich, obwohl spärlich, Olivin bei den basischeren Gliedern, und selbst bei den norwegischen Laurvikiten findet sich noch oft recht reichlich Olivin) begleitet ist, hängt ganz natürlich mit der relativ grossen Basisität dieser Gesteine zusammen.

Als Mittel sämmtlicher Analysen der typischen Monzonite von Monzoni und Predazzo sowie der mit diesen zusammengestellten Gesteine aus anderen Vorkommen wäre dann die chemische Zusammensetzung der als *Monzonite* abgegrenzten Gesteine die folgende:

	Mittel (III)	Grenzwerthe
SiO ₂	54.90	61.73 bis 49.25
TiO ₂	(0.71)	
Al ₂ O ₃	17.44	12.94 bis 22.12
Fe ₂ O ₃ & }	9.64	15.21 bis 3.44
FeO }		
MnO	(0.46)	
MgO	3.26	1.53 bis 7.40
CaO	6.96	4.52 bis 10.12
Na ₂ O	3.50	2.71 bis 4.91
K ₂ O	3.51	5.34 bis 2.00
H ₂ O (Glühverlust)	1.23	0.27 bis 2.61
P ₂ O ₅	(0.51)	

Mittelwerthe für Fe_2O_3 und FeO lassen sich schwierig angeben, da bei allen älteren Analysen dieser Gesteine alles Fe entweder als Fe_2O_3 oder als FeO bestimmt ist.

Ehe ich die Diskussion der chemischen Zusammensetzung des Monzonittypus abschliesse, muss ich noch mit ein Paar Worten den von *H. O. Lang*¹ aufgestellten sogenannten *Monzonit-Dacit*-Typus erwähnen; ich will nicht unterlassen die Bemerkung vorausszuschicken, dass ich auf die diesbezügliche Darstellung *Lang's* erst aufmerksam wurde, als das obige schon längst geschrieben war.

Lang's Monzonit-Dacit-Typus ist ausschliesslich ein rein chemischer Typus, welcher ohne Unterschied Tiefengesteine, Faciesbildungen, Ganggesteine und Ergussgesteine umfasst; schon darin liegt ein fundamentaler Unterschied von dem oben aufgestellten Monzonit-Typus, welcher vor allen Dingen als ein gut charakterisirter Gesteinstypus abgegrenzt ist, eine ganz bestimmte Gruppe von eugranitisch struirten abyssischen Gesteinen umfassend.

Aber auch als chemischer Typus ist *Lang's* Monzonit-Dacit nicht dasselbe wie unser Monzonit; abgesehen davon dass er den mittleren (typischen) SiO_2 -Gehalt bei 60.61 % setzt und Gesteine mit bis ca. 66% SiO_2 einbegreift, legt er das Hauptgewicht darauf, dass «die Menge des CaO grösser als die des Na_2O und als die des K_2O » sein soll, wobei ausdrücklich bemerkt wird, dass die Ausscheidung eines hierher gehörigen Typus mit annähernd gleichen Procentmengen von Na_2O und K_2O noch nicht thunlich erscheint. Das Verhältniss $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ wäre für seinen Monzonit-Dacit nach *Procenten* gerechnet 1.9 : 1 1.3 im Mittel, mit Abweichungen bis z. B. (bei der Minette vom Odenwald): 3.6 : 1 : 2.8 (die gefundenen Zahlen sind 5.66 CaO , 1.56 Na_2O , 4.40 K_2O). Bei meinem Monzonit-Mittel ergibt sich in *Lang's* Weise gerechnet das Verhältniss 2.0 : 1 1, also gewiss eine bedeutende Annäherung, und doch ein charakteristischer Unterschied. Für *Lang* scheinen das Wesentliche beim Abgrenzen seines Typus eben die *relativen* Werthe seiner Zahlen für CaO , Na_2O und K_2O ; für mich aber sind in erster Linie die *absoluten* Zahlengrössen entscheidend gewesen. In *Lang's* Mittel der absoluten Zahlengrössen sind dann auch die Unterschiede deutlicher, indem bei seinem Monzonit-Dacit-Typus die absoluten Mittelwerthe für CaO , Na_2O

¹ Tschermak's min. & petr. Mitth. B. 12, (1891), S. 230, S. 246 etc.

und K_2O sind: 5.28, 2.77, 3.65, bei meinem Mittel (III) dagegen 6.96, 3.50 und 3.51.

In den 8 von *Lang* angeführten Analysen ist der CaO -Gehalt bei mehr als der Hälfte unter 5 %, nur in zwei Fällen über 6 %; in den 15 von mir angeführten nur in einem einzigen Fall (einem Grenzfall, dem Monzonit von Hodritsch in Ungarn) unter 5 %, in 12 Fällen über 6 %, — etc.

Die beiden chemischen Typen: *Lang's* Monzonit-Dacit-Typus und unser Monzonit-Typus decken einander somit nicht. Es liegt auch auf der Hand, dass eine Typus-Abgrenzung, welche einerseits eine basische MgO -reiche Minette, andererseits einen sauren MgO -armen Quarzsyenit unter einem gemeinsamen Namen begreift, ganz andere Aufgaben gehabt hat als diejenige, welche ich bei der Abgrenzung meines rein petrographischen Monzonit-Begriffs gestellt habe.

Es genügt auch, nur einen Blick auf die *Lang's*chen Typentabellen zu werfen, um die Überzeugung zu gewinnen, dass seine Typen-Abgrenzung, obwohl gewiss nicht ohne Verdienste, doch mit allzu geringer Kritik durchgeführt ist, um der petrographischen Systematik direct brauchbare Dienste zu leisten. Wer die Gesteine vom Kristianiagebiet kennt und die sonderbaren Bemerkungen über «das Gestein von Christiania» (l. c. S. 209) und über die Berechnung von *Lang's* «Christianit»-Typus ebendasselbst liest, wird die chemischen Typen, welche auf derartige Weise aufgestellt sind, überhaupt nur mit einer gewissen Kritik brauchen können.

Nach der oben näher begründeten Auffassung wollen wir also die Bezeichnung Monzonit als einen petrographischen, *nicht* als einen geologischen Begriff fixiren; wir brauchen somit auch diese Bezeichnung, nicht wie de Lapparent, Dölter, Hansel, Cathrein etc. als einen Sammelnamen, sondern als einen petrographischen Gattungsnamen.

Die Monzonite sind typische Repräsentanten einer Ordnung von Übergangsgesteinen zwischen den Alkalifeldspathgesteinen und den Plagioklasgesteinen; sie sind — abgesehen von den Grenzfaciesbildungen — echte Tiefengesteine von intermediärer Mischung (ca. 62 bis ca. 49 % SiO_2) mit einem mittleren CaO -Gehalt von ca. 6—7 %, mit einem procentisch ungefähr gleich grossen Alkaligehalt (K_2O und Na_2O gewöhnlich ziemlich im Gleichgewicht), hohem Al_2O_3 -Gehalt (ca. 17 bis 18 % im Mittel), relativ niedrigem MgO -Gehalt.

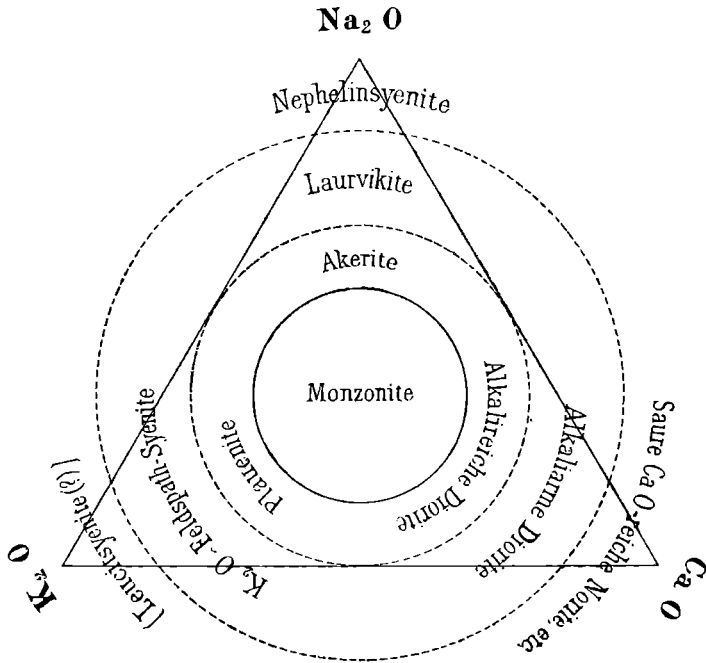
Der Gehalt an Eisenoxyden wechselt ziemlich stark und ist gewöhnlich grösser bei den basischeren Gliedern. Die Structur ist diejenige eines Tiefengesteins oft mit eigenthümlicher Ausbildung, beruhend auf dem grösseren Intervall zwischen der Bildung des Plagioklases (gewöhnlich in Tafeln nach {010}) und des Orthoklases (als zuletzt auskrystallisirte Mesostasis).

Die Mineralienzusammensetzung ist: Plagioklas (gewöhnlich basisch, Labrador bis Andesin, ja selbst Anorthit nachgewiesen, oft zonar gebaut), Orthoklas; Quarz als letzte Bildung ist sehr häufig in geringer Menge vorhanden, fehlt aber bei den am meisten basischen Gliedern; von dunklen Mineralien bei den am meisten basischen Gliedern (Dignäs, Smäligen, Monzoni, zum Theil) Olivin oft recht reichlich, bei den saureren Gliedern aber fehlend; ebenfalls bisweilen Hypersthen (Bronzit), aber selten und nur in geringer Menge (bei den basischeren Gliedern). Sonst als in der Regel vorherrschendes dunkles Mineral: Pyroxen, gewöhnlich von rothbraunem Biotit begleitet; Hornblende fehlt oft, kann aber ausnahmsweise vorherrschend sein. Sehr verbreitet ist sekundäre grüne Hornblende als Umwandlungsprodukt nach Pyroxen, oft in orientirten Fasern. Von akcessorischen Mineralien Titanit nicht selten, Zirkon bei den sauren Gliedern häufig, Apatit fast regelmässig in ziemlich grossen Krystallen. Von Eisenerzen, Magnetit oder Titaneisen; Pyrit häufig. Als letzte Bildung bisweilen ausser Quarz ein wenig Kalkspath; als Zersetzungsprodukte Chlorit, Epidot, Zeolithe, Hornblende, Magnetitstaub etc. etc.

Das folgende Diagramm zeigt die Verwandtschaftsbeziehungen der Monzonite; eine Serie verläuft von den mittelsauren Monzoniten durch plagioklasführende Natronsyenite, Akerite, dann weiter durch plagioklasfreie Natronsyenite, Laurvikite, in Nephelinsyenite; eine andere Serie geht von den Monzoniten durch plagioklasführende Kalisyenite (ich nenne dieselben: *Plauenite* nach dem typischen Vorkommen), ferner durch sehr plagioklasarme Kalisyenite (kein Vorkommen analysirt) vielleicht in Leucitsyenite (?); endlich eine dritte Serie von den Monzoniten durch orthoklasführende Diorite und orthoklasfreie Diorite schliesslich in gewisse sehr CaO-reiche (Alkali-arme) saure Norite etc. über.

Nach dieser Übersicht würde es zum Theil eine stetige Wiederholung sein die einzelnen Vorkommen von Monzoni und Predazzo genauer zu beschreiben; es finden sich auch in der früheren Litteratur ziemlich viele Einzelbeschreibungen (namentlich von *Dölter* und *Hansel*). Um eine genügende Vorstellung von dem raschen Gesteinswechsel bei Predazzo

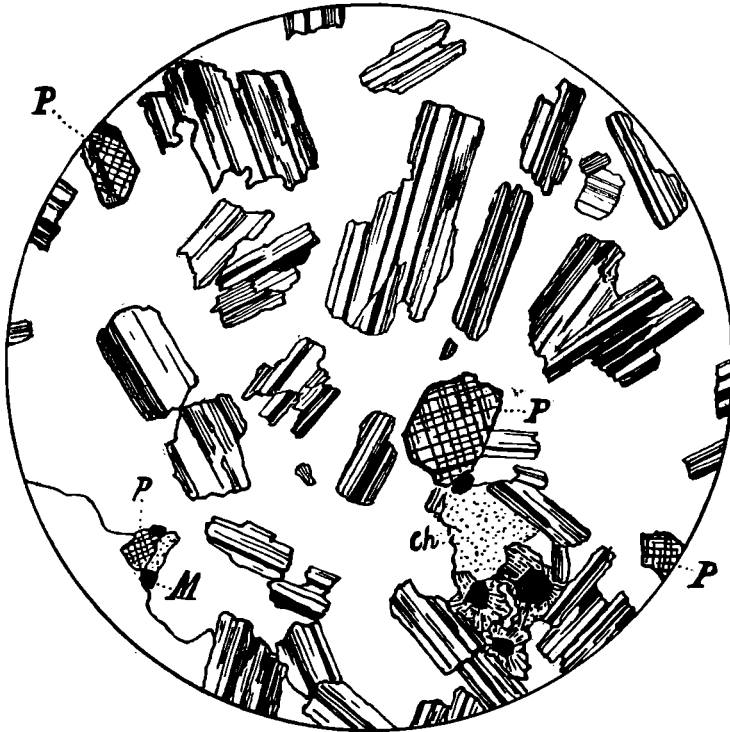
und Monzoni zu geben, reicht auch das mir vorliegende ziemlich reichliche Material kaum hin. Es scheint mir deshalb richtig, eine derartige Specialbeschreibung anderen zu überlassen.



Eine weitere Theilung der Monzonite lässt sich theils nach der Mineralienzusammensetzung, theils nach dem ganzen Typus durchführen. Man könnte sie zuerst bequem in *Olivin-Monzonite* und *Monzonite* (in engerem Sinne) theilen; eine weitere Theilung in Pyroxen-Monzonite, Biotit-Monzonite und Hornblende-Monzonite ist bei den Monzoniten wie auch im Allgemeinen bei den Plagioklas-Gesteinen nur von geringer Bedeutung, da die drei Mineralien gewöhnlich zusammen vorkommen, wobei Pyroxen oder Biotit fast regelmässig (abgesehen von der Uralitisirung) vorherrschen. Die typischen Monzonite am Monzoni und Predazzo sind somit Biotit-Pyroxen-Monzonite.

Die folgenden Figuren suchen eine Vorstellung zu geben über das charakteristische Strukturverhältniss, welches durch die Bildung des Orthoklas als eine Art Mesostasis entsteht.

Fig.



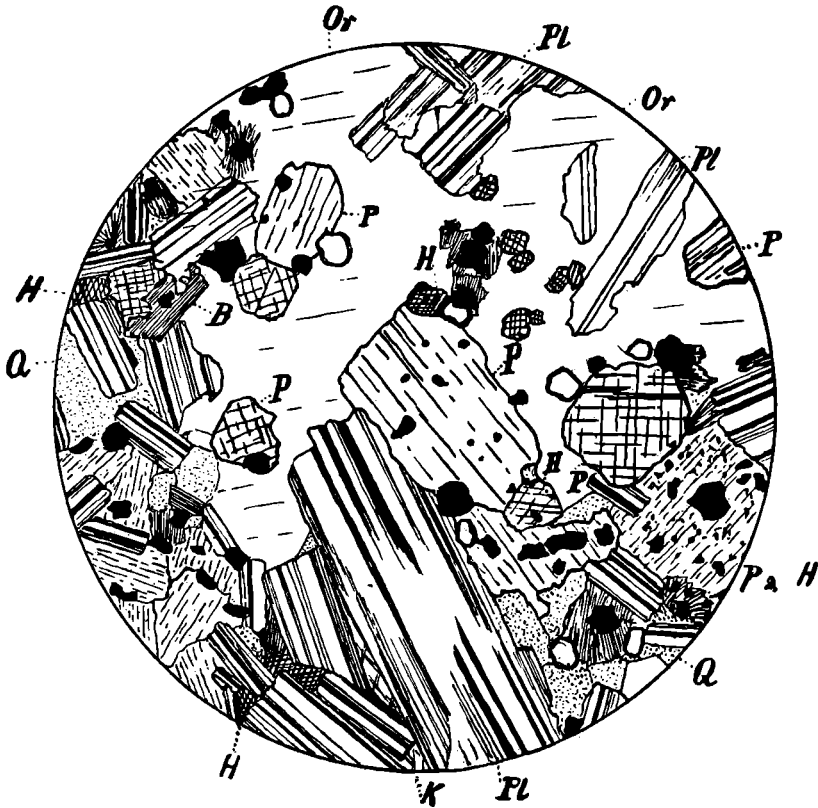
Monzonit, eine der herrschenden Varietäten von der Südseite des Mulatto. $40\times$.

Der weisse Boden ist Orthoklas; die meisten im Orthoklas eingeschlossenen unregelmässigen, grösstentheils roh tafelförmigen Krystalle sind Plagioklas; 4 mit *P* bezeichnete Körner sind Pyroxen; *Ch* ist Chlorit; die rein schwarzen rundlichen Körnchen sind Magnetit, teilweise mit Biotit umsäumt. Es ist eine Stelle im Präparat gewählt, wo Orthoklas und Plagioklas ganz vorherrschend, die dunklen Mineralien dagegen zurücktretend sind.

Die Structure charakterisirt diese Varietät überhaupt als eine Grenzfacies, oder als eine Übergangsvarietät zwischen dem gewöhnlichen eugranitischen Gestein und den noch mehr ausgeprägten Grenzfaciesbildungen.

Fig. 2 stellt in 40-facher Vergrößerung eine Stelle eines Dünnschliffs des analysirten Monzonits von Monzoni dar.

Fig. 2.



Or = Orthoklas. *Pl* = Plagioklas. *P* = Pyroxen. *H* = Hornblende.
Q = Quarz. *B* = Biotit.

Die rein schwarzen Körnchen sind Magnetit, zum Theil von Biotit umsäumt. Die scharf markirten weissen rundlichen Körner mit breitem dunklem Rand sind Apatitkörner. Unten im Präparat Spuren von Kalkspath zwischen den Plagioklastafeln als letzte Bildung. Ein Theil der Pyroxenkörnchen sind grösstentheils in Hornblende zersetzt (*P.* & *H.*) Bronzit (Hypersthen) ist an der abgezeichneten Stelle des Präparats nicht vorhanden.

Serie der Quarz-Monzonite, Monzonite und Olivin-Monzonite.

Man könnte nun vielleicht meinen, dass eine derartige Abtrennung einer besonderen Unter-Ordnung von Orthoklas-Plagioklas-Gesteinen ziemlich überflüssig wäre, indem es ja genügen könnte die betreffenden Gesteine einerseits unter die Orthoklas-Gesteine, andererseits unter die Plagioklas-Gesteine zu vertheilen, wie man es bis jetzt gethan hat. Ein vergleichendes Beispiel wird am besten zeigen, dass das bisherige Verfahren nicht in allen Fällen den Petrographen vörtheilhaft schien und wird damit auch leichter die Vorzüge der hier vorgeschlagenen Systematik beweisen.

Unter den Ergussgesteinen sind die den Syeniten entsprechenden Gesteine, wie bekannt, als *Trachyte*, die feldspathfreien (oder äusserst feldspatharmen) nephelinreichen Gesteine als (phonolithische) *Nephelinite* zusammengefasst. Ergussgesteine, welche sowohl Orthoklas als Nephelin als wesentliche Bestandtheile führen, bilden die allgemein anerkannte *Zwischenreihe* der *Phonolithe*.¹ Unter entsprechenden Tiefengesteinen hat man, wie bekannt, mit Recht in der Serie die Syenite und die Nephelinsyenite für sich abgetrennt. Das kalkarme Endglied der Serie, welches unter den Ganggesteinen durch die *Sussexite*² einigermaassen repräsentirt ist, fehlt bis jetzt unter den Tiefengesteinen, indem das einzige bis jetzt bekannte feldspathfreie Nephelinstein unter den Tiefengesteinen, der von *Ramsay*³ und später von *Hackman*⁴ beschriebene (den kalkreicheren Nepheliniten entsprechende) *Ijolith*⁵, ein sehr kalkreiches, relativ Al_2O_3 -ärmeres Gestein ist, welches nicht als Endglied einer Serie Augitsyenit-Nephelinsyenit etc. aufgefasst werden kann, sondern einen besonderen chemischen Typus bildet. Wenn das den *Sussexiten* entsprechende Tiefengestein einmal gefunden ist, muss es nach meiner Ansicht deshalb mit einem besonderen Namen bezeichnet werden. Was wir hier betonen wollen ist, dass man es bei der Serie der Feldspath-Nephelin-Gesteine ganz von selbst natürlich gefunden

¹ Hier könnte natürlich ebenso gut die Serie: Andesite-Tephrite-Nephelinite als Beispiel gewählt sein.

² «Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes» I. S. 173 (l. c.) 1894.

³ W. Ramsay & H. H. Berghell. Geol. Fören. i Stockholm Förh. B. 13, (1891), S. 300.

⁴ V. Hackman. Fennia. B. 11, S. 185, (1894). (Helsingfors).

⁵ Der ungefähr gleichzeitig mit dem *Ijolith* beschriebene *Jacupirangit Derby's* (Amer. Journ. of science, B. 41, 1891, S. 311) steht nach Derby dem *Ijolith* nahe. Nach einem mir von Derby zugesandten Stück zu urtheilen dürfte er doch weniger CaO-reich als das fennische Vorkommen sein.

hat, drei Hauptkombinationen zu unterscheiden: Orthoklas-Gesteine ohne Nephelin, Nephelin-Gesteine ohne Orthoklas *und* die Zwischenkombination: Orthoklas-Nephelin-Gesteine mit diesen beiden Mineralien als *wesentlichen* Bestandtheilen.

Was man aber hier für die Orthoklas und Nephelin führenden Gesteine natürlich und richtig gefunden hat, muss mit demselben Recht auch bei den Zwischen-Gliedern zwischen den Orthoklas-Gesteinen und den Plagioklas-Gesteinen berechtigt sein. Wenn man erst auf diese Analogie aufmerksam geworden ist, dürfte es vielleicht auch für sehr conservative Geister mehr schmackhaft sein, in dem vorliegenden Fall die alten Vorurtheile gegen neue «Namen» und neue Typen aufzugeben.

Wenn die Berechtigung der Ausscheidung des chemisch und mineralogisch gleich gut charakterisirten Zwischentypus von Orthoklas-Plagioklas-Gesteinen erst für die mittelsauren Tiefengesteine, die Monzonite, anerkannt ist, muss dieselbe natürlich auch erstens für entsprechende Ergussgesteine,¹ und ferner auch unter den Tiefengesteinen (und entsprechend unter den Ergussgesteinen) nicht nur für mittelsaure Gesteine, wie die Monzonite, sondern auch für *saure* Gesteine, für Zwischenglieder zwischen Graniten und Quarzdioriten,² zwischen Lipariten und Daciten³ etc. durchgeführt werden.

In der folgenden Tabelle ist die systematische Einschaltung dieser Zwischengruppe von Orthoklas Plagioklas-Gesteinen zwischen den Orthoklas-Gesteinen und den Plagioklas-Gesteinen schematisch angedeutet. Ich bitte ausdrücklich zu bemerken, dass die Einzelheiten gar nicht ausgeführt sind, um nicht die Übersicht zu hindern. So zerfallen z. B. die Orthoklas-Gesteine ja durchgehends in eine Natron-Reihe und eine Kali-Reihe, welche getrennte Familien bilden (Kaligranitfamilie, Natrongranitfamilie, Kalisyenitfamilie, Natronsyenitfamilie etc.) Die langen Namen: Saure Quarz-Monzonite, Saure Quarz-Diorite etc. etc. dürften wohl am besten durch Typen-Namen vertauscht werden. Hier war es

¹ Als Beispiele entsprechender Typen wird unten der «Melaphyr» von Mulatto erwähnt; unter jüngeren Ergussgesteinen kann ferner erwähnt werden:

Von sog. Amphibol-Andesiten, ein Gestein von Hölloskö, Matra, anal. von *v. Andrian* (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1868, S. 526; von sog. Pyroxen-Andesiten das Gestein von Pariou, Auvergne; anal. von *Rammelsberg* (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1868, S. 594).

² Es muss hier bemerkt werden, dass ein nicht geringer Theil der Quarzdiorite, nach dieser Systematik, der That Quarz-Monzonite sind. Echte Quarzdiorite sind bei derartiger Begrenzung relativ seltenere Gesteine.

³ Als Beispiel eines Zwischengliedes kann das bekannte Vorkommen des «*Dacit-Liparits*» von Dellen, Helsingland, Schweden (siehe *F. Suenonius*, Geol. För. Förh. B. X, S. 273) erwähnt werden. Ich bezeichne dasselbe als: *Dellenit*.

Orthoklas-Gesteine.	Orthoklas-Plagioklas-Gesteine.	Plagioklas-Gesteine.
<p>Granite etc. Granophyre, Quarzporphyre, Granitporphyre etc. Liparite, Pantellerite etc.</p> <p>Granitfamilie</p>	<p>Saure Quarz-Monzonite; <i>Adamellite</i>. Dacit-Liparite (<i>Dellenite</i>) etc.</p> <p>Quarz-Monzonit- familie</p>	<p>Saure Quarz-Diorite (<i>Tonalite</i>) etc. Quarz-Dioritporphyrite etc. Dacite etc.</p> <p>Quarzdiort- familie</p>
<p>Quarz-Syenite (Nordmarkite) etc. Quarz-Syenitporphyre etc. Quarz-Trachyte etc.</p> <p>Übergangs- familie</p>	<p>Mittelsaure Quarz-Monzonite; <i>Banaitite</i>. Quarztrachyt-Andesite etc.</p> <p>Übergangs- familie</p>	<p>Mittelsaure Quarz Diorite etc. Basische Dacite.</p> <p>Übergangs- familie</p>
<p>Syenite (Plauenite, Laurvikite) etc. Syenitporphyre etc. Trachyte etc.</p> <p>Syenit- familie</p>	<p><i>Monzonite</i> etc. Trachyt-Andesite etc.</p> <p>Monzonit- familie</p>	<p>Diorite. Porphyrite etc. Andesite etc.</p> <p>Diorit- familie</p>
<p>ca. 50-62% SiO₂</p>	<p>ca. 49-62% ca. 46-52%</p> <p><i>Olivin-Monzonite</i>. etc.</p>	<p>ca. 48-62% ca. 44-53%</p> <p>Gabbrogesteine. etc. etc.</p>

eigentlich nur meine Absicht, eine schematische Andeutung der Stellung der Orthoklas-Plagioklas-Gesteine und nicht eine detaillirte Systematik zu liefern. Um aber doch den Anfang zu einer bestimmten Terminologie dieser Gesteine zu machen, will ich wenigstens für die Tiefengesteine solche Typen-Namen in Vorschlag bringen und führe deshalb die sauren Quarz-Monzonite als *Adamellite*,¹ die mittelsauren als *Banatite* auf.

Um schliesslich noch zu zeigen, wie sich die Gesteine der Monzonit-Serie in chemischer Beziehung mit Erhaltung ihrer wesentlichen Zusammensetzung als Orthoklas-Plagioklas-Gesteine verhalten, sind in der folgenden Tabelle (S. 62 a) eine Anzahl ausgewählter Analysen sowohl saurer als basischer Gesteine der Serie zusammengestellt. Die Eisenoxyde sind zum leichteren Vergleich als Fe_2O_3 (hier auch ein immer unbedeutender MnO-Gehalt in ein Paar Analysen einbegriffen) berechnet; die geringen Procentzahlen für TiO_2 , P_2O_5 etc. in einigen Analysen sind nicht aufgeführt. Theils aus dieser Ursache, theils wegen der Berechnung der Gesamtmenge der Oxyde von Eisen (und Mangan) als Fe_2O_3 ist die Summe der Analysen nicht angeführt.

Die Anzahl der Analysen hätte noch bedeutend vermehrt werden können;² hier ist aber nur eine Auswahl getroffen, um den Charakter der *Serie* andeuten zu können.

Zur Controlle ist, wie gewöhnlich, das Mittel sämmtlicher Analysen berechnet; es giebt ein Gestein mit ca. $61\frac{1}{2}\%$ SiO_2 , also in der Mitte der Serie (bei der oberen Grenze der eigentlichen Monzonite). Wie man sieht, passt die berechnete Zusammensetzung sehr gut in die Serie hinein, ein Beweis dafür, dass die einzelnen Analysen der Hauptsache nach in die Serie gehören.³ Doch will ich ausdrücklich hervorheben, dass es wohl möglich ist, dass einzelne der aufgeführten Analysen der saureren Gesteine, welche mir aus eigener Erfahrung nicht näher bekannt sind, vielleicht petrographisch der Serie nicht angehören, indem ich bemerke, dass die Serie ja ausschliesslich echte abyssische Gesteine umfassen soll. Es muss auch bemerkt werden, dass es möglich gewesen wäre, auch noch saurere Glieder am sauren, noch basischere Glieder am

¹ Der Name *Adamellit* wurde früher von *Cathrein*, obwohl in anderer Bedeutung (nämlich statt Tonalit) vorgeschlagen; es scheint mir der Name Adamellit zweckmässig, weil derselbe an die nahe Verwandtschaft mit Tonalit erinnert. Der Name Tonalit wäre dann den Quarzdioriten vorbehalten.

² So ist z. B. die Analysenreihe der sogenannten Upsalagranite (siehe M. Stolpe, Blatt Upsala, Schwed. geol. Unders. 1869; siehe auch Roth Gesteinsanalysen 1873, S. X), welche theils Banatite, theils Adamellite umfasst, gar nicht berücksichtigt.

³ Cfr. meine Bemerkung über den Begriff der *Serie* in Eruptivgesteine des Kristiania-gebietes I, l. c. S. 175.

basischen Ende aufzuführen. Von derartigen extremen Gliedern liegen doch gegenwärtig nur wenige Analysen vor, welche benutzt werden können.

Eine ähnliche Serientabelle könnte auch für die entsprechenden Ergussgesteine zusammengestellt werden; ich habe zwar etwas Material dafür gesammelt, aber die Schwierigkeit bei der endlichen Zusammenstellung gescheut; dieselbe weist in dieselbe Richtung wie die hier angeführte der Tiefengesteine der Monzonit-Adamellit-Serie.

Die Tabelle zeigt, dass mit zunehmender Basisität der Procentgehalt an Eisenoxyden, CaO und MgO deutlich, obwohl nicht regelmässig zunimmt. Auch der Al_2O_3 -Gehalt ist am basischen Ende durchschnittlich wohl etwas höher. Der Alkali-Gehalt scheint durch die ganze Serie wenig verschieden.

Diesen chemischen Daten entsprechend muss der Gehalt an dunklen Mineralien (Erze, Pyroxene, Hornblenden, Glimmermineralien, schliesslich auch Olivin) am basischen Ende, der Gehalt an freier SiO_2 am sauren Ende zunehmen.

Ferner können wir aus den chemischen Daten sowie erfahrungsgemäss aus der petrographischen Untersuchung constatiren, dass die Beschaffenheit des mit dem Orthoklas (Mikroklin) zusammen auftretenden Plagioklases nach dem sauren Ende hin in der Regel den CaO-ärmeren, nach dem basischen Ende hin relativ CaO-reicheren Gliedern der Plagioklasreihe entspricht.

Die in der Serientabelle aufgenommenen Gesteine sind früher zum grossen Theil unter ganz anderen Namen aufgeführt, die Monzonite theils als Augitsyenite, theils als Augitdiorite etc., die Banatite der Tabelle theils als Syenite, theils als Diorite, theils als Granite (*Roth* führte das Gestein von Bancroft Hill, sowie mehrere Banatite von der Upsala-Gegend als Granit auf), die Adamellite der Tabelle endlich theils als Quarzdiorite, theils als Granite. Es wird gewiss manchem Leser anstössig sein, Gesteine, welche früher ganz allgemein als gute Granit-typen aufgeführt sind, hier unter einem besonderen Namen als Adamelite abgetrennt zu sehen; hat doch z. B. auch *Rosenbusch* die Gesteine von Bobritsch und Barr sogar als typische Granite aufgeführt (Tschermarks min. & petr. Mitth. B. XI, 1885, S. 176 ff.).

Es muss aber hier daran erinnert werden, dass eben die meisterhafte Untersuchung von *Rosenbusch* des Gesteins von Landsberg bei Barr ergab, dass seine Zusammensetzung einer Mischung von 35.5 % Orthoklas, 31.5 % Plagioklas (durchschnittlich Ab_2An_8 , zwischen Andesin und Labrador), 24 % Quarz und 10 % Magnesiaglimmer mit unter-

Serie der Quarz-Monzonite, Monzonite und Olivin-Monzonite.

	Adamellite						Banatite						Monzonite						Olivin-Monzonit	Grenz-facies von Monzonit	Mittel.
	Bobritsch; O.S.O. von Freiberg. Ruben (Scheerer).	Vildarthal, Klausen, Teller & v. John.	Brixen, Tyrol. Rube (Scheerer).	Landsberg b. Barr, Vegesen. Unger (Rosenbusch).	Poisson Glen, Irland. Haughton.	Petrosz, S.O.-Ungarn. K. v. Hauer.	Szaska; Banat. Scheerer.	Watab; Minnesota. Streng.	Huncote Quar Croft Hill. E. S. Berry.	Oberwald b. Steinau Odenvald Dr. Sonne (Lepsius).	Nieler-Hansdorf; Schlesien. II. Traube.	Hodritsch, Ungarn. K. v. Hauer.	Malgola, Tyrol. Th. Kjerulf.	Muhatto, Tyrol. Lemberg.	Little Falls, Minnesota. Streng.	Monzoni, Tyrol. V. Schmelek.	Sacinalthal, Tyrol. Mattesdorf.	Großa, Sachsen. Klemm.				Smilängen, Schweden. V. Schmelek.	Canacoli, Tyrol. Lemberg.
SiO ₂	71.42	70.17	69.78	68.97	68.20	67.08	65.84	65.27	64.30	63.86	62.69	61.73	58.05	57.66	56.49	54.20	52.53	51.71	50.45	49.40	61.49
Al ₂ O ₃	11.30	11.10	12.79	14.80	15.96	14.88	15.23	15.76	17.89	17.87	12.77	17.45	17.71	17.23	17.99	15.73	19.48	19.83	16.67	16.77	15.95
Fe ₂ O ₃	5.30	5.14	5.07	3.29	4.80	5.31	3.93	5.73	4.75	4.48	9.26	6.68	8.29	7.28	7.69	10.44	11.07	10.45	10.88	12.71	7.13
MgO	1.07	1.23	1.05	1.15	0.78	0.85	2.31	2.14	1.12	0.99	3.09	2.29	2.07	2.20	4.01	3.40	1.53	4.27	7.45	4.49	2.37
CaO	3.02	3.34	2.96	3.82	2.92	3.42	4.74	3.70	3.98	3.33	5.02	4.52	5.81	5.32	6.64	8.50	6.61	7.49	9.70	9.25	5.21
Na ₂ O	2.89	3.77	2.37	2.46	3.75	4.47	2.96	4.57	3.84	4.10	2.39	3.12	2.98	3.41	4.49	3.07	2.71	4.64	2.75	2.77	3.39
K ₂ O	3.54	3.23	3.62	4.53	4.14	4.05	3.06	3.97	3.37	3.56	3.63	3.88	3.24	4.61	3.20	4.42	3.17	2.59	3.89	2.57	3.61
H ₂ O	1.40	1.87	1.58	0.70	—	0.90	0.98	0.42	1.60	0.84	1.06	1.16	1.34	0.70	1.14	0.50	2.34	0.27	0.45	1.93	1.06

geordneten Mengen von Eisenoxyden entspricht. Das ist ja doch aber kein Gestein mit vorherrschendem Orthoklas, sondern ein Orthoklas-Plagioklas-Gestein, ebenso gut wie das oben erwähnte Gestein von Monzoni mit ca. 30 % Orthoklas und ca. 32 % Plagioklas kein Augitsyenit ist. Die typischen Granite sind eben relativ reicher an Alkalien, ärmer an CaO und entsprechend ärmer an Plagioklas. Dass der äussere Habitus, nach bis jetzt üblicher Auffassung, granitähnlich ist, kann für die moderne Petrographie keinen Grund abgeben, die für eine genauere Charakteristik nöthigen feineren Distinctionen aufzugeben. Sobald man es berechtigt findet, die Monzonite abzutrennen, müssen mit genau demselben Recht auch Gesteine wie diejenigen von Barr, von Upsala etc. als eine besondere Gesteinsgattung zwischen den Graniten und den Quarzdioriten eingeschaltet werden. Ich sehe voraus, dass diese Auffassung vorläufig auf Widerstand stossen wird, — die Zukunft wird die Berechtigung einer derartigen Systematik erkennen, sobald die chemische Grundlage der Systematik besser ausgearbeitet wird.

Als eine Übergangsgruppe zwischen den als Monzoniten und den als Adamelliten bezeichneten Gesteinen ist in der Tabelle die kleine Gruppe der *Banatite* eingeschaltet, mit einem SiO₂-Spatium von ca. 62—66 %. Das Gestein von Szaszka im Banat liegt eben auf der Grenze; mit demselben nahe übereinstimmend ist z. B. auch das von *W. D. Matthew*¹ beschriebene Gestein von St. John, N. B. (mit 65.8 SiO₂, 13.1 Al₂O₃, 7.7 FeO und Fe₂O₃, 0.9 MgO, 3.5 CaO, 6.6 Na₂O und K₂O), welches als «Granit-Diorit» charakterisirt und mit dem Tonalit v. Rath vom Verfasser zusammengestellt wird («granite-diorite, typically a tonalite, but varying from hornblende-granitite to quartz-diorite»).

Den Banatiten, in dem hier gebrauchten Sinne dieses Namens, gehören auch einige der von *Lossen* beschriebenen Übergangsglieder zwischen Granitit und Diorit in dem Harzburger Gebiet an, so bemerkt Lossen z. B.:² «Eine scharfe Grenze zwischen den basischeren Augitführenden Granititen und den saureren Augit-Biotit-Quarzdioriten giebt es ebenso wenig als zwischen den basischeren Augit-Biotit-Quarzdioriten und den sauersten Gabbro-Typen (Biotit-Augit-Gabbro)». Lossen erwähnt auch einen sogenannten «Augit-Tonalit», der in lichtere augit-(malakolith-)haltige Eugranite übergeht.³ Von nordischen Vorkommen gehören hierher

¹ «The intrusive rocks near St. John, N. B.» in Trans. of the New York Acad. of Sc. B. 13, S. 191 (1894).

² Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt 1887, S. XXVII.

³ Dieselbe Zeitschrift für 1890, S. XXV ff. Siehe ferner auch ibid. 1882, S. XX, 1891, S. XXIX etc.

einige (auch analysirte) Gesteine der Upsala-Gegend (früher durchweg als Upsala-Granit bezeichnet), ferner ein Gestein von einer Lokalität nördlich von Hjertö, Bindalen, Norwegen, etc.

Wenn ich oben die Namen Adamellite und Banatite mit einer besonderen Begrenzung gebraucht habe, welche denselben nicht früher beigelegt wurde, so ist dies wesentlich deshalb geschehen, um neue Namen zu meiden; besondere Namen sind nämlich nach meiner Ansicht für die verschiedenen Glieder der Orthoklas-Plagioklas-Gesteine nöthig. Es schien mir dann besser, schon früher gebrauchte Namen anzuwenden¹ und mit bestimmter Definition zu fixiren, als ganz neue Namen zu schaffen. Sollte dieser Vorschlag (wie ein ähnlicher Vorschlag von mir betreffs der Fixirung der Namen Ditroit, Foyait etc.) nicht Anklang finden, so mögen meinethwegen andere Petrographen neue Namen vorschlagen; mir schien es vorläufig die Hauptsache, die Begriffe selbst zu fixiren.

¹ Ich will nicht unterlassen ausdrücklich zu bemerken, dass ich darauf aufmerksam gewesen bin, dass im Adamellogebiet, am Riesenferner etc. ausser Adamelliten in dem hier gebrauchten Sinne des Wortes auch Quarz-Diorite (Tonalite) reichlich vorhanden sind, ja dass diese letzteren sogar wohl das herrschende Hauptgestein repräsentiren.

Nähere Charakteristik der Pyroxenite und ihr Verhältniss zu den Monzoniten.

Dölter war der erste, welcher die dunklen eisenreichen Monzoni-Gesteine, v. Richthofens «Monzon-Hypersthenite», Tschermaks Diabase etc., richtig als *Augitfelse* charakterisirte; mit der jetzt üblichen Terminologie wollen wir lieber den Namen *Pyroxenite* brauchen.

Schon v. *Richthofen* hatte ganz richtig erkannt, dass sein Hypersthenit und sein Monzon-Syenit «stets an einander gebunden sind und stets zusammen vorkommen», womit auch die Beobachtungen von *Kjerulf*, *De Lapparent*, *Tschermak* u. a. stimmten. *Dölter* hat diese Erfahrung vollkommen bestätigt und die richtige Erklärung geahnt in einer Zeit, als ein vollständiges Verständniss noch nicht möglich war. Er sagt:¹ «Das Gestein tritt sowohl in mächtigen Gangmassen als auch in Schollen in dem Monzon-Syenit auf. Alles deutet auf eine gleichzeitige Entstehung der beiden Gesteine hin; wenn einerseits das Augitgestein in den Syenit eingedrungen, so findet auch das umgekehrte Verhältniss statt, und die Einschlüsse desselben im Syenit beweisen, dass ein Theil dieses Gesteines offenbar älter ist als letzteres».

«Es fragt sich nun», — sagt *Dölter* weiter — «wie das Zusammenkommen der beiden Gesteine zu erklären sei. Man kann darüber verschiedene Hypothesen aufstellen, welche wir etwas näher betrachten wollen. Kann man die Massen des Augit-Labradorgesteines gewissermaassen als Mineralausscheidungen, z. B. wie die Glimmerpartien in Gneiss und Granit erklären?»² Eine solche Ansicht wäre vielleicht für die kleinen Schollen an der Malgola, am Canzacoli haltbar, nie aber

¹ Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1875, S. 214.

² Cfr. *Tschermak*: Porphyrgest. Österreichs. S. 113—114.

für die grossen Massen der Riccoletta. Zweitens haben sich vielleicht beide Gesteine gleichzeitig aus einem und demselben Magma ausgeschieden, etwa aus einem, dessen chemische Zusammensetzung die Mitte zwischen saurer und basischer hält? Diese Ansicht erscheint wenig wahrscheinlich, und wir haben für dieselbe nirgends eine Analogie.»

Dennoch fügt er unmittelbar nachher hinzu: «*Am meisten befriedigt wohl die letzte Hypothese*».

Es ist kein geringes Verdienst, schon im Jahre 1875 auf diese Weise den Zusammenhang der basischen Pyroxenite mit den Monzoniten als aus einem und demselben Magma ausgeschiedener, genetisch verwandter Gesteine erkannt zu haben.

Wenn *Dölter* heutzutage geschrieben hätte, würde er zahlreiche Analogien zu dem gegenseitigen Verhältniss des Monzonits und des Pyroxenits haben anführen können, auch zwischen Gesteinen, deren chemische und mineralogische Zusammensetzung bei weitem mehr abweichend ist als diejenige der beiden genannten Gesteine, und würde gewiss keinen Anstand genommen haben, beide Gesteinstypen als Spaltungsprodukte eines und desselben Magmas anzusehen.

Genau dasselbe Verhältniss, welches bei Monzoni und Predazzo zwischen Monzonit und den basischen Gesteinsvarietäten, die wir vorläufig als Pyroxenite zusammenfassen wollen, festgestellt worden ist, findet man z. B. bei den stockförmigen und lakkolithischen Massen von Brandberget, Sölvberget und den Viksbergen auf Gran (sowie in den neu (1895) entdeckten Vorkommen von Tofteholmen und Randvikholmen etc. im Kristianiafjord) in Norwegen wieder, hier zwischen Olivingabbrodiabas und Pyroxeniten, Hornblenditen etc. Im Kristianiagebiet wie in Südtirol sind die basischen Gesteine nach meiner Auffassung nichts weiter als *Grenzfaciesbildungen* der Hauptgesteine und als solche wie gewöhnlich vorherrschend aus den zuerst auskrystallisirten Mineralien zusammengesetzt.¹

Diese Erklärung des Verhältnisses der Pyroxenite und der Monzonite, wobei die ersteren als die Erstarrungsprodukte einer längs der Grenzfläche (der Abkühlungsfläche) zuerst durch Diffusion aus dem Gesamt-magma differenzirten basischen Magmaschicht angesehen werden müssen,

¹ Genau entsprechende Verhältnisse sind vorzüglich dargelegt in dem von *W. H. Weed* und *L. V. Pirsson* beschriebenen Lakkolithen von Highwood Mountains in Montana (Bull. of the geol. soc. of America, Vol. 6, S. 389—422, April 1895); der Shonkinit *Pirsson's* ist ja nichts weiter als ein orthoklasreicher eigenthümlicher Pyroxenit, welcher als Grenzfacies des Nephelinsyenits (Sodalitsyenits) von Square Butte abgespalten ist, genau wie die plagioklasführenden Pyroxenite bei Monzoni und im Kristianiagebiet als Grenzfacies von Olivingabbrodiabasen auftreten. Es scheint sogar, dass wenigstens mit

lässt sich schon aus früheren Beobachtungen ableiten, obwohl keiner der früheren Verfasser das Vorkommen der Pyroxenite von Monzoni und Predazzo als specielle Grenzfaciesbildungen aufgefasst und ihr Vorkommen als solche ausdrücklich hervorgehoben hat.

Von Richthofen fasste die Pyroxenite ja auf als *Gänge von Augitporphyrmasse, welche in dem noch nicht erstarrten Syenite aufsetzte und mit diesem langsam erstarrte*. Für v. Richthofen war die Masse der Pyroxenite also etwas dem Monzonitmagma selbst *Fremdes*, und das Wesentliche war, dass ihr Magma aufgedrungen sei, *während das Monzonitmagma selbst noch nicht erstarrt war*.¹

Genau dieselbe Auffassung finden wir noch 1880 bei *Reyer*, welcher von den hierher gehörigen basischen Grenzfaciesbildungen an der Westseite der Malgola schreibt: «Wir haben es hier mit Eruptivmassen zu thun, welche *gangförmig in älterem, aber noch nicht erstarrtem Magma aufstiegen* (Gangschlieren)».²

«Nirgends sieht man eine scharfe Grenzlinie der Gangmassen; sie sind stets mit dem umgebenden Syenit verschmolzen», sagt *v. Richthofen*; «beide Massen haben sich verschweisst und vereint», bemerkt *Reyer*. Von Richthofen hebt auch speciell hervor, dass die Form der Pyroxenite nicht diejenige gewöhnlicher Gänge ist; «sie haben die nachgebenden weichen Massen ihrer Umgebung weit auseinander gepresst».

dem Shonkinit nahe verwandte Grenzfaciesbildungen auch bei Predazzo auftreten, was durch den Vergleich der Analysen des Shonkinites (nach Pirsson) und eines Gesteins von Canzacoli (nach Lemberg, l. c.) wahrscheinlich gemacht wird:

Shonkinit von Square Butte, Montana, nach <i>Pirsson</i>		Pyroxenitartige Grenzfacies von Monzonit von Canzacoli, nach <i>Lemberg</i>
SiO ₂	46.73	50.43
TiO ₂	0.78	(nicht bestimmt)
Al ₂ O ₃	10.05	10.21
Fe ₂ O ₃	3.53	} 11.57
FeO	8.20	
MnO	0.28	—
MgO	9.68	5.58
CaO	13.22	14.82
Na ₂ O	1.81	1.48
K ₂ O	3.76	3.70
H ₂ O	1.24	0.87
P ₂ O ₅	1.51	0.70
Cl	0.18	—
CaCO ₃	—	0.52

Lemberg bemerkt ausdrücklich, dass das von ihm untersuchte Gestein 1 bis 2 Centimeter grosse Orthoklaskristalle führte. (Zusatz in der Correctur).

¹ L. c. S. 147.

² L. c. S. 20.

Doch geht schon aus seiner Darstellung hervor, dass die Pyroxenite in dem Monzonit «in bedeutender Mächtigkeit und *unmittelbar an den Contactstellen*» auftreten. Schon *Kjerulf* hatte übrigens als ein charakteristisches Verhältniss das Vorkommen der dunklen Gesteine (der Pyroxenite) «besonders längs der Grenze des Syenits» beobachtet.

De Lapparent konnte nicht der Auffassung der Pyroxenite als fremder Gangmassen beipflichten; er hat eben die ununterbrochene Übergangsreihe sämtlicher von ihm als Monzonite zusammengefassten Gesteine — der relativ saureren, wie der am meisten basischen — stark hervorgehoben und fasste sie alle auf als «*formés par un mélange pateux-assez homogène*». Er bemerkt ausdrücklich, dass bei Canzacoli «*les variétés basiques sont les plus anciennes*» (obwohl der Altersunterschied «*très-peu considérable*» sein müsse) und stellt die Frage, ob dies nicht vielleicht durchgehends am Monzoni und Predazzo der Fall sei.

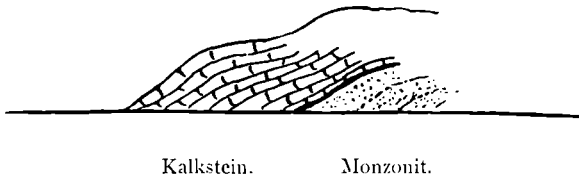
Nach *vom Rath* besteht aus seinem «Monzon-Diabas» (welcher theils basische Monzonite, theils Pyroxenite und Übergangsformen zwischen beiden umfasste) — «namentlich der mittlere Theil des nördlichen Bergabhanges und des Riccoletta-Gipfels» etc., also eben *die nördliche Grenzzone des Monzoni*.

Dölter's Karte des Monzoni-Gebirges zeigt einigermaassen die jetzige Verbreitung der Pyroxenite und anderer basischen Faciesbildungen, obwohl seine Auffassung derselben als gewaltiger Gangmassen deutlich auf die Angabe ihrer Oberflächengestalt Einfluss ausgeübt hat und kaum eine richtige Vorstellung giebt.

Sein Profil (l. c. S. 233) von der höchsten Stelle des Riccoletta-Gipfels zeigt den (glimmerreichen) Pyroxenit deutlich *auf dem gewöhnlichen Monzonit auflagernd*, so wie es von einer ursprünglichen, durch spätere Erosion entblösten Grenzfaciesbildung erwartet werden müsste. Auch von der Höhe am Ostrande des Monzonitmassives erwähnt *Dölter* Pyroxenit; an der Scharte, welche Riccoletta und Mal Inverno trennt, fand er «eine grosse Gangmasse von Augitfels so ziemlich senkrecht zum Kamme und von bedeutender Mächtigkeit; *in einer der Schluchten sehen wir den Syenit in den Augitfels eindringen*». Diese letzterwähnte Beobachtung zeigt genügend, dass hier nicht eine fremde Gangmasse, sondern eine Grenzfaciesbildung vorhanden ist, denn der Pyroxenit kann ja doch nicht gleichzeitig als Gang in dem Monzonit auftreten und selbst gangförmig von demselben Monzonit durchsetzt werden, wenn überhaupt von wirklichen Gängen die Rede wäre. Auch kurz vor der Spitze des Mal Inverno fand *Dölter* wieder eine ähnliche basische Grenzfaciesbildung («ein gabbroähnliches Gestein»).

Die soeben erwähnte Verbreitung der Pyroxenite zum grossen Theil in den höchsten Gipfeln, namentlich am Nordabhang des Monzonitgebietes, ist sehr bezeichnend. Wenn man vom Circus des Monzonithales das Gebirge vor sich sieht, steht man vor der oberen Abkühlungsfläche der Eruptivmasse, deren Erstarrung hier gewiss unterhalb einer mächtigen Decke der triadischen Ablagerungen stattfand. Schon die gewaltige Kalkscholle südöstlich von Palle Rabiose inmitten des Monzonitgebietes bezeugt die frühere Bedeckung der Eruptivmasse mit Triaskalk. Nicht längs der ganzen Grenzfläche ist eine derartige basische Magmaschicht abgespaltet gewesen; so sieht man z. B. in dem nördlichsten Vorsprung des Monzonits am oberen Ende des Circus des Monzonibachs, unmittelbar bevor man anfängt in die Höhe zu steigen auf der Ostseite des Monzonibaches anstehenden Monzonit, wenige Schritte vom Bachbett, überlagert von Schichten des Triaskalkes. Sowohl die Schichten des stark contactmetamorphosirten Kalksteins, als die Bänke des Monzonits fallen ca. 45° N.

Fig. 3.

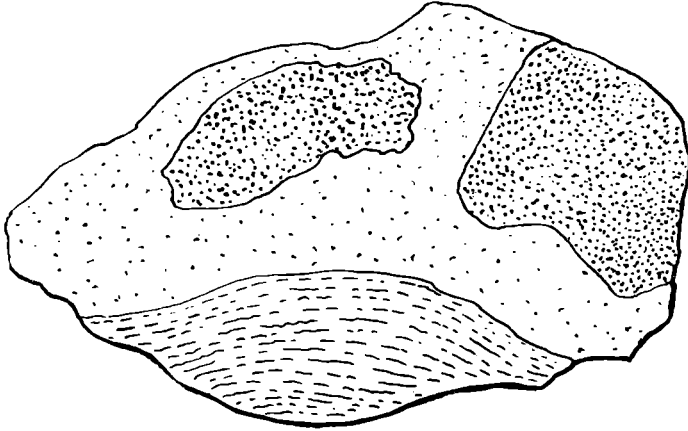


Dieser Monzonit ist eine gewöhnliche, mittelkörnige, ziemlich helle Varietät der normalen Mischung, nicht besonders basisch.

Die gewaltigen Trümmerhalden, welche sich südlich vom Circus erheben, bestehen dagegen aus den dunklen basischen Varietäten der Pyroxenite und verwandter Grenzfaciesbildungen, höher hinauf auch in festem Felsen anstehend und unter die davor liegenden Triaskalke hinabtauchend. In ungleichmässiger Vertheilung längs der alten wellenförmigen Grenzfläche sind hier die übrig gebliebenen Reste der zuerst abgespaltenen basischen Massen in den steilen Schründen entblösst. Dass sie hier wie am Canzacoli (De Lapparent), an der Scharte zwischen Riccoletta und Mal Inverno (Dölter) etc. die *älteste* Erstarrung repräsentiren, kann man schon aus den gewaltigen losen Blöcken am Fuss der Trümmerhalden im Monzonibach ablesen. Ein derartiger 1.5 Meter langer Block zeigte zwei Bruchstücke von sehr basischem Monzonit in ganz hellem porphyrischem Monzonit; unten grosstafeliger gewöhnlicher Monzonit (Fig. 4).

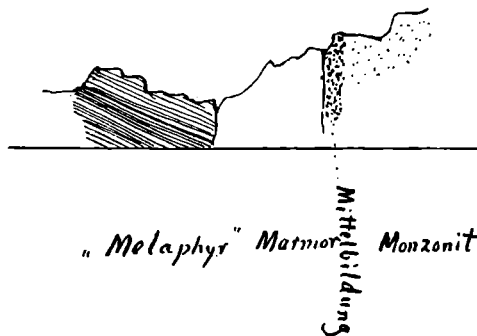
Die Nordseite des Monzoni ist indessen nicht die einzige Grenzfläche, längs welcher der Monzonit mit einer Grenzdecke von Pyroxeniten und anderen basischen Faciesbildungen bedeckt ist; sie sind in der That

Fig. 4.



viel mehr verbreitet als Dölter's Karte angiebt. So liefert *Kjerulf* eine hinreichend ausführliche Beschreibung von der Westseite des Monzonitgebietes in Palle Rabiose, aus welcher evident hervorgeht, dass auch hier dieselben dunklen Faciesbildungen (*Kjerulf* nennt sie Mittelbildungen) vorhanden sind.

Fig. 5.



(Profil von Palle Rabiose nach *Kjerulf*.)

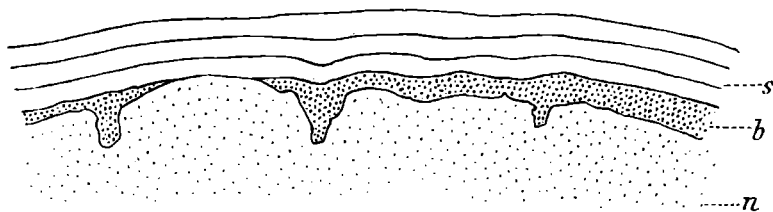
(NB. Der dunkle Augitporphyr von Val Pesmeda setzt nach *Kjerulf* viel weiter nach N. fort, als Dölter's Karte angiebt).

Auch weit ausserhalb Dölter's Karte, auf der Höhe der Campagnazza, gerade N. von dem kleinen See Lac di San Pellegrino, (wo südlich vom Fusspfad vom Le Selle Pass nach San Pellegrino zum ersten Mal wieder

fester Felsen ansteht, nachdem man den untersten Theil der Campagnazza passirt hat), fanden Professor Ussing und ich in mächtiger Masse anstehenden Pyroxenit; etwas weiter östlich fanden wir über demselben Grödener Sandstein und noch weiter östlich in niedrigerem Niveau Quarzporphyr. Auch hier muss somit der Pyroxenit eine Grenzfaciesbildung sein, obwohl das Terrain hier überall sehr bedeckt ist.

Das gangförmige Vorkommen der Pyroxenite, wie es von mehreren Verfassern beschrieben ist, kann auf verschiedene Weise erklärt werden. Zum Theil können wohl «Schlierengänge» vorhanden sein, welche durch die Bewegung der ganzen Magmamasse mit der zuerst ausgeschiedenen basischen Magmaschicht längs der Grenzfläche entstanden sind. Theils dürften die angenommenen Gänge durch *Einbuchtungen* der basischen Magmaschicht in die saurere Hauptmasse wegen der Stauungen gegen die obere Grenzfläche zu erklären sein, wobei die basische Grenzschicht auch stellenweise weggepresst sein kann; nachträgliche Erosion würde dann in der Oberfläche im Profil ein gangartiges Vorkommen zeigen, ohne dass wahre Gänge vorhanden sind. Die letzte Erklärung dürfte z. B. für die nördliche Grenzfläche des Monzoni-Massives nicht unwahrscheinlich sein. Die folgenden schematischen Profile deuten die Verhältnisse nach der Einbuchtung der basischen Grenzschicht vor und nach der Erosion an.

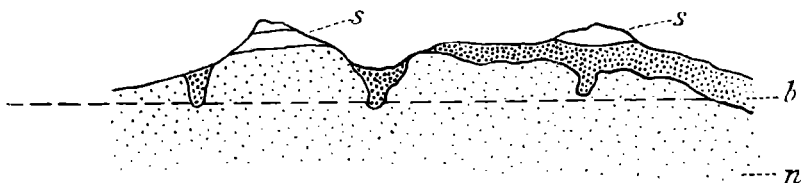
Fig. 6.



s = Schichtendecke. *b* = basische Grenzschicht. *n* = normales Gestein.

Schematisches Profil durch die obere Grenzzone eines Lakkolithen mit basischer Grenzschicht und Schichtendecke; die basische Grenzschicht durch Stauung eingebuchtet.

Fig. 7.



Dasselbe Profil nach eingetretener Erosion; oberhalb der gestrichelten Linie erscheinen die Einbuchtungen der basischen Grenzschicht im Profil als «Gänge».

Wie am Monzoni finden sich auch bei Predazzo auf ganz entsprechende Weise theils Pyroxenite, theils glimmerreiche basische Gesteine, theils auch andere basische Grenzfaciesbildungen. So an der Grenzstelle am Wege längs der Westseite des Malgola, welche *Reyer*¹ beschrieben hat; das schlierige Auftreten der einzelnen Gesteinstypen ist von *Reyer* richtig beschrieben, aber kaum richtig gedeutet, nämlich kaum zu beziehen auf Schlieren von basischem Magma, welche «gangförmig in älterem aber noch nicht erstarrtem Magma aufstiegen», sondern durch fluidale Bewegungen einer basischen Grenzschiebt längs der Grenzfläche zu erklären. Das dunkle Glimmergestein *Reyer's* ist, nach meinen Dünnschliffen zu urtheilen, nichts weiter als ein glimmerreicher Pyroxenit; sein «Syenitdiorit» theils ein plagioklasführender Pyroxenit, theils Monzonit etc.

Auch auf der Nordseite der Malgola fanden wir an mehreren Stellen pyroxenitische Grenzfacies; namentlich am nordöstlichen Theil.

Ähnliche Pyroxenite und verwandte Gesteine treten auch als *Apophysen* in der unmittelbaren Nähe der Grenzfläche gegen die Triasschichten auf. So z. B. bei der Westgrenze nahe der oben erwähnten Stelle in der Malgola, ungefähr 5 Minuten nachdem man die Grenze passirt hat. Ebenso an der Grenze in der von *Kjerulf* beschriebenen Kluft, gleich westlich von der Boscampobrücke.

Man steigt hier in der sehr steilen engen Schrunde ungefähr 100 Meter hinauf, dann sieht man in der Ostwand der Kluft schon Schichten von Triaskalk auf dem Monzonit, mit nördlichem Fallen auflagernd. Unmittelbar oberhalb dieses Grenzpunkts zeigt die Ostwand der Kluft folgendes Profil (Fig. 8).

Auf der Westseite der ganz engen Kluft steht hier noch Monzonit; die Kluft selbst ist deshalb längs einer Verwerfung ausgegraben, wobei die Ostseite ca. 50 bis 60 Meter gesunken ist; die Triasschichten haben längs der Verwerfungsebene geschleppt.

Die Gesteine der Apophyse sind ziemlich stark zersetzt, scheinen aber, soviel ich entscheiden konnte, complementäre Faciesbildungen zu sein, wobei das basische Gestein die Grenzfläche einnimmt.

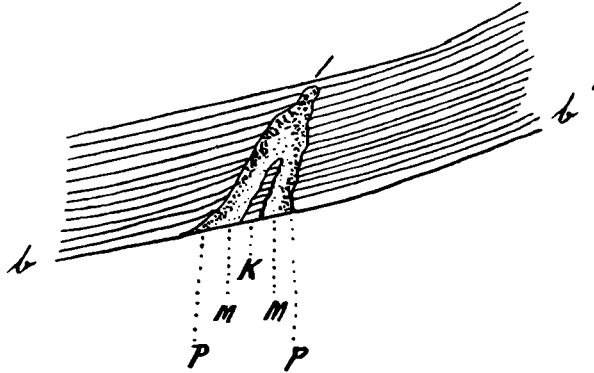
An der unmittelbaren Grenze ist zwischen dem Kalkstein und dem Pyroxenit reichlich Eisenkies und Kupferkies abgesetzt. Die Schichten selbst sind natürlich stark contactmetamorphosirt.

Auch am Canzacoli finden sich Pyroxenite als Grenzfaciesbildungen.

¹ L. c. S. 19.

Die typischen Pyroxenite von Monzoni und Predazzo bestehen aus: *Pyroxen*, in der Regel stark vorherrschend; daneben oft Hornblende, theils braune (primäre), theils grüne, — bisweilen auch farblos; Biotit häufig als Zwischenklemmungsmasse, gewöhnlich in geringer Menge,

Fig. 8.



b — b' = Bodenfläche der Schrunde.

K = bruchstückartige Scholle von Kalkstein.

P = Grenzfacies von dunklem Pyroxenit mit grossen Pyroxenkrystallen.

M = rother Monzonit.

lokal doch bisweilen stark angehäuft bis zur Verdrängung der übrigen dunklen Mineralien (Westseite von Malgola). Olivin findet sich nur bei gewissen sehr basischen Varietäten (z. B. von der Nordseite des Monzoni stellenweise reichlich); Magnetit in unregelmässigen läppigen grossen Körnern, als rundliche Körner und als Magnetitstaub, oft reichlich. Seltener auch Schwefelkies. Plagioklas fehlt selten vollständig, ist in gewissen Pyroxeniten (z. B. Nordseite von Monzoni) oft so reichlich, dass reine Übergänge in Monzonit gebildet werden, indem alsdann auch Orthoklas als letzte Bildung häufig ist. Rein akcessorisch Titanit, Zirkon, Spinell, Apatit; als letzte Bildung oft Kalkspath und Chlorit. Sekundär Chlorit, Epidot, Hornblende, Kalkspath, Magnetit, Serpentin (aus dem Olivin) etc.

Als Beispiele der relativen Mischungen können angeführt werden:

Pyroxenit; *Magna Boscha*. Grüner diopsidartiger Pyroxen ca. 80%; Magnetit ca. 7%; Biotit als Zwischenklemmungsmasse ca. 3%. Plagioklas (stark angegriffen) ca. 7%; als sekundäre Absätze Kalkspath, Strahlstein etc. ca. 3%.

Pyroxenit; *Südseite des Monzoni*, gegen San Pellegrino-Thal. Im Dünnschliff fast farbloser, grüner Diopsid, ca. 82%; Magnetit ca. 6%;

Biotit und Hornblende ca. 4 0/0. Zersetzter Plagioklas als Zwischenmasse ca. 6 0/0. Chlorit als Neubildung ca. 1 0/0. Titanit, Zirkon, Apatit zus. 1 0/0.

Pyroxenit; *Nordseite des Monzoni*. Pyroxen ca. 50 0/0; Hornblende (braun, grün, und farblos, die beiden letzteren theilweise Umwandlungsprodukte des Pyroxens) ca. 10 0/0; Biotit (häufig mit Kern von Magnetit) ca. 10 0/0; Olivin (stark serpentinisirt) ca. 10 0/0; Magnetit in grossen Körnern ca. 5 0/0. Plagioklas, stark zersetzt, ca. 10 0/0. Chlorit, Kalkspath und andere Zersetzungsprodukte.

Übergangsgestein zwischen Pyroxenit und Monzonit; Nordseite des Pellegrinthales. Pyroxen (randlich in Hornblende umgewandelt) in grossen Körnern ca. 50 0/0. Plagioklas (in dicken Tafeln, theilweise in Epidot und Kalkspath und Zeolithe umgewandelt) ca. 40 0/0. Orthoklas, als Zwischenklemmungsmasse ca. 5 0/0. Magnetit ca. 3 0/0, Biotit, Hornblende etc. in ganz geringen Spuren.

Die Structur unterscheidet sich nicht wesentlich von derjenigen mancher früher beschriebenen Vorkommen von Pyroxeniten; sie ist eine echte Tiefengesteinsstructur mit den Modificationen, welche auf die eigenthümliche Mischung zu beziehen sind. Die Pyroxenkörner sind gewöhnlich ziemlich isomer, gerundet, selten an einer Ecke oder Kante mit deutlich idiomorpher Begrenzung; dasselbe gilt von den Olivinkörnern, welche gewöhnlich theilweise früher auskrystallisirt sind. Biotit ist theilweise früher, theilweise nach dem Pyroxen ausgeschieden; dasselbe gilt auch von dem Magnetit. Die Hornblende ist in der braunen Varietät oft sehr früh auskrystallisirt, bildet aber gewöhnlich (in der grünen Varietät) eine unregelmässige läppige Zwischenklemmungsmasse. Der Plagioklas ist theils (wenn reichlicher vorhanden) in hypidiomorphen dicken Tafeln, theils als Zwischenklemmungsmasse ausgebildet; der Orthoklas, wenn überhaupt vorhanden, immer auf die letztere Weise.

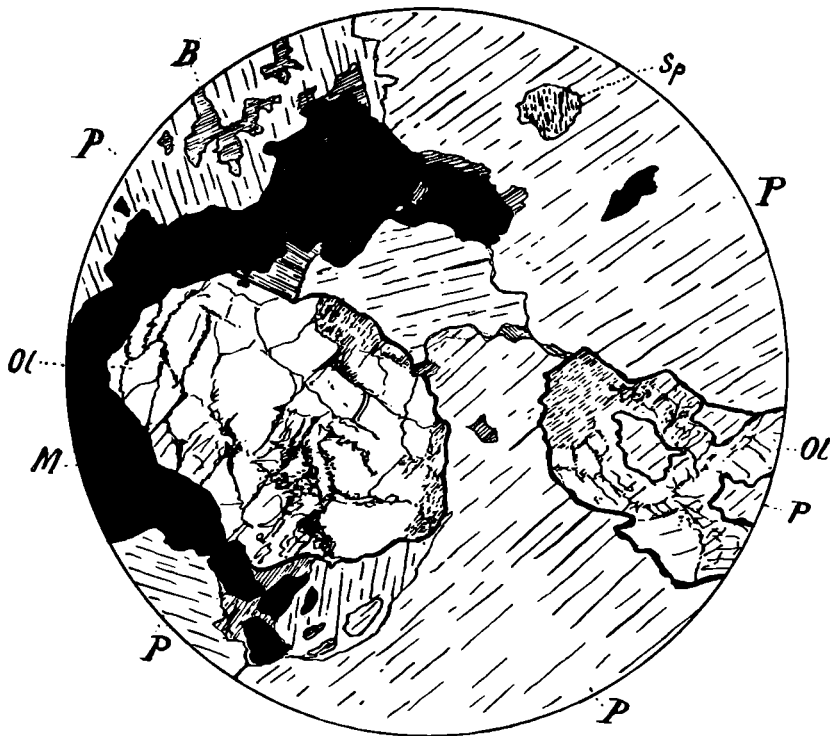
Eine Figur wird besser als lange Beschreibungen die Structur zeigen. (Siehe Fig 9).

Die normalen Pyroxenite sind nicht die äussersten basischen Glieder der Grenzfaciesbildungen der Monzonite. Schon *De Lapparent* hat sehr *magnetit*-reiche Gesteine («Monzonite magnetique» l. c. S. 263), bis zu $\frac{1}{5}$ aus Magnetit bestehend, erwähnt.

Er beschreibt dieses an Magnetit reiche Gestein als aus sehr viel Magnetit, Glimmer und Amphibol (zum grossen Theil wohl Pyroxen?) mit wenig Plagioklas bestehend. Es wäre dies Gestein (von Malgola) dasselbe, welches *Reyer* als dunkles *Glimmergestein* beschrieb; es ist ein Magnetit-Biotit-Pyroxenit.

Andere Pyroxenite sind ungewöhnlich reich an Olivin und bilden dadurch Übergangsglieder zu Peridotiten, welche vielleicht auch am Monzoni vorkommen.

Fig. 9.



Pyroxenit von der Nordseite des Monzoni. $\frac{40}{1}$.

P = Pyroxen. *M* Magnetit. *B* Biotit (gestreift). *Ol* = Olivin (theilweise in Serpentin, *Sp*, fein gestrichelt, umgewandelt).

Von den basischeren Pyroxeniten, Magnetit-Pyroxeniten, Biotit-Pyroxeniten und Olivin-Pyroxeniten liegen, soviel bekannt, keine Analysen vor. Die von *Lemberg* und *Delesse* ausgeführten Analysen der relativ basischen Grenzfaciesgesteine von Canzacoli und Malgola (siehe weiter unten) zeigen durch ihren hohen Thonerdegehalt, dass sie sich nicht auf typische Pyroxenite beziehen können.

Der Thonerdegehalt ist in diesen Analysen: 10.21, 13.08, 15.51, 16.20, 16.77, 18.42, 19.31 Procent; der Alkaligehalt ist auch entsprechend recht hoch, in Mittel ca. $5\frac{1}{2}$ 0/0, bei so basischen Gesteinen (47 bis 51 0/0 SiO_2) sehr beträchtlich. Die Analysen des Pyroxens und des

Diallaga aus Monzonigesteinen, welche von *G. v. Rath* ausgeführt wurden, zeigen einen niedrigen Al_2O_3 -Gehalt von nur 4.16 bis 5.10 Procent.¹

Es darf somit schon aus den Analysen der gewöhnlich feinkörnigen dunklen Faciesbildungen des Monzonits von Canzacoli geschlossen werden, dass diese Gesteine keine echten Pyroxenite gewesen sind, sondern noch an Plagioklas relativ reiche basische Gesteine.

Selbst das von *Tschermak* beschriebene (l. c. 116), von *Konya*² analysirte, sehr basische Gestein von Canzacoli mit nur 38.18 % SiO_2 , ist noch ein plagioklasreiches Gestein gewesen; nach *Tschermak's* Berechnung (gestützt auf Beobachtungen unter dem Mikroskop), sollte das Gestein folgende Zusammensetzung gehabt haben: ca. 43 % Pyroxen, 27 Feldspath, 25.5 Magnetit, 3.5 Spinel, ausserdem etwas Biotit etc. Im Feldspath muss auch noch ein wenig Orthoklas einbegriffen gewesen sein; auch ich fand dementsprechend in sehr basischen Pyroxeniten von Monzoni noch in geringer Menge Orthoklas als letzte Bildung.

Ähnliche basische Grenzfaciesgesteine finden sich nun auch in mannigfaltiger Ausbildung lokal längs der alten Grenzfläche am Südabhang des östlichen Theils des Mulatto, theils auch sehr abwechselnd ausgebildet am Nordabhang des östlichen Theils der Malgola.

Die herrschenden Grenzfaciestypen an diesen beiden letzteren Stellen sind jedoch nicht besonders basische Constitutionsfaciesbildungen, wie Pyroxenite etc., obwohl solche nicht fehlen, sondern es sind *Structurfaciestypen mit vorherrschend porphyrischer Structur*, mit feinkörniger bis dichter Grundmasse und porphyrischen Einsprenglingen von Pyroxen, Biotit, Plagioklas; die Grundmasse führt ausser Plagioklas (in kurzen Tafeln) auch Orthoklas und oft Quarz als letzte Bildung, unter den dunklen Mineralien häufig ausser Pyroxen besonders reichlich Biotit, seltener Hornblende. Magnetit immer reichlich, häufig auch Apatit. Unter relativ seltneren Bestandtheilen ist zu nennen: rhombischer Pyroxen (Bronzit oder Hypersthen), welcher z. B. an einer Stelle (bei 14 auf

¹ Analysen des	Pyroxens (aus Monzonit) Monzoni; nach G. vom Rath.	Pyroxens (aus «Gabbro»), Monzoni; nach G. vom Rath.	Pyroxenit, Brandberget, Gran, Norwegen; Schmelck.
SiO_2	49.60	45.88	45.05
Al_2O_3	4.16	5.10	6.50
Fe_2O_3 & FeO .	9.82	12.62	11.52
MgO	14.42	13.81	12.07
CaO	21.86	20.30	18.84

Im Pyroxenit von Brandberget, Gran, Norwegen ausserdem TiO_2 2.65, P_2O_5 0.13, Na_2O 0.94, K_2O 0.78, Glühverlust 2.40 etc.

² Die Analyse *Konya's* ergab: SiO_2 38.18, TiO_2 Spuren, Al_2O_3 10.06, Fe_2O_3 17.50, FeO 9.47, MgO 9.72, CaO 11.84, Na_2O 0.52, K_2O 1.38, H_2O 1.26.

der Karte Reyers) der Südost-Seite des Mulatto, neben Biotit sogar (in ziemlich idiomorphen Körnern) vorherrschend ist unter den dunklen Bestandtheilen; in dieser Facies wurde auch Magnetkies beobachtet.

Diese porphyrischen Faciesbildungen des Monzonits sind durch alle Übergänge petrographisch mit dem gewöhnlichen Monzonit verbunden; es sind diese Faciestypen, welche *Reyer* als Ströme von Liebenritporphyr aufgefasst hat (siehe hierüber weiter unten). Im Kristianiagebiet sind analoge porphyrische Grenzfaciesbildungen abyssischer Gesteine eine ganz gewöhnliche Erscheinung.

Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo und Monzoni.

In der vorstehenden Darstellung wurden unter den triadischen Eruptivgesteinen von Predazzo und Monzoni die Monzonite und ihre Grenzfaciesbildungen erwähnt.

Wie hinreichend bekannt, sind diese Gesteinstypen nicht die einzigen Eruptivgesteine des triadischen Eruptivgebietes dieser Gegend von Südtirol. Schon aus alter Zeit sind ausserdem eine bedeutende Anzahl anderer Gesteine von Predazzo und Monzoni und der nächsten Umgebung beschrieben, namentlich von Tiefengesteinen noch *Granit* («Turmalingranit»), von Ergussgesteinen sogenannte «*Augitporphyre*», «*Melaphyre*» und Mandelsteine etc., von Ganggesteinen sog. «*Liebeneritporphyre*» und verwandte Gesteine.

Als *Camptonit* war schon ein mehrfach beschriebenes Ganggestein zwischen Roda und Predazzo von *Rosenbusch* (Mikros. Phys. B. II, S. 334; 1887) erkannt; Dr. *Weinschenk* in München, welcher mich und meinen Begleiter mit mehreren nützlichen Erläuterungen für unsere Reise in Tyrol versehen hatte, gab uns auch schon im voraus die Mittheilung, dass er sowohl bei Predazzo als auch bei Monzoni eine ganze Anzahl Gänge von Camptoniten vorgefunden hätte. Auch *Becke*¹ hatte schon schmale Gänge «eines camptonitähnlichen dunklen Eruptivgesteines, das von den deckenförmigen Melaphyrmassen des Mulatto sehr verschieden ist», erwähnt. Wir fanden nun in der That auch eine bedeutende Anzahl Gänge, theils von echten Camptoniten, theils von nahe verwandten augitreichen Gesteinen, namentlich bei Predazzo. Es würde dies Material sehr wohl eine besondere Beschreibung verdienen; da es

¹ Min. und petrograph. Mitth. B. 13, S. 278.

aber einleuchtend ist, dass eine erschöpfende Bearbeitung dieser Ganggesteine ein reichlicheres Material voraussetzen würde, als was in 8 Tagen gesammelt werden konnte, und da es mir naturgemäss scheint, dass eine derartige vollständigere Untersuchung nur von einheimischen, österreichischen Geologen befriedigend ausgeführt werden kann, habe ich von einer Special-Beschreibung dieser interessanten Gesteine abgesehen. Einige derselben werde ich bei einer späteren Gelegenheit zum Vergleich mit nahe verwandten norwegischen Camptonitgesteinen erwähnen.

Hier sollen die verschiedenen Eruptivgesteine der Gegend von Predazzo und Monzoni deshalb nur in Verbindung mit der Frage über ihre gegenseitigen Altersbeziehungen berücksichtigt werden.

Abgesehen von den älteren, permischen Quarzporphyren und den diese begleitenden Ergussgesteinen, sollte man nach dem obigen bei Predazzo und Monzoni namentlich folgende Haupttypen von Eruptivgesteinen, welche wahrscheinlich sämmtlich von triadischem Alter sind, unterscheiden können:

1. *Granit* (Turmalingranit etc.) bei Predazzo.
2. *Monzonite* (mit verwandten extremen Typen der Augitsyenitreihe und der Dioritreihe) sowie
3. in nächster Beziehung zu diesen ferner *Pyroxenite* und verwandte basische und ultrabasische Typen.
4. *Labradorporphyrite*, *Augitporphyrite*, *Melaphyre* und *Mandelsteine* sowie zugehörige *Tuffe* etc., eine sehr abwechselnd ausgebildete Reihe von basischen Ergussgesteinen und zugehörigen Ganggesteinen.
5. *Camptonite* und verwandte ultrabasische und basische Ganggesteine.
6. Sogenannte *Liebeneritporphyre* und verwandte eisenarme, mittel-saure und saure Ganggesteine.

Über die relativen Altersbeziehungen dieser verschiedenen Eruptivgesteine, ihre Eruptionsfolge, sind die Forscher, welche sich früher mit dieser Frage beschäftigt haben, nicht einig gewesen.

Diese fehlende Übereinstimmung ist theilweise auf ungenügende Untersuchungen der Eruptivgesteine selbst und daraus herrührende Zusammenstellung von Gesteinstypen, welche nicht gleichzeitig gewesen sind, theilweise auch auf ungleiche Auffassung der Bildungsbedingungen der verschiedenen Eruptivgesteine zurückzuführen.

Die älteren Auseinandersetzungen über die Eruptionsfolge sind natürlich schon deshalb nur mit grosser Reservation zu berücksichtigen,

weil die Gesteinsbestimmungen selbst bei der damaligen unvollkommenen Beschaffenheit der petrographischen Hilfsmittel selbstverständlich sehr unsicher waren; sie sind auch nachweisbar in den älteren Arbeiten nicht ohne Einfluss auf die Auffassung der Succession der Eruptionen gewesen.

Von *Richthofen* schreibt (l. c. S. 259) über die Eruptionsfolge bei Predazzo folgendes:

«Predazzo liegt in einem Centrum von Eruptionen, wie man es sich kaum vollkommener vorstellen kann. Ein mächtiger Stock von *Monzon-syenit*, ähnlich dem des Monzoni selbst, hat hier den tiefliegenden *Quarzporphyr* durchbrochen und sich als eine mächtige Masse in das gesammte auflagernde Triassystem bis aufwärts zum Schlern-Kalk hineingedrängt. Mitten durch diesen Syenitstock drang später *Turmalin-Granit* aufwärts, der sich deckenförmig über den vorigen ausbreitete, und abermals aus demselben Centrum brach später *Melaphyr* in einem centralen Gang durch den Turmalin-Granit und in mehren seitlichen Gängen durch beide ältere Eruptivgesteine aufwärts und breitete sich ebenfalls deckenförmig aus. Dann folgten noch viele andere Eruptionen».

Speziell über die Reihenfolge der Malgola weiterhin folgendes: «Das Altersverhältniss der Eruptivgesteine der Malgola lässt sich leicht festsetzen. Das älteste war der Syenit. Nach unserer Theorie über die Entstehung des Hypersthenfelses folgte demselben bald dieser letztere. Dann kam die Reihe an den Turmalin-Granit; denn an anderen Orten wird er von den weniger basischen schwarzen Porphyren durchsetzt. Es folgte das Mittelgestein zwischen Melaphyr und Augitporphyr und endlich der Liebenertit-führende Feldspathporphyr; man sieht an mehreren Stellen in der Nähe der Boscampo-Brücke den ersteren vom letzteren deutlich durchsetzt, so dass über dieses Altersverhältniss kein Zweifel herrschen kann» (S. 261—262 l. c.).

Über die gegenseitigen Altersverhältnisse der Eruptivgesteine bei *Monzoni* bemerkt von *Richthofen*:

«Die Gesteine, welche dieses scharf begrenzte Gebirge zusammensetzen, habe ich bereits oben erörtert. Es ergab sich, dass *Syenit* den eigentlichen Gebirgsstock bildet und später von *Hypersthenit*-Gängen durchsetzt wurde, dass ferner das letztere Gestein zur Eruption gelangte, als der Syenit noch nicht erstarrt war, und nichts Anderes ist als langsam erstarrte Augitporphyr-Masse. Eine Specialuntersuchung macht dies Resultat sehr wahrscheinlich; denn man findet im Bereich des Syenits nicht einen einzigen Gang von Augitporphyr, ausserhalb desselben aber nicht einen einzigen von Hypersthenit; beide Gesteine treten aber dicht neben einander auf» (l. c. S. 252 & 253; siehe auch S. 147).

In der allgemeinen Einleitung über die Eruptivgesteine des Südtirols (l. c. S. 107 ff.) giebt *von Richthofen* aber an, dass lange nach dem Abschluss der Eruptionen der permischen Quarzporphyre *eine neue triadische Eruptionsepoche mit dem Augitporphyr eröffnet wurde*,¹ und dass die (von Melaphyr begleiteten) Eruptionen der Augitporphyre «alle späteren Gesteine überdauerten». (S. 107).

Genauer besehen hat also von Richthofen für die triadischen Eruptionen des Südtirols folgende Reihenfolge angegeben:

- Zuerst 1. Basische Eruptionen: «Augitporphyre» etc.
2. Monzonite mit verwandten Gesteinen, darunter auch die Pyroxenite (*v. Richthofens* Hypersthenite (pt.), welche nach seiner Auffassung als Gänge gleich nach dem Monzonit, aber in Zusammenhang mit diesem hervorbrachen).
 3. Turmalingranit.
 4. «Melaphyre» («Augitporphyre» und verwandte Gesteine).
 5. Liebeneritporphyr (*v. Richthofens* Feldspathporphyr; als noch jüngere Bildung erwähnt er einen sogenannten «Syenitporphyr» von der Enge im oberen Theil des Viezenabaches, welcher doch nach *Dölter* nicht von dem «Orthoklasporphyr» ω : Liebeneritporphyr unterschieden werden kann).

Nach der Andeutung *Richthofens* sollten während der ganzen Eruptionsperiode basische Gesteine, «Augitporphyre» und verwandte Gesteine emporgebrochen sein; für eine solche Behauptung findet sich jedoch, so viel ich finden konnte, kein Beweis. Aus den Profilen und sonst aus dem Texte ist nur zu ersehen, dass basische Gang- oder Erguss-Gesteine sowohl früher als die Bildung der Monzonite, als nach der Bildung des Turmalingranits emporgebrochen sind.

Von Richthofen wollte zwischen «Augitporphyr» (mit verwandten Gesteinen, Mandelsteinen, Tuffen etc.) und «Melaphyr» (mit verwandten Gesteinen, namentlich verschiedenen Ganggesteinen) unterscheiden, obwohl er petrographisch alle Übergänge zwischen beiden erkannte. Es ist wohl zu merken, dass *v. Richthofens* Melaphyr-Definition, *nicht* dem Melaphyrbegriff der modernen Petrographie (z. B. nach *Rosenbusch's* Definition) entspricht. Für *v. Richthofen* waren seine Melaphyre, wie die Untersuchung der mit diesem Namen bezeichneten Gesteine z. B. von *Mulatto* zeigt, theils *Labradorporphyr*, theils gangförmige *Camptonite*; er hebt selbst (z. B. S. 143) hervor, dass seine Melaphyre *hornblende*-führende Gesteine sind.

¹ S. 128: «Der Augitporphyr eröffnet eine ganz neue Eruptionsperiode, welche ausschliesslich der oberen Trias angehört».

De Lapparent hat keine bestimmte und klare Meinung über die Eruptionsfolge ausgesprochen; er theilt die Eruptivgesteine in zwei Serien, wesentlich nach ihrer structurellen Ausbildung: «l'une, basique et porphyrique, celle du Fassa; l'autre, acide et granitoide, celle de Predazzo et du Monzoni». Diese beiden Serien betrachtet er als: «*parallèles et contemporaines*» (l. c. S. 257). Die erste Serie umfasst alle von *Richthofen* unter seinen «Augitporphyren» und «Melaphyren» zusammengefassten Ergussgesteine und Ganggesteine, welche *de Lapparent* sämmtlich als Melaphyre vereinigt; die zweite umfasst die Monzon-Syenite und Monzon-Hypersthenite v. *Richthofens*, (welche *de Lapparent*, wie schon oben erwähnt, alle als Monzonite zusammenfasst), sowie den Turmalingranit.

De Lapparent deutet als eine unsichere Hypothese an, dass die «Melaphyre» vielleicht nur eine unter anderen Bedingungen auskrystallisirte gleichzeitige Facies der Monzonite wären.

Was die «granitoide» Serie betrifft, lässt er es offen, ob nicht der Granit vielleicht doch älter wäre als der Monzonit (S. 271 l. c.).

Als letzte Eruptionen betrachtet er endlich mit v. *Richthofen* die sauren Gänge der «porphyres feldspatiques» (den Liebeneritporphyr, und den Syenitporphyr v. *Richthofens*).

Die als Melaphyre zusammengefassten Gesteine theilt *de Lapparent* in zwei Gruppen: «Melaphyres basiques» (die Augitporphyrite von Seisser Alp, Bufaure etc.) und «Mel. acides», beide durch eine Zwischengruppe «Mel. intermediaires» verbunden. Die «Mel. acides» wären u. a. die Labradorporphyrite von Monte Mulatto, welche auch v. *Richthofen* als Melaphyre bezeichnet hatte (*de Lapparent* bezeichnet dies Gestein als: «Mel. acide normal»); ferner wird auch unter dieser Gruppe als «Mel. acide amygdaloid» ein Gestein mit grossen Einsprenglingen von basaltischer Hornblende (S. 282) beschrieben, offenbar ein Camptonit aus Blöcken von einer Kluft (ravin) unterhalb des höchsten Gipfels des Mulatto.

De Lapparent hat keine Altersfolge innerhalb seiner Melaphyre versucht; er giebt an, dass sie in Gängen durch Monzonit und Granit durchsetzen. Abgesehen von seiner Vermuthung, dass der Granit älter als der Monzonit wäre, sollte seine Altersfolge demnach dieselbe als von *Richthofens* sein.

1874¹ und 1875² hat *Dölter* seine Auffassung der triadischen Süd-Tyroler Eruptivgesteine vorgelegt. Er meint, dass: «sämmliche Eruptiv-

¹ Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt. S. 322.

² Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. S. 212.

gesteine einer geologischen Etage angehören; ihre Eruptionszeit fällt in die Bildungszeit der Wengener Schichten, nach der Ablagerung der Buchensteiner Kalke.» «Wenn wir die Altersfolge der Eruptivgesteine näher betrachten, so ergibt sich in dem Gesamtgebiete eine constante Reihenfolge;» «danach gruppieren sie sich dem Alter nach wie folgt:

Monzonit (einbegriffen Richthofens
Hypersthenfels etc., siehe oben),
Granit,
Melaphyr und Augitporphyr,
Orthoklasporphyr».

«Wir können daher die Ansicht Richthofens im Grossen und Ganzen bestätigen», fügt *Dölter* hinzu.

Es muss jedoch gegenüber dieser Schlussfolgerung *Dölter's* bemerkt werden, dass es zwischen seiner und *v. Richthofen's* Reihenfolge einen wesentlichen Unterschied gibt, indem dieser, wie eben erwähnt, «Augitporphyr» auch als die *ältesten* triadischen Eruptionen anführt, *Dölter* dagegen Melaphyre und Augitporphyrite ausschliesslich als postgranitische Gesteine kennt.

Über *Dölter's* Melaphyre siehe weiter unten.

Diese von *Dölter* vorgelegte Auffassung der Eruptionsfolge bei Predazzo und Monzoni ist von den meisten späteren Autoren bis in die letzte Zeit ohne weiteres als sicher festgestellt angenommen (siehe z. B. *F. Zirkel*, Lehrb. d. Petr. B. I, S. 813, 1893).

Nur *Reyer* hat in seiner Arbeit über Predazzo (l. c. S. 54 & 55, Sep.-Abdr.) auch in dieser Beziehung seine eigene Auffassung, indem er meinte «dass die Fixirung einer bestimmten Reihenfolge unthunlich ist». «Im grossen Ganzen kann man wohl das folgende Schema aufstellen: Zur Zeit des Muschelkalkes kamen zum Ergusse zuerst Granit, dann Syenit. Die Syeniteruptionen dauern noch bis zu Beginn der Wengener Schichten an (Canzacoli). Darüber folgen Monzonit, Porphyr und Andesite». Er fährt dann weiter fort: «Im Einzelnen muss nun aber diese rohe Skizze mehrfach modificirt werden; wir haben nämlich gesehen: 1. dass Andesit mit Orthoklas, Porphyr und Syenit schon zur Zeit des Muschelkalkes auftritt (Málgola); 2. dass Monzonit örtlich mit den alten Syeniten verbunden auftritt (Málgola); 3. dass Syenit und Orthoklasporphyr örtlich mitten in den hohen Andesitmassen auftritt (Canzacoli); 4. dass Granit nicht bloss schlierenweise im Syenit der Málgola auftritt, sondern auch noch zur Zeit der Wengener Nachschübe erfuhr (Verquickung von Mulat; Granitgang von Canzacoli)». *Reyer* schliesst aus allen diesen seinen Erfahrungen, dass also «die Natur nicht rein arbeitet, sondern dass

dieselbe Eruptiv-Facies sich in verschiedenen Horizonten wiederholt». So weit *Reyer*.

Zur Erklärung der Grundlage dieser seiner Auffassung genügt es nur anzuführen, dass *Reyer* nicht nur die Eruption der Augitporphyrite und Melaphyre (seiner Andesite etc.), sondern auch der Monzonite und Granite als Ergüsse, als Decken, Ströme etc. auffasste, wobei die eugranitischen Gesteine am Boden eines tiefen Meeres abgelagert und hier unter grösserem (Meeres-) Druck erstarrt gewesen wären. Wer so sonderbare Ansichten über die Bildung der Tiefengesteine hat, kann wohl auch seine Rechnung darin finden, die Natur «unreiner Arbeit» zu beschuldigen, um über die Schwierigkeiten hinwegzukommen.

Es ist aber, wie ich mich an Ort und Stelle überzeugen konnte, im vorliegenden Falle nicht die Natur, sondern *Reyer* selbst, welcher nicht ganz «rein gearbeitet» hat; denn die von ihm angeführten hierher gehörigen Beobachtungen sind, zum nicht geringen Theil wegen mangelnder petrographischer Erfahrung, in mehreren Fällen ganz unrichtig. Es lohnt sich demnach auch nicht, die Missverständnisse seiner Auffassung im Einzelnen zu widerlegen. Um nicht ungerecht zu sein, muss ich hier ausdrücklich hervorheben, dass die Abhandlung *Reyers*, welche ja auch zahlreiche prächtige Beobachtungen enthält, schon im Jahre 1881 publicirt wurde.

Erst in der allerletzten Zeit ist eine andere Auffassung der Succession der Eruptivgesteine bei Monzoni und Predazzo, als namentlich die von *v. Richthofen* und später von *Dölter* abgeleitete, in einer kleinen Notiz von *F. Becke* veröffentlicht worden.¹ In den bekannten Turmalinnestern des Granits am S.W.-Fuss des Mulatto fand *Becke* einen 3—4 cm. grossen Flussspath-Krystall und derben, erbsengelben Scheelit; in diesen Turmalinnestern ist zugleich Kupferkies und Eisenkies mit dem Turmalin und dem Quarz nicht selten vorhanden. Diese Mineraliengesellschaft Quarz, Fluorit, Scheelit, Turmalin, Kupferkies etc. ist in den Turmalinnestern des Granits, wie *Becke* hervorhebt, gewiss als eine spätere pneumatolytische Phase in der Erstarrungsgeschichte des Granits aufzufassen. Dieselbe Mineraliengesellschaft ist nun aber schon früher aus Klüften des Labradorporphyrits (Melaphyrs) in den höher gelegenen Theilen des Mulatto bekannt; *Klippstein*, *Liebener & Vorhauser* und zuletzt *Cathrein* haben verschiedene Vorkommen beschrieben.²

¹ *F. Becke*: «Scheelit Granit von Predazzo»; *Tschermaks min. & petr. Mitth.* B. S. 277 (1894).

² Siehe hierüber auch *Reyer's* Predazzo, S. 5 (Sep.-Abdr.).

Becke schliesst hieraus gewiss mit vollem Recht, dass die früher «angenommene Reihenfolge, wonach Melaphyr jünger als Granit sein soll, umzukehren wäre».

[Ich will hier nur hinzufügen, dass eine genaue Analogie zu diesen Beobachtungen über pneumatolytische Mineralien in dem Turmalingranit von Predazzo und in dem Melaphyr auch an mehreren Stellen im Kristianiagebiet vorhanden ist; so finden sich z. B. im Quarzsyenit von Grorud häufig an kleinen Drusenräumen Flussspath, Kupferkies etc. und Kupfererze (Kupferkies, Kupferglanz, Buntkupfererz zum Theil mit anderen Erzen) mit Flussspath etc. als kleine Contacterzvorkommen an der unmittelbaren Grenze gegen Schollen von Silurschichten bei Grusletten und an mehreren Stellen dieser Gegend.¹

Dieselbe Gesellschaft von Kupfererzen mit Quarz, Flussspath etc. findet sich nun auch auf Spalten in den angrenzenden contactmetamorphosirten Labradorporphyriten in der Nähe der Grenze und steht auch hier unzweifelhaft mit der Quarzsyeniteruption in Verbindung, was namentlich durch das Vorkommen von Nedre-Grorud bewiesen wird, wo ein ordentlicher Kupfer-Bergbau getrieben ist längs der Grenze eines Quarzporphyrganges, welcher nichts weiter als ein Apophysengang des Quarzsyenits sein kann.]

Becke macht an derselben Stelle endlich auch darauf aufmerksam, dass die schmalen Gänge eines camptonitähnlichen dunklen Eruptivgesteins, welche den Mulattogranit durchsetzen, von dem Melaphyr des Gipfels sehr verschieden sind.

Wir sehen also, dass schon durch diese Beobachtungen von *Becke* wahrscheinlich gemacht worden ist, dass die frühere Auffassung der Eruptionsfolge im Süd-Tyrol, wie sie namentlich von *Richtofen* und *Dölter* dargestellt hatten, kaum richtig sein könne, eine Ansicht, welche ich nach Durchmusterung der Litteratur über Predazzo und Monzoni auch schon 1889 (in Vorlesungen an der Hochschule Stockholms) angedeutet hatte. Es war eben diese Überzeugung, welche hauptsächlich mein Interesse erregte für einen Besuch an den altberühmten classischen Vorkommen dieses kleinen Eruptivgebietes, welches in der Geschichte der Geologie eine so wichtige Rolle gespielt hat.

In der folgenden Darstellung sollen nun die wichtigsten Beobachtungen, welche von Bedeutung für die Feststellung der Eruptionsfolge bei Predazzo und Monzoni sein können, gesammelt vorgelegt werden.

¹ Siehe J. H. L. Vogt: «Norske ertsforekomster» I, Archiv f. Math. og Naturvid. B. 9 (1884), S. 259—262.

Die gegenseitigen Altersbeziehungen des Granits und des Monzonits.

Von Richthofen, Dölter und die meisten übrigen Forscher, welche über diese Frage etwas publicirt haben, sind darin einig gewesen, dass der Granit von Predazzo jünger als die Monzonitgesteine und ihre Folgschaft sein muss. Nur *De Lapparent* stellte dies Altersverhältniss in Zweifel, und für *Reyer*, welcher sowohl den Granit als den Monzonit (Syenit, Syenitdiorit, Monzonit etc. nach seiner Terminologie) als Oberflächenergüsse auffasste, war es eine nöthwendige Consequenz dieser Auffassung, dass er den Monzonit als das jüngere Gestein auffassen musste.

Von Richthofen hatte in seinem bekannten Profil von Weisshorn nach Viezena (l. c. S. 264), ebenso wie im Profil von der Cavignon Spitze zu Viezena (l. c. Tab. III, Fig. X) den Granit als überlagernd über den Syenit dargestellt. Dies giebt aber eine unrichtige Vorstellung von dem wahren Verhältniss, das (siehe schon *Reyer*, l. c. S. 29) gerade umgekehrt ist.

Am besten ist dies in den grossen Schründen an dem Südabhang des Mulatto zu sehen. Schon in der grossen Westschrunde (15 an *Reyer's* Karte), welche nach oben sich in drei gabelt, sieht man in einer Höhe von zwischen 1400 und 1500 Meter, wie der Monzonit als eine geneigte Scholle, als ein Kuchen, auf der Granitunterlage ruht. Der Granit ist aber trotzdem das jüngere Gestein, denn längs der Grenzfläche ist er feinkörniger als gewöhnlich, stellenweise ganz feinkörnig und *sendet von unten nach oben Apophysen in den Monzonit hinauf*. Der Monzonit selbst ist längs der Grenzfläche von gewöhnlicher und hier zwar ziemlich grobkörniger Structur. Man sieht diese Grenzverhältnisse besonders gut, wenn man längs der Grenze in dem östlichsten der drei Hauptzweige der grossen Westschrunde hinaufklettert, was in den oberen Theilen der Kluft allerdings stellenweise recht schwierig ist.

Zum Theil noch besser sieht man dieselben Grenzverhältnisse zwischen Granit und Monzonit in der grossen Ostschrunde (südlich von 16, namentlich zwischen 11 und 12, auf *Reyer's* Karte) auf beiden Seiten derselben. Man steigt zuerst von der Landstrasse über die gewaltige Schutthalde hinauf, bis man hoch oben an der linken (westlichen) Seite der Kluft anstehenden Felsen trifft. Es ist die (S. 30 und Fig. 7 im Sep.-Abdr.) von *Reyer* beschriebene Stelle.

Reyer's Beschreibung giebt aber eine vollständig falsche Vorstellung von den Thatsachen selbst, und seine Figur mit der darin ausgedrückten

hypothetischen Erklärung entspricht nicht der Wirklichkeit. Was man sieht, ist ein Erosionsrelict von Monzonit, welches auf Granit liegt; die Grenzfläche selbst ist an der von *Reyer* abgezeichneten Stelle, so viel ich sehen konnte, kaum die Grenze zwischen dem granitischen Hauptgestein und Monzonit, sondern zwischen einer Granitapophyse (= *Reyer's* «röthliche Orthoklasschliere», a auf seiner Fig.) und dem Monzonit. Unterhalb der Apophyse scheint wieder Monzonit von etwas abweichender Beschaffenheit anzustehen; in dem südlichen Theil der kleinen steilen Wand findet man mehrere kleine quarzreiche, helle aplitische Adern, wenige Centimeter breit, deren Verbindung mit dem untenliegenden Granit nicht direct beobachtet werden kann. Hinter der Wand steigt der Granit sehr rasch hinter dem aufliegenden Monzonit in die Höhe. Folgt man, stetig steigend, zuerst nach N.-W dann nach W dem anstehenden Granit, so kommt man schliesslich zu einer Stelle, wo die unmittelbare Grenze zwischen dem unterliegenden Granit und der Scholle des aufliegenden Monzonits auf einer kleinen Strecke ausgezeichnet entblösst ist. Man findet hier wieder 1) dass der Monzonit an der Grenze von gewöhnlicher Korngrösse ist und gar keinen Grenzfaciescharakter aufweist. *Der Granit dagegen ist hier wieder 2) in einer Breite von mehreren Metern nach der Grenzfläche hin immer feinkörniger und 3) sendet er von unten nach oben kleine Apophysen in den aufliegenden Monzonit hinauf; auch werden 4) die Bänke des Monzonits von dem Granit schräge abgeschnitten.*

Die folgende Figur (S. 88) giebt ein Profil über die eben beschriebenen Verhältnisse, (es muss bemerkt werden, dass *Reyer's* übrigens in manchen Beziehungen verdienstvolle Karte hier nicht ganz genau ist).

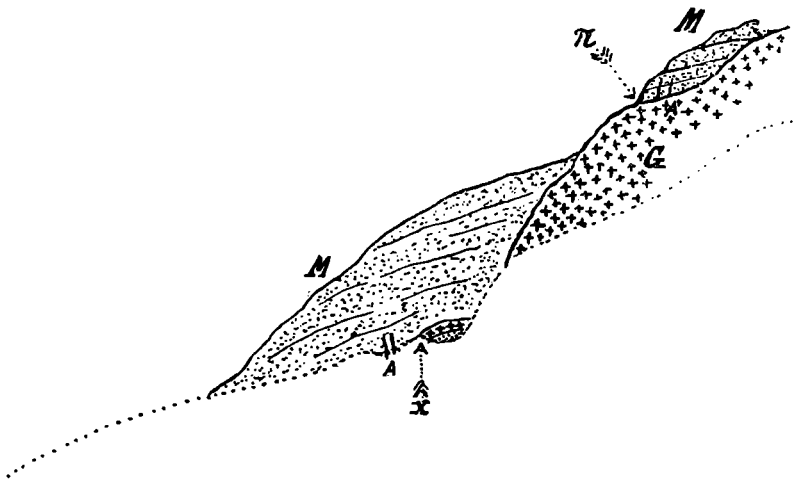
Auch auf der Ostseite der Ostschrunde können ähnliche Verhältnisse bezüglich der Grenze zwischen Granit und Monzonit beobachtet werden. Wahrscheinlich hat auch *v. Richthofen* hier Gänge von Granit im Monzonit beobachtet (l. c. S. 264). Die Gänge, sowie noch mehr die Beschaffenheit der Grenzfläche beider Gesteine im übrigen zeigt hier jedem unbefangenen Beobachter, *dass der untenliegende Granit das jüngere der beiden Gesteine ist.* Wie *Reyer* auf seine Auffassung der sparsam aufbewahrten Erosionsrelicte des bankigen Monzonits als Ergüsse und Ströme, welche über das Granitgehänge hinabgewandert sein sollten, gekommen ist, ist bei so klaren Verhältnissen schwierig zu verstehen. Von seinen Ost-West-Spalten, aus welchen die Monzonitmassen hervorgebrochen und den Abhang hinab bis ins Thal geflossen sein sollten, und welche er überall auf seiner Karte eingetragen hat, ist an vielen von ihm angegebenen Stellen überhaupt keine Spur

zu entdecken. Sie sind nur auf eine lebhafte Phantasie zu beziehen; in der Wirklichkeit existiren sie nicht, — obwohl Spalten — (Verwerfungsspalten und Gangspalten) sonst in dieser Gegend reichlich vorhanden sind.

Fig. 10.

S.

N.



Profil längs dem unteren Theil der Westseite der grossen Ostschrunde, Mulatto.
M = Monzonit; *G* = Granit; *A* = Aplitgänge. Die punktirte Linie giebt ungefähr die Grenzlinie der Schutthalde gegen festen Felsen an. *x* ist die von *Reyer* in seiner Fig. 7 abgebildeten Stelle; *π* ist die oben beschriebene höher hinauf und westlicher belegene Grenzstelle.

Zum Überfluss will ich nicht unterlassen hinzuzufügen, dass ich selbstverständlich die mitgebrachten Proben von den in den Monzonit auf der Grenzfläche hinaufsetzenden granitischen Aplitadern in Dünnschliffen unter dem Mikroskop untersucht habe.

Sie entsprechen vollständig gewöhnlichen quarzreichen Apliten (sie führen keinen Muskowit, dagegen Biotit) und lassen keinen Zweifel übrig, dass sie Granitapophysen sind.

Wir können also in Übereinstimmung mit von *Richt Hofen*, *Dölter* etc. bestätigen, dass der Granit von *Predazzo* jünger als der Monzonit ist.

Die feinkörnige Beschaffenheit der Grenzzone des Granits an mehreren Stellen, wo die unmittelbare Grenze gegen den Monzonit

entblösst war, sowie die schräge Abschneidung der Bänke des letzteren beweist ausserdem noch, dass der Monzonit schon ein festes Gestein und längst abgekühlt war, als der Granit heraufgepresst wurde.¹

Die gegenseitigen Altersbeziehungen des Granits und der von Dölter als „Melaphyre“ zusammengefassten Gesteine.

Die von älteren Verfassern aus den Beobachtungen abgeleiteten Ansichten über diese Frage sind schon oben referirt worden.

Abgesehen von der Vermuthung *Becke's*, dass der Granit des Mulatto vielleicht jünger als der «Melaphyr» des Gipfels wäre, haben sämtliche ältere Autoren ohne weiteres angenommen, dass umgekehrt der Granit von beiden das ältere Gestein wäre.

Wenn man sich die Mühe macht, bei den verschiedenen Verfassern das für diese Behauptung dargelegte Beobachtungsmaterial durchzugehen, so sieht man, dass hauptsächlich folgende Verhältnisse für die Annahme einer derartigen Altersbeziehung bestimmend gewesen sind:

1. Alle Verfasser, welche den Granit bei Predazzo an Ort und Stelle studirten, haben nicht umhin können zu bemerken, dass derselbe von einer Anzahl dunkler, basischer, gewöhnlich als «Melaphyr» charakterisirter Gänge durchsetzt ist.
2. Diese «Melaphyrgänge» wurden mit den dunklen «Melaphyren» in den Decken des Gipfels von Mulatto und diese letzteren wieder mit den verwandten basischen Ergussgesteinen (Decken und Gängen von «Augitporphyr» etc. etc.) im oberen Fassathal (Seisser Alp etc. etc.) mit ihren Tuffen zusammengestellt und als mit diesen gleichaltrig angesehen.

Es sind also hier zwei verschiedene Fragen zu beantworten:

- a) Sind die dunklen Deckengesteine aus dem Gipfel des Mulatto identisch mit den den Granit durchsetzenden Ganggesteinen?
- b) Sind die Gipfel-«Melaphyre» des Mulatto wie die Gänge jünger, oder sind sie älter als der Granit?

¹ Eine derartige «Verschweissung» beider Gesteine, welche *Reyer*, S. 31 (Sep.-Abdr.) beschreibt, haben wir nicht entdecken können. Liest man *Reyer's* eigene Beschreibung von einem gewöhnlichen geologischen Standpunkte, so lässt sich, wie mir scheint, kein anderer Schluss aus denselben ziehen, als dass auch *Reyer* an der angegebenen Stelle Gangapophysen von jüngerem unterliegendem Granit in dem überlagernden älteren Monzonit beobachtet hat.

Was die erste Frage betrifft, so wurde schon oben erwähnt, dass die dunklen Gänge, welche den Granit von Mulatto durchsetzen, *nicht* mit den Gipfelgesteinen identificirt werden können; im Gegentheil, sie bilden eine zwar manchartig wechselnde, jedoch recht gut charakterisirte Gruppe von basischen und ultrabasischen Ganggesteinen, welche theils echte Camptonite, theils mit den Camptoniten verwandte Ganggesteine sind.

Ob unter den verschiedenartigen basischen Gipfel-Gesteinen des Mulatto auch deckenförmige Ergussgesteine vorkommen, welche diesen camptonitischen Ganggesteinen in Alter und Zusammensetzung entsprechen, müssen wir unentschieden lassen. Sicher ist es dagegen, dass das Hauptgestein des Mulatto-Gipfels, Klippsteins «*Mulattophyr*», v. *Richt-hofen's* «Übergangsgestein zwischen Melaphyr und Augitporphyr», *de Lapparent's* «melaphyre acide normal», *Dölter's* «augitarmer Melaphyr», *Reyer's* Andesit von Mulatto, — *dies Gestein nicht* jünger ist als der Granit vom Fuss des Berges.

Schon *Studer*¹ bemerkt, dass man nach den Grenzverhältnissen des schwarzen Porphyrs und des Granits fast glauben sollte, wenn eines das jüngere beider Gesteine, so sei es der tiefere rothe Granit und nicht der schwarze Porphyr.

Studer's Beobachtungen, auf welche wir weiter unten zurückkommen wollen, beziehen sich wahrscheinlich auf die Grenze in den oberen Theilen der grossen Westschrunde am Südgehänge des Mulatto; v. *Richt-hofen*, *de Lapparent*, *Dölter* etc. haben diese Grenze offenbar nicht beobachtet. In *Reyer's* Abhandlung dagegen finden sich die Contactstellen der beiden Gesteine (S. 37—40, Sep.-Abdr.) in den grossen Schründen ziemlich ausführlich beschrieben. *Reyer* selbst schliesst aus seinen Beobachtungen, dass beide Gesteine plastisch weich waren, als sie mit einander in Berührung kamen. Der «Andesit» sollte dabei eigentlich der jüngere sein, aber der Granit wäre seiner grossen Masse wegen noch nicht erstarrt, als der «Andesit» emporbrach, und sollte ausserdem «Nachschübe» erfahren haben, indem er deutlich Gänge in den «Andesit» hineinsendet. Diese Deutung *Reyer's* scheint aber kaum wahrscheinlich.

Nach den von *Reyer* angeführten Beobachtungen ist der Granit längs der Grenze *porphyrartig*; die Grenze ist also für den Granit offenbar eine *Abkühlungsfläche* gewesen. Ferner wäre der «Andesit» längs der Grenze «zu einem bröckelig-klüftigen braunen *Glas gefrittet*»

¹ *Leonhard's* Zeitschr. f. Min. 1829, S. 269.

worden durch Contacteinwirkung von dem Granitmagma; diese Beobachtungen zusammen können doch wohl nur auf die Weise gedeutet werden, dass der Andesit schon ein festes Gestein war, als er dem Einfluss des heissen Granitmagma ausgesetzt wurde. Denn wäre der Andesit selbst warm und weichflüssig gewesen, so könnte er doch unmöglich bei der Berührung mit einem heissflüssigen Granitmagma längs der Berührungsebene ein Glas — was ja als primäre Bildung auf *schnelle* Abkühlung hinweist — gebildet haben? Da ausserdem der Granit zackig in den «Andesit» hineingreift und Gänge in denselben hineinsendet, während keine Gänge des «Andesit» im Granit an der Grenze beobachtet wurden, scheint mir der einzige wahrscheinliche Schluss auch aus *Reyer's* eigenen Beobachtungen, dass thatsächlich der Granit das jüngere beider Gesteine ist, wie schon *Studer* vermuthet hatte.

Reyer citirt *Studer's* Beschreibung der Grenzverhältnisse zwischen dem Plagioklasporphyr und dem Granit in den grossen Schründen; er citirt aber unvollständig. *Studer* erzählt nämlich zuerst, wie er mit dem Aufsuchen einer von Herrn *Trettenaro* aufgefundenen Stelle einer Granitvarietät «mit fussgrossen Elementen» (das heisst also: ein Granitpegmatitgang, — wieder ein Grenzverhältniss!) beschäftigt war, und fährt so fort:

«Während ich mit dem Aufsuchen dieser Stelle beschäftigt war, fielen mir Blöcke auf, in denen sich rother Granit und schwarzer Porphy zu einem Brekzien-artigen Gesteine verbunden zeigen, und zwar so, dass ersterer als Grundmasse, der Trapp aber, in eckigen Stücken, als das umhüllte Trümmer-Gestein erscheint. Um über dieses sonderbare Verhältniss ins Klare zu kommen, stieg ich, ungefähr in der Mitte zwischen *Predazzo* und der *Boscampo*-Brücke, den steilen Abhang des *M. Mulatto* aufwärts an die *Costa di Ballon*, etwa eine Stunde oberhalb des Thalbodens. Alles Anstehende vom Fuss des Berges an, bis in diese Höhe, ist der rothe Granit, der, in dieser Gegend besonders, äusserst wilde Gebirgsschluchten und weit ausgedehnte, ganz nackte Felsabstürze bildet. An dem Wasserfall, und zunächst an der Höhe der *Costa di Ballon*, erreicht aber derselbe seine obere Grenze, und Alles, bis auf den vielleicht noch einmal so hohen, Gipfel des *Mulatto*, ist nur schwarzer Porphy, das Gestein der *Forcella*, auch hier in zerspaltenen, nackten Fels-Stöcken und hohen Abstürzen. Die Grenze des rothen und schwarzen Gesteines ist durch mehrere Schluchten hindurch unbedeckt, und so scharf als möglich, aber keineswegs eben und gleichförmig fortlaufend. In scharfkantigen Zacken greift der rothe Granit in den schwarzen Porphy ein, und dicke Stämme desselben dringen darin aufwärts bis in

beträchtliche Höhe, auch zartere Adern durchschlingen den Trapp, zum Theil mehrfach gewunden, so dass man fast glauben sollte, beide Gesteine seyen gleichzeitiger Bildung, oder, wenn eines das jüngere, so sey es der tiefere rothe Granit und nicht der schwarze Porphyry. — Einen so paradoxen Satz will ich nun freilich keineswegs ernstlich behaupten, aber dennoch möchte ich glauben, dass viele Beispiele, die man als unumstössliche Beweise des Aufsteigens granitischer Bildungen in höhere Felsmassen anzuführen pflegt, nicht entscheidender seyn möchten, als das eben beschriebene. —»

Man bedenke, das obige ist im Jahre 1829 geschrieben! Zu einer Zeit, als es noch die reine Ketzerei gewesen wäre, den Granit als ein von unten nach oben aufgepresstes Eruptivgestein anzusehen. Der Granit galt ja damals für die meisten Forscher (ich sehe hier von der schottischen Schule ab) unzweifelhaft als ein Sediment!

Nur an dem möglichen Vorkommen des Granits ausserhalb des Grundgebirges war eben Zweifel entstanden. Aber selbst der grosse *Leopold von Buch*, der ja sowohl in der Kristianiagegend als bei Predazzo eugranitische Gesteine in jüngeren Formationen mit Erstaunen gesehen hatte, wagte es lange Jahre nach dieser Zeit nicht, den eruptiven Charakter des Granits zu behaupten. Kein Wunder, dass *Studer* nicht seinen eigenen Augen glauben konnte; aber wer jetzt seine schöne Beschreibung unbefangen liest, kann nicht daran zweifeln, dass er ganz correct seine Beobachtungen beschrieben hat, und diese — Bruchstücke von Plagioklasporphyrit im Granit, Adern und Gänge von Granit im Plagioklasporphyrit — beweisen deutlich genug, dass von beiden Gesteinen der Granit der jüngere sein muss, eine Schlussfolgerung, welche unserer Zeit nicht im Geringsten paradox erscheint.

Die Gleichzeitigkeit beider Gesteine, welche auch *Reyer* zu beweisen versuchte, war ja für *Studer* nur ein Nothausweg, um dem Paradox, dass der untenliegende Granit der jüngere wäre, zu entgehen; seine Beobachtungen geben aber dafür keine Stütze; denn Gänge und Adern von Plagioklasporphyrit im Granit oder Bruchstücke von Granit im Plagioklasporphyrit haben weder *Studer* noch *Reyer* beobachtet, nur das Umgekehrte.

Es war unsere Absicht, diese Grenze an Ort und Stelle zu studiren; die Beobachtungen im unteren Theil der Westschrunde an der Grenze zwischen Granit und Monzonit nahmen uns aber an dem für diese Excursion reservirten Tage so viel Zeit, dass wir schon von dem einbrechenden Dunkel überfallen wurden, ehe wir die Grenze zwischen dem «Melaphyr» und dem Granit erreichen konnten. So interessant gewiss

das Studium dieser Grenze selbst auch gewesen wäre, so war es doch eigentlich für unseren Zweck, das Altersverhältniss zwischen dem Granit und dem «Melaphyr» des Gipfels zu bestimmen, durch die am Wege in den heruntergefallenen Blöcken gemachten Beobachtungen schon überflüssig gemacht worden.

Sowohl in der Westschrunde als in der Ostschrunde fanden wir nämlich an mehreren Stellen Massen von heruntergefallenen Blöcken des dunklen Plagioklasporphyrits («Melaphyrs») vom Gipfel des Mulatto; sie gaben ein hinreichendes Material, um den herrschenden Typus des Gipfelgesteins an dieser Seite des Mulatto-Gipfels kennen zu lernen. *In mehreren heruntergefallenen Blöcken fanden wir nun bis Decimeter breite Gänge und Adern von feinkörnigem weissem oder röthlichem quarzreichem aplitischem Granit!*

Ich habe dieselben mikroskopisch untersucht; sie weichen in keiner Hinsicht von den granitischen Aplitadern im Monzonit, welche oben erwähnt wurden, ab.

In einer Probe untersuchte ich den von einer derartigen Aplitader durchsetzten Plagioklasporphyrit; *dies Gestein zeigt sich unter dem Mikroskop stark contactmetamorphosirt.* Trotz der durchgreifenden Contactmetamorphose dürfte es aber unzweifelhaft der am Gipfel herrschende «*Mulatto*phyr» Klippsteins sein, welcher von der Granitader durchsetzt ist.

Es scheint mir nach dem gesammten Eindruck dieser Beobachtungsreihe nicht anders möglich, als dass, wie schon *Studer* und in neuester Zeit *Becke* vermuthet hatten, *das herrschende Gestein des Mulattogipfels, der dunkle Plagioklasporphyrit, Richtigens «Melaphyr», in der That älter und nicht jünger als der Granit sein muss.*

Dies Resultat steht dann auch in bestem Einklang mit der Erfahrung der petrographischen Untersuchung, dass das herrschende Gestein des Mulattogipfels keine Übereinstimmung in petrographischer Beziehung aufweist mit den camptonitischen Ganggesteinen, welche den Granit durchsetzen, und welche gewiss wegen dieser unberechtigten Identificirung die einzige Unterlage für die ältere Auffassung des Altersverhältnisses zwischen «Melaphyr» und Granit bei Predazzo abgegeben haben.

Wie schon von *Dölter* nachgewiesen, liegt kein Grund dazu vor, den «Melaphyr» vom Mulattogipfel von den grossen Decken der Augitporphyrite, Mandelsteine etc. am Seisser Alp etc. im oberen Theil des Fassathals und angrenzenden Gebieten zu trennen. Es dürfte demnach wohl als höchst wahrscheinlich angesehen werden können, dass *die grosse*

Hauptmasse der basischen Eruptionen der triadischen Augitporphyrite, Plagioklasporphyrite und Melaphyre in der Umgegend des Fassathals und angrenzenden Theilen des Südtirols älter als die Eruption des Granits von Predazzo sein muss.

Nach der petrographischen Beschaffenheit zu urtheilen, ist ferner eine bedeutende, und wohl bei weitem die grösste Anzahl der basischen Gänge und Lagergänge von Augitporphyriten und verwandten Gesteinen in den triadischen Sedimenten dieser Gegend mit den genannten basischen Deckengesteinen gleichaltrig und somit älter als der Granit.

Finger als der Granit ist von basischen Gesteinen eine Anzahl eigenthümlicher Ganggesteine: *Camptonite* und verwandte, in der Regel ultrabasische Gesteine; in wie weit auf Mulatto oder an anderen Stellen auch diesen Gängen entsprechende Deckengesteine erhalten sind, kann nur durch specielle Untersuchungen entschieden werden.

Doch liegen einige Andeutungen vor, dass die camptonitischen Gangmassen des Mulatto wirklich oben auf den älteren Plagioklasporphyriten als Decken ihren Inhalt ergossen haben. Nach *Kjerulf* (l. c. S. 157) ist nämlich der am oberen Theil des Mulatto herrschende Plagioklasporphyrit («mit Augit in schwarzgrünen Krystallen und zahlreichen Feldspathkrystallen») durchsetzt, «von denselben nicht sehr mächtigen Gängen, welche am Fuss des Mulatto im Granit auftreten», deren grosse Einsprenglinge von «basaltischer Hornblende» auch speciell erwähnt werden. Ferner erwähnt *Kjerulf*, dass er beim Aufsteigen von Predazzo ab längs dem Kamm nach dem Mulattogipfel nahe der Granitgrenze «Bruchstücke von Granit von einige Fuss bis nur einige Zoll Grösse in den dunkelgefärbten augitischen Gesteinsarten» sah. Nun hat aber *Dölter* (*Tschermak's* min. Mitth. 1875, S. 303) den «Melaphyr» von dem Abhang des Mulatto gegen das Avisiothal (zwischen Mezzavalle und Forno) «von der Decke» hier als einen «Hornblende-Melaphyr» mit reichlich brauner Hornblende beschrieben.

Es scheint dann nach diesen Daten nicht ganz unwahrscheinlich, dass ein Theil, obwohl wahrscheinlich nur ein geringerer Theil auch der «Melaphyr»-Decken des Mulatto wirklich *postgranitisch* sein könne. Die Prüfung dieser Vermuthung musste künftigen Untersuchungen anderer Forscher überlassen werden.

Altersverhältniss der Monzonite zu den älteren basischen Erguss- und Gang-Gesteinen bei Predazzo und Monzoni.

Wie schon oben auseinandergesetzt wurde, sind die «Hypersthenite» von *Richthofens*, die «Augitfelse» etc. *Dölter's* nach meiner Ansicht nur als basische Grenzfaciesbildungen der Monzonite, also im Wesentlichen als mit diesen selbst gleichzeitige und aus einem mit demjenigen der Monzonite gemeinsamen Magmaguss erstarrt, aufzufassen. Sie sind *Differentiationsprodukte* des ältesten Magmas.

Wenn ein Altersunterschied zwischen ihnen und den Monzoniten selbst zu etabliren wäre, bezieht sich ein solcher nicht auf ungleichzeitige Eruptionen verschiedener Magmen aus dem Magmabassin, sondern auf eine Differentiation längs der Grenzfläche der zuerst aufgepressten Magma-masse, eine Spaltung, bei welcher, wie gewöhnlich, eine basischere Mischung, eine an Eisenoxyde, MgO und CaO reichere Magmaschicht sich längs der Abkühlungsfläche sammeln und hier zuerst auskrystallisiren musste. Da das unaufhörliche Aufpressen des Magmas von der Tiefe unter den Eruptionen dieser Grenzschicht in höheres Niveau durch die Spalten der überlagernden triadischen Schichtmassen (die basischen älteren Gänge) bis zum Tage (die ältesten basischen Decken, Ströme und andere Formen der Ergussgesteine) natürlich häufig unregelmässige Massenverschiebungen längs der Grenzfläche in dem Niveau des Monzonitmagmas verursachen musste, sind die basischen Erstarrungsprodukte des Tiefengesteins auch nicht nothwendig gleichmässig und continuirlich längs der Grenze, sondern oft nur sporadisch, schollenförmig, ja, wenn die zuerst erstarrten Massen vom neu aufdringenden Magma auseinander gepresst wurden, oft sogar scheinbar gangförmig vertheilt.

Was die oben näher begründete Auffassung der nahen Beziehungen zwischen den Monzoniten selbst und den Pyroxeniten und den übrigen basischen Grenzfaciesbildungen betrifft, so dürfte es hier überflüssig sein wiederholt darauf einzugehen. Was uns hier interessirt, ist aber, dass als eine natürliche Folgerung aus dieser höchst wahrscheinlichen Auffassung auch ein weiteres Resultat sich ergibt, nämlich, dass die älteren basischen Gang- und Ergussgesteine (die Augitporphyrite, die Plagioklasporphyrite, die Melaphyre, die zugehörigen Mandelsteine, Tuffe und Breccien etc.), also die grosse Hauptmasse von basischen Ergussgesteinen triadischen Alters in Südtirol, *dass diese, wenn nicht alle, so doch bei weitem zum grössten Theil den basischen Grenzfaciesbildungen der Monzonite entsprechen.*

Oder noch näher präcisirt: die Grenzfaciesbildungen der Monzonite, die Pyroxenite etc., sind die unbedeutenden in der Tiefe übrig gebliebenen und hier längs der Grenzfläche erstarrten Reste der mächtigen basischen Magmaschicht, welche die ganze triadische Eruptionsfolge eröffnete und deren Hauptmasse als Ergussgesteine die gewaltigen «Melaphyrdecken» der Seisser Alp etc. schon im Anfang der Zeit der Buchensteiner Schichten geliefert hat.

Um diesen Zusammenhang zwischen den basischen Grenzfaciesbildungen der Monzonite (der Pyroxenite etc., und den älteren prägranitischen, basischen Erguss- und Gang-Gesteinen etwas näher zu beleuchten, wollen wir zuerst eine Anzahl darauf deutender Beobachtungen der älteren Forscher zur Stütze dieser Auffassung anführen.

Diese Ansicht ist nämlich keineswegs neu; unter verschiedenen Formen taucht sie als das Resultat der Beobachtungen im Felde eben bei mehreren der besten Kenner der Verhältnisse bei Predazzo und Monzoni unaufhörlich auf; nur muss man bedenken, dass das richtige Verständniss deshalb schwieriger wurde, weil die meisten älteren Forscher nicht darauf aufmerksam waren, dass unter «Melaphyr» theils *ältere prägranitische*, theils *jüngere postgranitische* Gesteine als gleichaltrig zusammengefasst wurden, was natürlich nach sich ziehen musste, dass die Melaphyre im Allgemeinen als jünger als die Granite und «Monzonite» angesehen wurden, indem das Auftreten von «Melaphyr»-Gängen im Granit und Monzonit hierbei bestimmend wurde.¹

Schon *Klipstein* (1843) beschreibt vom Gipfel des Mulatto, wie der «Syenit» mit dem dunklen Porphyrr durch Übergänge verbunden ist.

Für den ausgezeichneten Beobachter *Kjerulf* war diese Erfahrung das Hauptresultat seiner Untersuchungen am Monzoni; er sagt (S. 148 l. c.): «Eine Regel war also gefunden, — nämlich die, dass der Monzonsyenit gleichwie mit einem äusseren Wall von «Augitporphyren» umgeben ist (wie er auch von denselben durchsetzt ist) und dass zur Bildung² dieser Augitporphyre die in Diabas und Gabbro übergehenden Abänderungen des Syenits benutzt sind». Es ist hier ganz deutlich der Gedanke ausgesprochen, dass die basischen Grenzfaciesbildungen der Monzonite einerseits und die «Augitporphyre» andererseits aus demselben Magma herrühren müssen.

¹ Siehe z. B. *Dötter*, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1875, S. 224: «Dieses Gestein (der «Melaphyr») unterscheidet sich von dem Augitfels durch die Structur, sowie durch das jüngere Alter».

² Mit einem sonderbaren Ausdruck steht bei *Kjerulf* eigentlich: «Zum Auftreten».

Von Richthofen hat denselben Zusammenhang zwischen den dunklen Grenzfaciesbildungen der Monzonite, seinen «Hyperstheniten», und den «Augitporphyren» an mehreren Stellen in seinem ausgezeichneten Werke ganz offen ausgesprochen (namentlich S. 147 und S. 252—253); er charakterisirt geradezu seine «Hypersthenite» «als langsam erstarrte Augitporphyr-Masse». Er bemerkt auch (S. 147) ausdrücklich, dass «Augitporphyr und Hypersthenit gleiche chemische Gemenge sind». Obwohl er die innige Verwandtschaft zwischen dem «Hypersthenit» und dem Monzonit hervorhob, fasste er diese beiden nur als nahezu gleichaltrig auf, indem er den ersteren als gangförmig im letzteren aufsetzend auffasste, jedoch «ehe der Syenit völlig erstarrt war». Es müsste nach dieser Auffassung consequent auch der Augitporphyr jünger als der «Syenit» sein; nichts destoweniger hat ja *v. Richthofen* selbst ausdrücklich angegeben, dass «der Augitporphyr die triadische Eruptionsepoche eröffnete». Diese letzte Auffassung steht dann auch in bestem Einklang mit unserer Ansicht, dass die basischen Pyroxenite (*v. Richthofens* «Hypersthenite») nicht relativ später, sondern als Grenzfaciesbildungen jedenfalls z. Th. relativ früher als der Monzonit zur Erstarrung gelangten.

Auch *De Lapparent* nährte eine ähnliche Auffassung von der nahen genetischen Beziehung der «Monzonite» (in seinem Sinne, sowohl die saureren eigentlichen Monzonite unserer Auffassung, Syenite, Augitdiorite etc. als die basischen Pyroxenite etc. umfassend) und der «Melaphyre»; nachdem er die grosse Analogie in der Zusammensetzung des Monzonits und des Melaphyrs hervorgehoben hat, sagt er (S. 266 l. c.): «On peut être conduit à se demander s'il n'y aurait pas lieu de considérer la monzonite comme un *équivalent granitoïde* du mélaphyre, c'est-à-dire comme un état cristallin différent de la même pâte, déterminé par les circonstances qui ont accompagné l'éruption».

Es ist jedoch offenbar, dass diese für die damalige Zeit sehr bemerkenswerthe Auffassung dem Autor selbst zu gewagt erschien, denn er stellte dieselbe nur als eine sehr zweifelhafte Hypothese auf.

Es ist in manchen Beziehungen von grossem Interesse zu sehen, wie hervorragende Geologen in der Mitte des Jahrhunderts, in den Jahren 1855—1865, sich so offen und vorurtheilsfrei über den innigen Zusammenhang zwischen Ergussgesteinen und eugranitischen Tiefengesteinen aussprachen; wie sie ganz richtig erkannt haben, dass die holokrystallinische, eugranitische Structurform mit einer Krystallisation in grösserer Tiefe unter langsamerer Abkühlung, die porphyrische Structurform mit einer Krystallisation im Tage oder unter schneller Abkühlung in Verbindung stehen müsse, während die chemische Zusammensetzung

dieselbe war Von derartigen Bemerkungen findet man in der That in der Litteratur der Mitte des Jahrhunderts so viele, dass es wahrhaftig schwierig zu verstehen ist, dass die endgültige Feststellung der Beziehungen zwischen Structur und geologischem Auftreten der Eruptivgesteine in den folgenden Jahren bis in die letzte Zeit eine so schwierige Geburt durchmachen musste; es ist, wenn man die ältere Litteratur auf diesem Gebiete studirt, recht auffallend, dass z. B. den Beobachtungen *Lossen's* von dem Bodegang im Harz eine so grosse Bedeutung zugeschrieben werden konnten, da doch schon viele Jahre früher noch viel bessere Beispiele für die dadurch beleuchteten Erscheinungen längst bekannt und die Beobachtungen selbst auch richtig gedeutet waren.

Die Verfasser, die nach dem Erscheinen der Arbeit *De Lapparents* über die triadischen Eruptivgesteine geschrieben haben, scheinen, so viel ich finden konnte, die interessante Frage über den genetischen Zusammenhang der basischen Tiefengesteine: der Pyroxenite, mit den basischen Ergussgesteinen Südtirols nicht näher discutirt zu haben.¹ Die Zeit der Jahre 1866—78 — so fruchtbar für die Entwicklung der beschreibenden Petrographie —, war auch sonst in manchen Hinsichten für die Lösung der petrogenetischen Fragen wenig förderlich. Man erinnere sich nur, wie die in der Mitte des Jahrhunderts gewonnene Erkennung des Vorhandenseins jüngerer krystallinischer Schiefer in diesen Jahren fast gänzlich vergessen wurde.²

Tschermak (1869 l. c.) bestreitet die Ansicht von *Richt Hofens*, dass eine nähere Beziehung zwischen «dem Hypersthenit» und den «Augitporphyren» stattfinden sollte.

Dölter (1874, 75 und 76), welchem die Unterscheidung v. *Richt Hofens* zwischen dessen «Augitporphyr» und «Melaphyr» nicht haltbar schien, fasste alle diese basischen Erguss- und Gang-Gesteine als «Melaphyre» zusammen; da er sie alle als jünger als den Granit auffasste und diesen wieder als jünger als den «Monzonit» (in weitestem Sinne, auch die Pyroxenite etc. umfassend) betrachtete, konnte er natürlich nicht die

¹ Z. B. in *Dölter's* auf so vielen mühsamen Beobachtungen fussender Zusammenstellung «Über die Eruptivgebilde von Fleims» (l. c. 1876) findet man folgende Bemerkung über die Monzonite und die Melaphyre: «Eine Erklärung der eigenthümlichen Erscheinung zu geben, warum zur Triaszeit ein so mit dem Habitus älterer Gesteine behaftetes Gestein noch zu Tage treten konnte, ist sehr schwierig, besonders wenn man berücksichtigt, dass kurz darauf Gesteine demselben Eruptionscentrum entströmen, die in ihren Tuffbildungen und petrographischer Ausbildung etc. wieder vollkommen an die jüngeren Gesteine erinnern». In der That kein Fortschritt seit *De Lapparent's* Arbeit in 1864, zwölf Jahre früher!

² Cfr. *W. C. Brögger*: «Lagfølgen paa Hardangervidda». Kristiania 1893. S. 50—53; 133.

Ansichten älterer Verfasser von einem directen *genetischen* Zusammenhang zwischen den basischen «Monzoniten» (seinen «Augit-Monzoniten», Augitfelsen etc. und seinen «Melaphyren» theilen.

Vom Rath (1875) hat eben so wenig als *von Moisisovics* (1879) die Frage über die genetischen Beziehungen der Pyroxenite und der übrigen basischen Grenzfaciesbildungen der Monzonite zu den basischen Erguss- und Gang-Gesteinen näher berührt. Auch aus *Reyer's* Darstellung ist für diese Frage keine Belehrung zu holen.

Lemberg hat zwar nicht die uns hier vorliegende Frage speciell aufgenommen; dagegen hat er gelegentlich seiner Untersuchungen über die chemischen Gesteinsumwandlungen bei der Contactmetamorphose eine bedeutende Anzahl Analysen von sowohl gangförmigen «Melaphyr-gesteinen» als auch von basischen Grenzfaciesbildungen der Monzonite geliefert, welche ein schätzenswerthes Material beim Vergleich der *chemischen* Zusammensetzung der beiden Gesteinsgruppen abgeben.

Unter den von *Lemberg* mitgetheilten «Melaphyr»-Analysen beziehen sich die meisten auf stark veränderte Gesteine mit hohem Gehalt an CO₂ und mit hohem Glühverlust; diese konnten natürlich beim Vergleich nicht benutzt werden.

Es wurden demnach nur solche Analysen berücksichtigt, bei welchen der Glühverlust höchstens ca. 2.5 % betrug. Mit dieser Beschränkung restirten nur Ganggesteine von Canzacoli, Sacinathal, Forno und Monzoni (Gang in Kalkstein); nur läßt sich allerdings nach den vorliegenden Erläuterungen nicht bestimmt sagen, ob diese Gänge den prägranitischen basischen Eruptionen angehören, welche nach der oben aufgestellten Vermuthung genetisch mit den basischen Grenzfaciesgesteinen der Monzonite zusammengehören und mit diesen chemisch übereinstimmen sollten, — oder ob sie vielleicht jüngere, postgranische Gänge sind. Nach unseren Dünnschliffen der Gänge von Forno sollten jedenfalls einige der zahlreichen Gänge dieser Gegend am wahrscheinlichsten ältere Gänge sein; die von uns untersuchten Proben zeigen keine Übereinstimmung mit den camptonitischen Gängen, welche den Granit von Mulatto durchsetzen, können also sehr wohl älter als diese sein. Die von *Lemberg* analysirten Proben von Canzacoli gehörten zu Apophysen des grossen «Melaphyr-ganges», welcher nahe der Syenitgrenze in den umgewandelten Schichten auftritt; eine ausführliche Beschreibung dieses Ganges (mit Erwähnung der älteren Litteratur) findet sich bei *vom Rath* (Z. d. deutsch. geol. Ges. 1875, S. 397—401); sowohl *v. Cotta* als *De Lapparent* betrachteten diesen Gang mit seinen Apophysen geradezu als Ausläufer des «Monzonits» und *v. Rath* scheint selbst diese Ansicht nicht bestreiten zu wollen.

Als makroskopisch bestimmbare Bestandtheile giebt *Lemberg* Plagioklas und Augit an. Dagegen giebt *Dölter* (*Tschermak's* min. Mitth. 1875, S. 306) von den kleinen Melaphyrgängen nahe des Steinbruches an, dass ihr Gestein ein «Hornblende-Melaphyr» mit reichlich «brauner, deutlich pleochroitischer Hornblende in der Grundmasse», also wohl ein Camptonit ist.

Es muss nun hier allerdings bemerkt werden, dass es ja sehr möglich ist, dass es sowohl ältere, prägranitische, als jüngere, postgranitische camptonische Gänge bei Predazzo und am Monzoni giebt; es würde dies mit der Erfahrung von dem Kristianiagebiet stimmen, wo die meisten basischen Ganggesteine mit brauner Hornblende (Camptonite und Proterobase) zwar zu den ältesten Eruptionen der ganzen Eruptionsepoche gehören, während umgekehrt doch auch unter den jüngsten, postgranitischen Ganggesteinen jedenfalls Proterobase mit reichlich brauner Hornblende, die sich nicht von den älteren Proterobasen unterscheiden lassen, ganz häufig sind. Es wäre sehr wohl möglich, ja vielleicht sogar wahrscheinlich, dass in Südtirol dasselbe der Fall sei.

Wie dem sei, lässt sich wohl nur durch neue Specialuntersuchungen feststellen. Es ist jedenfalls wahrscheinlich, dass ein Theil der von *Lemberg* analysirten Gang-«Melaphyre» den älteren basischen Eruptionen entspricht.

Sicher ist es, dass die chemische Zusammensetzung der von *Lemberg* analysirten «Melaphyr»-Vorkommen derjenigen der basischen Grenzfaciesbildungen so nahe entspricht, dass es recht auffallend wäre, wenn diese nahe Übereinstimmung nur zufällig sein sollte, wie aus folgenden nach *Lemberg's* Analysen zusammengestellten Tabellen hervorgeht.¹

Analysen von basischen Gängen (sog. «*Melaphyren*», *Dölter's*) **von Canzacoli, Sacinathal, Forno, Monzoni. Nach Lemberg.**

- I «Melaphyr»; Gang in Dolomit; Canzacoli; *Lemberg*; Z. d. deutsch. geol. Ges. 1872, S. 220.
- II «Melaphyr»; Gang in Dolomit; Canzacoli; *Lemberg*; ib. S. 218.
- III «Melaphyr»; Gang in Kalkstein; Monzoni (am Wege vom Pellegrin-Thal nach Toal della foglia); Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877, S. 496.

¹ Was die Zusammenstellung der Analysen der basischen Monzonitfacies-Gesteine betrifft, so muss bemerkt werden, dass sowohl die unvollständige Analyse von *Delesse* als die ultrabasische Analyse von *Konya* nicht berücksichtigt wurden.

- IV «Melaphyr»; Gang in Dolomit; Canzacoli; *Lemberg*; Z. d. deutsch. geol. Ges. 1872, S. 216.
- V «Melaphyr»; Gang Forno; *Lemberg*; ib. 1877, S. 496.
- VI «Melaphyr»; Gang Sacinathal, Weg nach Sforzella; *Lemberg*; ib. 1877, S. 487.
- VII «Melaphyr»; Gang Forno; *Lemberg*; ib. 1877, S. 497.
- VIII «Melaphyr»; Gang Sacinathal, Weg nach Sforzella; *Lemberg*; ib. 1877, S. 486.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Mittel
SiO ₂ ..	51.23	50.23	49.94	49.07	48.72	48.38	48.34	47.21	49.14
Al ₂ O ₃ ..	16.84	17.14	17.09	15.84	17.65	15.30	18.49	18.18	17.06
Fe ₂ O ₃ ..	10.96	8.47	6.13	10.52	9.81	11.08	10.34	10.17	9.68
MgO ..	5.07	5.19	7.36	5.77	6.43	5.65	4.83	3.75	5.51
CaO ..	8.77	10.99	14.52	8.21	11.50	10.00	9.31	12.16	10.81
Na ₂ O ..	2.34	3.05	2.57	2.46	2.02	2.25	2.14	2.95	2.47
K ₂ O ..	3.28	2.81	0.62	5.55	1.62	4.49	1.29	3.25	2.86
H ₂ O ..	1.32	1.96	2.27	2.19	2.18	2.00	2.62	1.83	2.04
CO ₂ ..	—	—	—	—	—	—	1.17	—	—
	99.81	99.84	100.50	99.61	99.93	98.65	98.53	99.45	99.57

Analysen von basischen Grenzfaciesbildungen und Gängen des Monzonits von Canzacoli. Nach Lemberg.

- I Basische Facies von Monzonit; Mitte eines Ganges, Canzacoli; *Lemberg*; Z. d. deutsch. geol. Ges. 1872, S. 203.
- II Basische Facies von Monzonit; nahe der Grenze; Vesuvianbruch Canzacoli; *Lemberg*; ib. S. 201.
- III Basische Facies von Monzonit; feinkörnig; am Fuss des Canzacoli; *Lemberg*; ib. S. 192.
- IV Basische Facies von Monzonit; 1 Meter von der Grenze gegen Predazzit; *Lemberg*; ib. S. 211.
- V Basische Facies von Monzonit; feinkörnig; am Fuss des Canzacoli; *Lemberg*; ib. S. 192.
- VI Basische Facies von Monzonit: Mitte eines Ganges; Canzacoli; *Lemberg*; ib. S. 209.

Vergleiche auch die Analyse von *Delesse* (Études sur le métamorphisme etc.), der jedoch keine getrennte Bestimmung der Alkalien mitgeteilt hat, weshalb seine Analyse hier unberücksichtigt ist.

	I	II	III	IV	V	VI	Mittel
SiO ₂	51.15	50.43	49.40	48.30	48.15	46.99	49.07
Al ₂ O ₃	13.08	10.21	16.77	18.42	15.51	19.31	15.55
Fe ₂ O ₃	9.85	11.57	12.71	10.56	14.46	13.27	12.07
MgO	5.04	5.58	4.49	5.00	5.93	4.18	5.04
CaO	13.72	15.10	9.25	10.03	11.44	8.68	11.37
Na ₂ O	1.98	1.48	2.77	3.10	1.94	2.85	2.35
K ₂ O	4.08	3.70	2.57	3.27	1.41	2.79	2.99
H ₂ O	0.83	0.87	1.93	1.86	1.29	1.93	1.45
CO ₂	—	0.24	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.60	0.70	—	—	—	—	(0.65)
	100.28	99.88	99.89	100.54	100.13	100.00	100.54

Die Zusammenstellung der Mittel beider Analysenserien zeigt nur geringe Differenzen:

	Mittel I	Mittel II	Differenz
SiO ₂	49.14	49.07	+0.07
Al ₂ O ₃	17.06	15.55	+1.51
Fe ₂ O ₃	9.68	12.07	-2.39
MgO	5.51	5.04	+0.47
CaO	10.81	11.37	-0.56
Na ₂ O	2.47	2.35	+0.12
K ₂ O	2.86	2.99	-0.13
H ₂ O	2.04	1.45	+0.59
P ₂ O ₅	(nicht best.)	(0.65)	
	99.57	100.54	

Der einzige bemerkenswerthe Unterschied liegt im Verhältniss der Eisenoxyde und der Thonerde, indem die Grenzfaciesbildungen der Monzonite relativ reicher an Eisenoxyden und entsprechend ärmer an Thonerde sind.

Eine derartige Übereinstimmung beweist nun allerdings nicht den oben vermutheten genetischen Zusammenhang der Gang-«Melaphyre» mit den Grenzfaciesbildungen der Monzonit-Gesteine; sie ist aber offenbar eine Stütze dieser Auffassung.

Von den sicher prägranitischen *Decken* liegen nur wenige brauchbare Analysen hinreichend frischer Gesteine vor. Wir können nur die folgenden berücksichtigen, nämlich eine Analyse von Herrn *Szameit*,¹ eine zweite von *G. vom Rath*² und eine dritte Analyse von *Petersen*,³ alle drei vom Mulatto.⁴

Die Analyse *Szameit's*, zusammengestellt mit einer der Monzonit-Analysen vom Sacinathal (nach *Lemberg*) und die Analyse *vom Rath's* verglichen mit einer Analyse einer feinkörnigen Monzonitfacies von Canzacoli (nach *Lemberg*), zeigt die folgende Tabelle (die Eisenoxyde zum leichteren Vergleich durchgehends als Fe_2O_3 berechnet):

	I Melaphyr, Mulatto. Szameit.	II Monzonit, Sacinathal. Lemberg.	III Melaphyr, Mulatto. vom Rath.	IV Monzonit- facies Canzacoli. Lemberg.	Mittel von I und III	Mittel von II und IV
SiO_2	52.95	52.53	51.25	51.15	52.10	51.84
Al_2O_3	19.25	19.48	14.00	13.08	16.62	16.28
Fe_2O_3	9.85	11.07	16.89	9.85	13.37	10.46
MgO	4.12	1.53	3.81	5.04	3.96	3.29
CaO	9.12	6.61	7.79	13.72	8.49	10.16
Na_2O	2.09	2.71	2.44	1.98	2.26	2.21
K_2O	2.42	3.17	3.54	4.08	2.98	3.62
H_2O	0.71	2.34	1.07	0.83	0.84	1.58
CO_2	0.34	—	—	—	—	—

¹ In *Tschermak*: «Die Porphyrgesteine Österreichs», (1869), S. 127.

² Verh. d. niederrh. Ges. für Natur- und Heilkunde, Bonn 1863, B. 20, S. 27.

³ Journ. f. prakt. Chemie, N. F. B. 23, S. 408 (1881).

⁴ Eine Analyse von «Melaphyr» von Val Gordone (Sacina) von *Wolff*, in *Tschermak*: «Porphyrgesteine Österreichs», sowie zwei Analysen von «Augitporphyr» (von Mulatto, von *Holecek*, und von St. Christina, Grödner Thal, von *Pawel*), ebenfalls in *Tschermak's* «Porphyrgesteine Österreichs» sind alle zu wenig frisch, um zum Vergleich benutzt zu werden, indem sie alle zwischen 3 und 5% H_2O und CO_2 enthalten.

Wie aus dieser Zusammenstellung zu sehen, ist der Unterschied der Zusammensetzung der beiden Mulatto-Melaphyre unter sich grösser als die Differenzen jedes derselben von monzonitischen Tiefengesteinen mit entsprechendem SiO_2 -Gehalt.

Es scheint somit durch diese analytischen Daten die oben gemachte Annahme bestätigt, dass ein wesentlicher Theil der basischen Ergussgesteine in den Umgebungen der Fleimser- und Fassa-Thäler auf Aufpressung der ältesten basischen Differentiationsprodukte des Monzonitmagmas bezogen werden können.

Eine weitere Bestätigung dieser Auffassung scheint uns die Analyse *Petersen's* von dem Mulatto-Gestein zu liefern. Diese Analyse zeigt, dass unter den deckenförmigen Eruptivgesteinen des Mulattogipfels Gesteine mit sehr verschiedener Acidität vorhanden sind, was gewiss auch mit anderen Deckenvorkommen der Süd-Tyroler «Melaphyre» der Fall sein dürfte. Das von *Petersen* analysirte Gestein ist nun nach der Beschreibung ziemlich unzweifelhaft einer der am Mulattogipfel nach der Südseite hin herrschenden *Plagioklasporphyrite*; es wird nämlich beschrieben als ein Gestein mit porphyrtiger Structur mit Einsprenglingen von Plagioklas und Olivin in einer dunkelbläulichgrünen Grundmasse von Feldspäthen, Pyroxen, Magnetit und reichlich Glas.

Die Übereinstimmung der Zusammensetzung dieses Gesteins mit dem chemischen Mittel der normalen Monzonitgesteine von Predazzo ist nun ganz auffallend.

	Plag.-Porphyrit, Mulatto.	Mittel von Monzoniten.	Differenz.
SiO_2	55.02	55.88	—0.86
TiO_2	0.40	(nicht best.)	—
Al_2O_3	21.72	18.77	+2.95
Fe_2O_3	7.39 ¹	8.20	—0.81
MgO	1.83	2.01	—0.18
CaO	6.77	7.00	—0.23
Na_2O	2.72	3.17	—0.45
K_2O	3.41	3.67	—0.26
H_2O	0.40	1.25	—0.85
P_2O_5	0.37	(nicht best.)	—
$\text{BaO, CuO, Cl, CO}_2, \text{S}$.	Spur	—	—
	100.03	99.95	

¹ Gefunden in der Analyse: 2.29 Fe_2O_3 und 4.53 FeO .

Der einzige beträchtliche Unterschied ist hier wieder, wie beim Vergleich der basischeren Gang- und Ergussgesteine mit den basischen Faciesbildungen der Monzonite, dass die Tiefengesteine relativ ärmer an Thonerde, reicher an Eisenoxyden sind. Dieser Unterschied ist jedoch nicht bedeutend, um so mehr als *v. Hauer's* Analyse des Monzonits von Malgola einen ebenso hohen Al_2O_3 -Gehalt (22.11 %) zeigte.

Es wurde schon oben nachgewiesen, dass sowohl der Monzonit des Mulatto als auch wenigstens der gewöhnliche herrschende Plagioklasporphyr der Mulattogipfel beide *älter* als der Granit sind. Da sie nun auch chemisch übereinstimmen, ist kein Grund, daran zu zweifeln, dass die prägranitischen Ergussgesteine des Mulattogipfels aus monzonitischem Magma stammen. Sie sind die rasch erstarrten superfusiven Aequivalente des in der Tiefe zu Monzonit auskrystallisirten Magmas.¹

In ganz analoger Weise sind nun nach meiner Auffassung die basischeren Ergussgesteine triadischen Alters in den Umgebungen des oberen Theils des Fassathals etc. in Südtirol ebenfalls superfusiven Aequivalente der den basischen Monzonitfaciesbildungen entsprechenden, älteren triadischen Magmaaufpressungen, welche als Tiefenfacies nur durch spärliche Relicte der Grenzfaciesbildungen der Monzonitmassen bei Monzoni und Predazzo repräsentirt sind, indem wahrscheinlich ihre Hauptmasse in höheres Niveau oder selbst bis zur Oberfläche aufgedrückt wurde, ein Verhältniss, welches in ganz entsprechender Weise auch im Kristianiagebiet wiederkehrt.

Es verdient in dieser Beziehung auch an die Bemerkungen² von *E. von Moisisovics* über das absolute Alter der triadischen Eruptivgesteine des Südtirols erinnert zu werden.

Von Moisisovics macht speciell darauf aufmerksam, dass die Hauptmasse der basischen Laven und Tuffe im nördlichen und östlichen Theile des triadischen Eruptivgebietes unmittelbar über den Buchenstein Schichten lagert. Diese Laven müssen daher — nach seiner Auffassung — älter sein als die Eruptivstöcke am Monzoni und bei Predazzo. Diese sollten dagegen nach seiner Auffassung die jüngeren «Augitporphyr-laven» und Gänge (welche selbst in Wengener-Schichten abgesetzt sind) geliefert haben. «Die beiden Eruptionstellen von Fassa und Fleims würden daher erst am Ende der vulcanischen Thätigkeit entstanden sein und bloss das Material zu den obersten Schichten des

¹ Es muss hier nebenbei bemerkt werden, dass auch *O. Lang* auf eine «Gauverwandtschaft» der Monzonite mit den Melaphyren Tyrols aus den Analysen geschlossen hat, ohne jedoch einen näheren Beweis zu liefern (*Tschermak's m. & petr. Mitth.* B. 13, S. 165).

² «Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien», S. 391—393.

Laven- und Tuffsystems und zu den sedimentären Wengener Tuffsandsteinen geliefert haben» (l. c. S. 393).

Obwohl die Beweisführung, welche *v. Moisisovics* für diese seine Auffassung mitgetheilt hat, vielleicht jetzt etwas zweifelhaft erscheinen dürfte, mag doch wohl das Hauptresultat — dass in Süd-Tyrol unterschieden werden muss zwischen basischen Laven, die zum grossen Theil *älter* sind als die zugänglichen bekannten Monzonitstöcke, und anderen mit diesen wahrscheinlich *gleichzeitigen* basischen Laven — richtig sein.

Diese Auffassung wird, wie mir scheint, auch durch die Beobachtungen von Miss *M. Ogilvie*¹ gestützt, obwohl ihre Ansichten sonst in mehreren Beziehungen von denen von *v. Moisisovics* abweichen. Nach Miss *Ogilvie* sind die von *v. Moisisovics* und anderen als Lavendecken aufgefassten Eruptivgesteine der Schichtserie Südtirols nur zum Theil (obwohl zum wesentlichen Theil) als solche mit den Schichten gleichzeitige Bildungen zu erklären; zum Theil sind sie aber deutlich *intrusive Lagergänge*, deren Alter nicht sicher festgestellt werden, und *vielleicht* selbst jünger als Trias (?) sein kann. Sie hat solche Gänge und Intrusivmassen (begleitet von deutlicher Contactmetamorphose) auch in den Cassianer Schichten und selbst im Schlern-Dolomit beobachtet.² Wenn es nun richtig wäre, dass die Tiefengesteine am Monzoni und bei Predazzo (in Mulatto, Malgola etc.) thatsächlich jünger als die Hauptmasse der basischen Südtiroler Laven sind, wofür nach meiner Ansicht alle Wahrscheinlichkeit spricht (sie sind jedenfalls jünger als die älteren oberhalb der Buchensteiner Schichten ausgewälzten Laven), dann lässt sich nicht mehr, wie früher gewöhnlich, behaupten, dass die Eruptionen der Monzonite und Granite bei Predazzo (und am Monzoni) der Zeit der Wengener Schichten angehören. Sie *können*, wie Miss *Ogilvie* bemerkt hat, jünger und sogar viel jünger sein. Doch ist es wohl, mit Rücksicht auf die nahe petrographische Verwandtschaft der Eruptivgesteine des Eruptivgebietes wahrscheinlich, dass sie noch von triadischem Alter sind. Es wäre dann wohl zunächst daran zu denken, dass das Aufpressen der Magmen der Tiefengesteine bei Predazzo und Monzoni, wie Miss *Ogilvie* auch angedeutet hat, *auf den früheren Theil der Raibler-Zeit* zu beziehen wäre.

Die *postgranitischen* basischen Gang- (und Erguss-?) Gesteine, welche z. B. in Mulatto und wahrscheinlich auch sonst in den Umgebungen der

¹ Siehe Miss *M. Ogilvie*: «Geology of the Wengen and St. Cassian strata in southern Tyrol»; Quart. Journ. of the geol. soc. London; Vol. 49, 1893; und «Coral in the dolomites»; Geol. Mag. 1894.

² Auch *Rothpletz* zeichnet in seinem Profil Gänge von «Melaphyr» durch «Schlerndolomit».

Fleimser und Fassa-Thäler auftreten, sind dann wohl auch kaum viel jünger.

In Zusammenfassung des obigen sollten wir also folgende Reihen von basischen, triadischen, superfusiven (und Gang-)Gesteinen in Süd-Tyrol unterscheiden können:

- 1 a. Die ältesten Decken und Gänge (Augitporphyrite etc), welche schon von der Zeit der Buchensteiner-Schichten ab aufgepresst wurden, und übergehend in
- 1 b. etwas jüngere basischere Laven und Gänge, Aequivalente der basischen Faciesbildungen der Monzonite und dieser selbst;
2. Die jüngsten basischen Gänge (zum grossen Theil Camptonite) und Decken (?), jünger als der Granit in Mulatto.

Altersbeziehungen der rothen „Orthoklasporphyre“ Dölter's zu den übrigen Eruptivgesteinen.

«Da «Melaphyrgänge» bei Predazzo und am Monzoni recht oft mit Gängen von orthoklasreichem Gestein — gewöhnlich Liebeneritporphyr — vergesellschaftet sind, liegt der Gedanke wohl nahe, genetische Beziehungen zwischen beiden anzunehmen, doch lassen sie sich zur Zeit kaum andeuten».

So schreibt *Lemberg* im Jahre 1877 (*Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.* 1877, S. 487); wenn er jetzt geschrieben hätte, würde er sich über diese genetischen Beziehungen bestimmter haben ausdrücken können, er hätte die basischen «Melaphyr»-Gänge und die sauren, an Fe-Oxyde armen rothen Gänge als «*complementäre Gänge*», durch Differentiation aus einem gemeinsamen Magma entstanden, deuten können.

Es ist auch aus mehreren Umständen, wie wir unten nachweisen wollen, wahrscheinlich, dass eine grosse Anzahl der rothen Gänge der «Orthoklasporphyre» *Dölter's* am Monzoni und bei Predazzo wirklich complementäre Gänge zu den basischen, zusammen mit ihnen auftretenden Gängen darstellen.

Dölter theilte nicht diese Auffassung *Lemberg's* von einem genetischen Zusammenhang zwischen den jüngsten Melaphyrgängen und den Orthoklasporphyrgängen; im Gegentheil charakterisirt er den Orthoklasporphyr als «ein durchaus selbständiges Gestein»,¹ obwohl er selbst mehrere Beispiele eines Zusammenvorkommens mit «Melaphyr», (namentlich am Mulatto) erwähnt.

¹ Sitzungsber. d. Wien. Acad. Math. Nat. Cl. 1876, B. 74, S. 876.

Von Richthofen hatte bei hierher gehörigen Ganggesteinen zwischen «Porphyrit» und «Syenitporphyr» unterschieden; *Dölter* fand, dass beide «Orthoklasporphyre» nicht wesentlich verschieden sind.

Einige dieser Gänge führen, wie bekannt, Einsprenglinge von sog. «*Liebenerit*», einer in hexagonalen oder jedenfalls scheinbar hexagonalen Krystallen (∞P und $0P$) ausgebildeten Pseudomorphose von Kaliglimmer nach *Nephelein* (oder nach *Cordierit*¹); andere führen keinen Liebenerit, sondern nur Orthoklaseinsprenglinge, sind aber trotzdem nach *Dölter* nicht wesentlich verschieden.

Die letzteren führen nach ihm auch bisweilen Quarzkörner. Beide Arten, «die Liebenerit-Orthoklas-Porphyre» und «die Orthoklas-Porphyre» erscheinen nach *Dölter* «räumlich getrennt». Ferner ist nach *Dölter* zu bemerken, dass seine Orthoklas-Porphyre überhaupt nur im Fleimsergebiet (Monzoni einschliesslich), dagegen nicht in den Fassaner Eruptivbildungen vorkommen.

Von hierher gehörigen Gang-Gesteinen liegt eine ziemliche Anzahl chemischer Analysen vor. Schon nach diesen zu urtheilen, kommt es sehr wahrscheinlich vor, dass unter dem Sammelnamen «Orthoklasporphyr» verschiedene Gesteine zusammengefasst sind, welche nicht *direct* mit einander zu thun haben.

Zuerst bemerken wir, dass einige Analysen eine sehr-saure Zusammensetzung aufweisen, und zwar *eine Mischung, welche genau derjenigen des Turmalingranits des Mulatto entspricht*. Dies ist namentlich der Fall mit einer Analyse des von *Dölter* erwähnten «Orthoklasporphyr» von Cornon, welcher hier einen 1 Meter mächtigen Gang in einem Melaphyrgang bildet (bei dem Satteljoch, wo der Weg von Predazzo nach Stava führt;² dieser Gang wurde von *K. v. Hauer* analysirt.³ Ziemlich sicher ist es derselbe Gang, welcher schon früher von *Lemberg*⁴ beschrieben und analysirt wurde; dieser bezeichnet den Gang geradezu als «eine *Granitader*» («im Dünnschliff: Quarz, Orthoklas, sehr wenig Glimmer und Plagioklas»), welche, 1 Meter breit, sich unmittelbar an die eine Seite eines «Melaphyrganges» anlegt.

Die beiden Analysen zeigen, verglichen mit der Analyse *Kjerulf's* von dem rothen Turmalingranit von Predazzo,⁵ folgende Zusammensetzung:

¹ Siehe z. B. *Lemberg*, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877, S. 494.

² *Dölter*, in Sitzungsber. d. W. Acad. 1876, M. Nat. Cl., B. 74, S. 870.

³ Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1875, S. 332.

⁴ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877, S. 487.

⁵ «Das Christiania Silurbecken». Kristiania 1855, S. 6.

	Granitader von Cornon.			Granit, Predazzo; Kjerulf.
	Lemberg.	K. v. Hauer.	Mittel.	
SiO ₂	70.71	70.09	70.40	70.73
Al ₂ O ₃	14.59	15.55	15.07	14.16
Fe ₂ O ₃	2.70	4.02	3.36	3.63 ¹
MgO	0.47	0.41	0.44	0.66
CaO	0.39	0.57	0.48	1.03
Na ₂ O	3.34	2.94	3.14	2.54
K ₂ O	6.87	5.82	6.34	5.37
H ₂ O	0.99	0.61	0.80	1.10
	100.06	100.01	100.03	

Diese Übereinstimmung ist, wie man sieht, eine so nahe, dass es wohl nicht unberechtigt sein dürfte, die betreffende Granitader ganz einfach als einen Apophysengang des Predazzo-Granits anzusehen. Der Abstand von seiner Fundstelle ist nach Dölter's Karte² bis zur Granitgrenze nur ca. 3 Kilometer; im Kristianiagebiet finden sich unzweifelhafte Apophysengänge von Quarzporphyr in viel grösserem Abstand von der Grenze des zugehörigen Granits, z. B. bei Holmestrand.

Ähnliche quarzführende rothe Gänge finden sich bei Predazzo mehrere; selbst von Monzoni (vom nördlichen Abhang des Pesmedaberges) erwähnt *Dölter* einen quarzführenden Gang mit grossen rothen Einsprenglingen von Orthoklas, daneben vereinzelt Quarzkörner und Hornblendenadeln. «Dieses Gestein hat äusserlich manche Ähnlichkeit mit dem Granit von Predazzo», fügt *Dölter* hinzu.³

Es scheint mir nach dem obigen wahrscheinlich, dass ein Theil der quarzführenden rothen Gänge von der Predazzo-Gegend ganz einfach aplitische oder porphyrische Granitapophysen (Aplite, Quarzporphyre) sind.

Mehrere Verfasser haben bemerkt, dass die Grenzpartien des Granits bei Predazzo stellenweise weniger sauer als das Hauptgestein sind.

¹ Von *Kjerulf* als 3.23 FeO berechnet; hier zum Vergleich als Fe₂O₃ angeführt.

² Sitzungsber. d. Wiener Acad. 1876.

³ Wenn seine Beobachtung von *Nephelein* (zusammen mit Quarz!) richtig ist, kann *dies* Gestein doch kaum etwas mit dem Predazzo-Granit gemein haben. Vielleicht ist jedoch die *Nephelein*-bestimmung zweifelhaft.

Dieselbe Beobachtung haben wir auch gemacht (so z. B. an mehreren Stellen längs der Grenzfläche des Granits vom nördlichen Fuss der Malgola). Es wäre daher immerhin möglich, dass auch einige der etwas weniger sauren «Orthoklasporphyrgänge» noch als Granitapophysengänge aufgefasst werden könnten.

So z. B. das von *K. v. Hauer* analysirte Gestein von Canzacoli (l. c. S. 332), welches, abgesehen von dem etwas geringeren SiO_2 -Gehalt (und höheren Gehalten an Eisenoxyde und Natron) ziemlich gut mit dem Gestein von Cornon übereinstimmt.

Die Hauptmasse der «Orthoklasporphyrgänge» kann aber ganz sicher nicht als granitische Apophysengänge (aschiste Gänge) angesehen werden; dafür sind sie bei weitem zu basisch, obwohl die starke Zersetzung, welche sie durchgehends erlitten haben, es kaum erlaubt, die ursprüngliche Zusammensetzung sicher zu ermitteln.

In der folgenden Tabelle sind die Analysen, welche sich auf hierher gehörige Ganggesteine beziehen, zusammengestellt; in allen Analysen ist der angegebene CO_2 -Gehalt mit entsprechender Menge von CaO als CaCO_3 angeführt, wodurch der Grad der Zersetzung besser hervortritt. Die wichtigsten Zersetzungsprodukte sind Kalkspath, Kaliglimmer, Chlorit, Eisenoxydhydrat (und nach *Lemberg* Zeolithe).

	I	II	III	IV	V	VI	Mittel
SiO_2	59.17	56.71	55.54	54.28	53.64	52.07	55.23
Al_2O_3	19.73	20.98	23.00	21.56	22.56	22.84	21.78
Fe_2O_3	—	2.60	2.65	4.97	2.59	3.35	3.01
FeO	1.71	—	—	—	—	—	—
MgO	0.40	0.79	0.62	1.20	0.27	1.13	0.73
CaO	0.71	1.07	2.00	0.04	0.81	1.80	1.07
Na_2O	3.54	3.71	6.25	1.90	7.09	0.84	3.89
K_2O	4.03	8.65	5.66	7.85	5.86	8.95	6.83
H_2O	3.40	5.00	5.24	3.48	5.22	6.64	4.82
CaCO_3	5.73	?	?	3.64	2.50	0.46	3.08
	98.43	99.51	100.96	98.92	100.52	98.08	100.44

- I «Liebeneritporphyr»; Boscampo; *Th. Kjerulf*, «Christiania Silurbecken, S. 14.
- II «Liebeneritporphyr»; Monzoni; *Lemberg*, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877, S. 491—492.
- III «Liebeneritporphyr» («Brauner Porphyr»); Boscampo; *Lemberg*, ib. 1877, S. 492 (NB. umgerechnet).
- IV «Liebeneritporphyr» («Rother Porphyr»); Boscampo; *Lemberg*, ib. 1877, S. 493.
- V «Liebeneritporphyr» («Brauner Porphyr»); Boscampo; *Lemberg*, ib. 1877, S. 492.
- VI «Liebeneritporphyr» («Violetbrauner Porphyr»); Boscampo; *Lemberg*, ib. 1877, S. 492.

Der Alkaligehalt ist in diesen Gesteinen ungewöhnlich hoch; dagegen ist der Gehalt an MgO und Eisenoxyden gering. Berechnet man das Mittel ohne Rücksicht auf H₂O und CO₂ auf 100 ausgeglichen, erhält man: SiO₂ 58.59, Al₂O₃ 23.10, Fe₂O₃ 3.19, MgO 0.79, CaO 2.96, Na₂O 4.12, K₂O 7.24 = 100.00 mit 11.36 % Alkalien.

Die chemische Mischung dieser Gänge erinnert durch ihre Armuth an MgO und Fe-Oxyden und durch den Reichthum an Al₂O₃ und Alkalien sehr an die an dunklen Mineralien armen, feldspathreichen Ganggesteine, von welchen im Kristianiagebiet so viele Typen als complementäre Differentiationsprodukte zu basischen Gängen auftreten, namentlich an die auf Gran so massenhaft zusammen mit Camptoniten auftretenden *Bostonite*, (nur dass diese, wie die meisten Gesteine im Kristianiagebiete, Na₂O-reiche Gesteine sind). Ähnliche Differentiationsprodukte begleiten die Camptonite bei amerikanischen Vorkommen und zwar hier relativ reicher an K₂O als an Na₂O. Ein Vergleich mit dem Mittel von zwei Bostonitanalysen von Champlain Valley (nach *Kemp*), auf dieselbe Weise frei von H₂O und CO₂ berechnet, zeigt:

	Mittel von «Liebenerit- porphyren».	Mittel von amerikanischen Bostoniten.
SiO ₂	58.59	60.73
Al ₂ O ₃	23.10	21.00
Fe ₂ O ₃	3.19	3.83
MgO	0.79	0.79
CaO	2.96	4.44
Na ₂ O	4.12	4.52
K ₂ O	7.24	4.69
	100.00	100.00

Die Analogie ist, wie man sieht, recht bedeutend.

Nun ist es bei den genannten norwegischen und amerikanischen Vorkommen gewiss unzweifelhaft, dass die Bostonite und die Camptonite complementäre diaschiste Gänge sind. Es liegt dann sehr nahe, auch für die sogenannten «Liebeneritporphyre» bei Predazzo und Monzoni eine analoge Beziehung zu den mit denselben zusammen auftretenden Camptonit-Gängen anzunehmen.

Es wurde oben erwähnt, dass schon *Lemberg* auf das häufige Zusammenvorkommen der Gänge der «Liebeneritporphyre» mit sogenannten «Melaphyrgängen», welche, wie wir jetzt wissen, nichts weiter als Gänge von Camptoniten oder mit Camptoniten verwandten Gesteinen sind, aufmerksam gemacht hat. So ist das Verhalten bei Boscampo an dem N.O.-Fuss der Malgola, ebenso am S.O.-Abhang des Mulatto, ebenso bei Canzacoli, Sforzella, Monzoni. Bisweilen füllen Camptonite und Liebeneritporphyre sogar dieselbe Spalte.

Ein weiterer Beweis für diese Auffassung der Liebeneritporphyrgänge als diaschiste Gänge, welche sich zu den Camptonitgängen als mit den Bostoniten analoge complementäre Gänge verhalten, ist eine Beobachtung an Material des «braunen Porphyrs» (Analyse III oben) von Boscampo.

Dünnschliffe dieses Gesteins zeigten nicht selten Einsprenglinge von *brauner basaltischer Hornblende* von genau derselben Beschaffenheit wie die Hornblende in den benachbarten Camptonitgängen.

Ganz entsprechend sind auch in manchen Bostoniten von Gran grosse Einsprenglinge (meistens schon pseudomorphosirt) von brauner Camptonithornblende vorhanden. Sie stammen in beiden Fällen aus einem so frühen Stadium der Differentiation, dass die beiden Theilmagmen der Camptonite und der Bostonite noch nicht örtlich getrennt waren, und sind bei anfangender Krystallisation des ausdifferenzierten Camptonitmagmas in das angrenzende (unterliegende) Bostonitmagma hineingesunken und nachträglich mit dem zuletzt aufgepressten Bostonit mitgerissen. Wie im Kristianiagebiet die Bostonite, sind auch in Südtirol die Liebeneritporphyre *nach* den complementären Camptoniten heraufgedrungen. Im Tyroler Gebiet sind die rothen Porphyre deshalb die jüngsten Eruptionen.

Die Liebeneritporphyre sind somit, wie mir scheint, mit Recht als eine Art *Bostonitporphyre* aufzufassen.

Sie sind, wie die Analysen zeigen, etwas reicher an Alkalien als die norwegischen Bostonite; bedenken wir die nahe Verwandtschaft der typischen Camptonite mit den alkalireicheren böhmischen Nephelin-

tephriten (z. B. von Kleine Priessen etc.), den Monchiquiten etc., liegt es nahe, in dieser Beziehung auch die Erklärung der Einsprenglinge von sogenanntem «Liebenerit» zu suchen. Es dünkt mir wahrscheinlich, dass diese, wie man in der Regel angenommen hat, wirklich als Pseudomorphosen von Kaliglimmer nach *Nephelin* (nicht nach Cordierit) aufzufassen sind. Wie sie jetzt vorliegen, als durch und durch zu Kaliglimmer umgewandelte Krystalle, dürfte eine sichere Entscheidung immerhin schwierig erreicht werden können. Messungsversuche scheiterten an ungenügenden Flächenreflexen, und das mir vorliegende Material gestattete auch auf andere Weise keine Lösung der Frage. Soviel mein Material eine Meinung erlaubte, scheint mir auch die beobachtete Flächencombination (fast immer nur erstes hexagonales Prisma und Basis) eher auf Nephelin als auf Cordierit zu deuten.¹

Wenn es sich bestätigen sollte, dass der Liebenerit umgewandelter Nephelin ist, nehmen diese Bostonitporphyre in so fern eine eigenthümliche Stellung als «*Nephelin-Bostonitporphyre*» ein; sonst stimmen sie in anderen Beziehungen mit Bostoniten anderer Vorkommen gut überein. Auch die trachytoide Structur der Grundmasse kehrt entsprechend bei so manchen Bostoniten und Lindöiten von Gran wieder.

Nach *Reyer's* Darstellung sollten Liebeneritporphyre nicht nur als Gänge, sondern auch als über grössere Flächen ausgebreitete Ströme bei Predazzo vorkommen. Wir citiren folgendes nach *Reyer*:

«Der Strom 14 besteht aus einem hässlich zerklüfteten und bröckeligen schmutzig braun aufgelaufenen Feldspathgestein. Seiner Hauptmasse nach ist es Feldspathporphyr, beziehungsweise Aphanit. Grüne Körnchen von Liebenerit (umgewandeltem Nephelin) trifft man häufig» etc.

Auch die mit 19, 20 und 21 bezeichneten Partien der *Reyer's*chen Karte sind von ihm als Liebeneritporphyrströme aufgefasst; seine Beschreibung ist sehr lebhaft: «Da glaubt man wohl nicht einen triassischen Strom vor sich zu haben, vielmehr wird man erinnert an jene Bilder tertiärer steilwulstiger und sich gabelnder Trachytströme, welche uns *Hartung* und *Reiss* in ihren Reisewerken mittheilen».

Das ist nun alles schön geschrieben, — aber leider die reine Phantasie. Diese als Liebeneritporphyr bezeichneten Felder der *Reyer's*chen Karte sind weder Ströme, noch haben sie etwas mit Liebeneritporphyr zu schaffen. Die Felder 14, 19 und 20 sind nichts weiter als feinkörnige, porphyrisch ausgebildete *Grenzfaciesbildungen des Monzonits* und werden stellenweise, wie auch der gewöhnliche Monzonit

¹ Für Litteratur über Liebenerit siehe *Hintze*, Handb. d. Min. S. 871 (1892). Siehe auch *S. I. Thugutt*, Neues Jahrb. f. Min. B. B. IX, (1895), S. 617 ff.

sowohl von Camptonitgängen als von Liebenertporphyrgängen durchsetzt. Wie es überhaupt möglich gewesen ist, die Gesteine dieser Grenzfaciesbildungen mit dem Liebenertporphyr zu verwechseln, dürfte wohl Jedem, der sich etwas mit Petrographie beschäftigt hat, ganz unbegreiflich vorkommen, da selbst makroskopisch kaum eine entfernte Ähnlichkeit und bei der Beobachtung unter dem Mikroskop nicht die geringste Übereinstimmung vorhanden ist. Nur die lebhafteste Phantasie kann hier Analogien entdeckt haben, eine Phantasie, welche einen noch reizenderen Ausdruck in den prächtigen Schilderungen der Tektonik dieser «von den hohen Gehängen des Mulatto entsprungenen, überrollten, halberstarrten Lavaströme» gefunden hat. Nur schade, dass diese schönen Dichtungen auch nicht den geringsten Kern von Wahrheit enthalten. — Leider, leider! Als wir von den grünen Wiesen Viezenas auf diese so wenig entblösten muthmaasslichen Lavaströme am Südostabhänge Mulatto's herabschauten, mussten wir wohl in Erinnerung an die malerischen Schilderungen *Reyer's* an das Wort Göthe's denken: «Natur und Kunst, sie scheinen sich zu fliehen».

In kurzer Zusammenfassung der obigen Darstellung sollte nach meiner Ansicht die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Monzoni und Predazzo in grossen Hauptzügen die folgende sein:

1. Die ältesten Eruptionen der Triaszeit in diesem Theil von Südtirol sind durch basische Gang- und Ergussgesteine: *Melaphyre*, *Augitporphyrite*, *Plagioklasporphyrite*, *Mandelsteine*, *Tuffe* etc. repräsentirt.

2. Den späteren Eruptionen dieser basischen Gang- und Ergussgesteine entsprechen auch basische Tiefengesteine, von welchen jedoch nur relativ unbedeutende Massen als Grenzfaciesbildungen (wesentlich *Pyroxenite*, übergehend in Gabbrodiabase, Monzonite etc.) etwas saurerer Gesteine aufbewahrt sind.

3. Diese saureren Gesteine, wesentlich *Monzonite* (lokal mit Facies von Augitsyenit (?), Augitdiorit etc.) sind von intermediärer Mischung und gehören einer selbständigen Gesteinsreihe, der Serie der Orthoklas-Plagioklas-Gesteine an. Ihre Mischung ist als Ergussgesteine durch gewisse *Plagioklasporphyrite* (Labradorporphyrite?) der Decken des Mulatto etc. repräsentirt.

4. Jünger als die Monzonite und die ihnen in Zeit und Mischung entsprechenden Ergussgesteine sind rothe *Granite* (Biotitgranite oder Granitite, mit Grenzfacies von Turmalingranit etc.) bei Predazzo. Vielleicht entsprechen dem Granit, ausser kleine Adern von Aplit etc. an der unmittelbaren Grenze, auch in grösserer Entfernung Gänge von Quarzporphyren, welche früher mit den sogenannten Liebeneritporphyren zusammengestellt waren.

5. Die jüngsten Eruptionen der ganzen Eruptionsepoche sind durch eine Gefolgschaft von wenig mächtigen Gängen repräsentirt; diese Gänge sind *theils* von ultrabasischer eisenreicher Mischung, wesentlich *Camptonite* (und verwandte Typen), *theils* von intermediärer, eisenarmer Mischung, gewöhnlich «*Liebeneritporphyre*», d. h. «*Nephelin-Bostonitporphyre*». Diese beiden Gruppen von Ganggesteinen verhalten sich als complementäre Gänge. Vielleicht finden sich den Camptoniten entsprechende Ergussgesteine. Die Liebeneritporphyre scheinen überhaupt die jüngsten Eruptionen der ganzen Epoche zu repräsentiren.

Der Mechanismus der Eruption der Tiefengesteine.

Wie ich in der Einleitung erwähnt habe, war es in erster Linie das Ziel meiner Reise nach Predazzo, durch Vergleich mit dieser Gegend Belehrung für das Studium des Kristianigebietes zu finden.

In der vorstehenden Darstellung habe ich nun versucht eine Übersicht über die einzelnen Eruptivgesteinstypen der Monzoni- und Predazzo-Gegend, ebenso wie meine Auffassung ihrer gegenseitigen Altersfolge zu geben.

Auf der Grundlage dieser Auffassung scheint es nun von Interesse, einen näheren Vergleich zwischen dem Südtyroler Eruptivgebiet mit dem mir viel besser bekannten Kristianigebiet zu versuchen.

Ehe ich zu dieser Aufgabe übergehe, scheint es mir aber unbedingt nöthig, zuerst die generellen Gesetze des Mechanismus der Eruption der Tiefengesteine (in nicht gefaltetem Gebirge) überhaupt näher zu diskutieren.

Die eine oder die andere Auffassung führt nämlich in allen hierher gehörigen Fragen auf so diametral entgegengesetzte Resultate, dass der ganze Vergleich der beiden genannten Eruptivgebiete vollständig in der Luft schweben würde, wenn die wichtigsten Fragen über die Formen der Tiefenmassen und die Entstehung derselben sich nicht zuvor mit einiger Sicherheit beantworten lassen.

Ich sehe mich deshalb genöthigt, eine ziemlich lange Digression in das Gebiet der *Petrogenese der Tiefengesteine* zu unternehmen, ehe wir zu der eigentlichen Aufgabe des Vergleiches des Kristianigebietes und des Südtyroler Eruptivgebietes übergehen können. Ich werde für die nähere Beleuchtung der einzelnen Fragen dabei meine Beispiele zunächst von dem ersteren Gebiet nehmen und somit mittlerweile das Predazzo-Gebiet verlassen.

Die Fragen über die Bildung des *Granits* und des Gneisses haben zu allen Zeiten den Geologen die grössten Schwierigkeiten dargeboten; die Geschichte dieser Fragen ist ein wesentlicher Theil der Geschichte der Geologie selbst gewesen, so innig sind diese Hauptfragen mit der ganzen Entwicklung der geologischen Wissenschaft verknüpft.

Die «*Granitfrage*» war in der ganzen ersten Hälfte unseres Jahrhunderts die grosse Streitfrage; obwohl wir der Lösung jetzt am Ende des Jahrhunderts wohl hoffentlich ein wenig näher sind, ist das grosse Räthsel doch bei weitem nicht vollständig enthüllt. Und wenn wir uns einem besseren Verständniss näher glauben, tauchen die alten Ansichten in neuer Kleidung sofort wieder hervor und lehren uns, dass die unbestrittene Wahrheit noch lange in Dunkel verborgen bleiben wird. Der menschliche Geist ist wunderbar conservativ; dies zeigt sich auch in der Geschichte der Granitfrage, denn Ansichten, die man schon längst als todt und begraben ansehen müsste, stehen immerfort wieder als Gespenster aus der Vergangenheit auf.

Die *Werner'sche* Auffassung der Granite als Sedimente ist keineswegs ausgestorben; die durch *Keilhau*, *Bischof* und seine Schule, etc. modificirte Auffassung *Werner's*, nach welcher die Granite *metamorphosirte Sedimente* wären, lebt noch immerfort.¹ Auch in neuester Zeit hat dieselbe durch die Ausbildung der Lehre von dem Dynamometamorphismus eine modificirte Form erhalten, namentlich in *H. Reusch's* Deutung der Granite von Karmö und Bömmelö als druckmetamorphosirte, umgeschmolzene Conglomerate etc.,² eine Auffassung, welche nach meiner Ansicht in den von *Reusch* beschriebenen Fällen durchaus auf unrichtiger Deutung der Beobachtungen beruht.³

¹ Cfr. *O. Torell*: «Förhandlingar vid de Skandinaviska Naturforskarnes 12te Möte Stockholm 1880 (S. 252 ff.).

² *H. Reusch*: «Bömmelöen og Karmöen med omgivelser», Kristiania 1888.

³ Wenn *Reusch* z. B. als Stütze seiner Auffassung hier anführt, dass bei Kristiania aus silurischem Thonschiefer der Etage 4 durch Contactmetamorphose gegen Quarzsyenit im Grevsenäs ein porphyrisches Gestein mit Feldspatheinsprenglingen etc. gebildet gewesen wäre (siehe *Nyt Mag. f. Naturvid. B. 28, S. 121 ff.*), so ist dies unzweifelhaft ein reines Missverständniss der Thatsachen; das betreffende Vorkommen habe ich genau untersucht und dabei gefunden, dass der Porphyr nichts weiter als die gewöhnliche Grenzfacies des Quarzsyenits (Nordmarkits) selbst ist, sowie solche längs der ganzen Grenze der Nordmarkite überall ganz allgemein verbreitet ist; *Reusch's* «Porphyroid» hat nichts mit einer Umwandlung silurischer Sedimente zu schaffen. — Ebenso wenig scheint mir *W. S. Bayley* in seiner Abhandlung: «The eruptive and sedimentary rocks on Pigeon point, Minnesota (Bull. of the United States geol. Surv. No. 109, 1893) unzweideutig bewiesen zu haben, dass sein «red granular rock» aus umgeschmolzenen Sedimenten entstanden sei. Schon der Vergleich der Analysen (l. c. 113) zeigt, dass der «red rock» eine gewöhnliche Granophyrmischung besitzt, deren Alkalireichthum den verglichenen Sedimenten fehlt.

Als die Auffassung von dem eruptiven Ursprung des Granits zuerst durchzudringen anfang, war man schon sehr früh auf die richtige Spur gekommen, indem man die Granite, die Syenite und verwandte Gesteine im Gegensatz zu den an der Oberfläche erstarrten vulkanischen Gesteinen ganz zutreffend als *plutonische* Gesteine, das heisst als in der Unterwelt, im Reiche Pluto's, in der Tiefe unterhalb der Erdoberfläche erstarrte Massengesteine erkannte. Es kann von allen Ecken der Welt eine derartige Fülle von Beobachtungen verschiedenster Art für die Richtigkeit dieser Ansicht angeführt werden, dass man wohl glauben sollte, dieselbe sei als unerschütterlich bewiesen zu betrachten. — Doch nein, als Gespenster tauchen immer wieder alte Ansichten auf: *Reyer* hat, wie bekannt, in neuester Zeit wieder die Auffassung verfochten, dass die Granite als submarine Tiefseeeruptionen, also als Oberflächenenergüsse aufzufassen seien. Um diese Ansicht zu widerlegen, sollen hier nur einige wenige Thatsachen angeführt werden, welche wohl genügen dürften, um ihre Unhaltbarkeit zu beweisen. 1) Die Granite, respektive Quarzsyenite und Syenite, welche in allen Beziehungen mit den Graniten zusammengestellt werden müssen, kommen im Kristianiagebiet an mehreren Stellen in unmittelbare Berührung mit *Küstenbildungen*, devonischen Sandsteinen (mit ripple marks) etc., welche im Contact mit dem Granit etc. stark metamorphosirt sind. 2) Die Granite sind an vielen Stellen im Kristianiagebiet von stark contactmetamorphosirten Schichten bedeckt, welche *auch in unmittelbarer Berührung mit dem Granit selbst, wo sie auf demselben liegen, gut aufbewahrte Fossilien: Trilobiten, Brachiopoden etc., führen*. Wie wäre es möglich, sich vorzustellen, dass diese Schichten am Boden eines Meeres auf einem gewaltigen Erguss von noch heissflüssigem Granitmagma als jüngere Bildung abgesetzt sein könnten, wenn dies Meer einerseits nicht heisser gewesen wäre, als dass Thiere unmittelbar auf dem Granitboden leben konnten, andererseits aber die Contactwirkung von der Granitgrenze ab kilometerweit durch bedeutende Schichtmächtigkeit nachweisbar ist?

Seitdem man (ca. 1876) durch die äusserst lehrreichen Beobachtungen von *Gilbert, Peal, Endlich* etc. die lakkolithischen Vorkommen von Eruptivgesteinen in sedimentären Gesteinen, in den Henry Mountains etc. kennen gelernt hatte, lag es nahe, die Granitbuckel als durch die Erosion entblösste *Lakkolithe* aufzufassen. Wenn sie auch nicht in genau analoger Formenausbildung auftreten, sind doch so viele Züge gemeinsam, dass es kaum zu gewagt schien, im Wesentlichen eine verwandte Entstehungsweise auch für die Granite und somit auch für die übrigen bekannten Vorkommen von Tiefengesteinen anzunehmen.

Das wesentliche ist sowohl bei den amerikanischen Liparit- resp. Trachyt-Lakkolithen in Henry-Mountains etc. als bei den unzähligen Vorkommen von Graniten und verwandten massigen Gesteinen, dass überhaupt eine *Intrusion oder Injektion* durch Bewegung des Magmas von einer tieferen Quelle in ein höheres Niveau hinauf, und dann nachträglich eine Erstarrung in dem bei der Intrusion gebildeten Raum, *in grösserer oder geringerer Tiefe unterhalb der Tagesoberfläche*, stattgefunden haben muss. Die *Form* der erstarrten Eruptivmasse, ob als grosse flachgewölbte Kuchen (typische Lakkolithe) oder als grössere mehr unregelmässig begrenzte Massen (Stöcke etc.) muss dabei relativ unwesentlich erscheinen.

Die structurellen Eigenthümlichkeiten der echten Tiefengesteine lassen sich bei dieser Auffassung befriedigend als ein Resultat der in grösserer Tiefe stattgefundenen *langsamen Erstarrung* erklären; die begleitende Contactmetamorphose in der Umgebung der Tiefengesteine erhält auch ihre befriedigende Erklärung namentlich durch die Einwirkung des bei der Krystallisation unter grossem Druck in geschlossenem Raum frei gewordenen überheizten Wassers, welches mit ungeheurer Tension nach allen Seiten in die umgebenden Gesteine, namentlich längs den Schichtfugen eingepresst werden und unter Einfluss der bedeutenden Temperatur des langsam erstarrenden injicirten Gesteinsmagmas eine durchgreifende Umkrystallisation, mit Neubildung von Mineralien hervorbringen musste. Diese Auffassung der Granite, Syenite etc. als in der Tiefe der Erdkruste in der Weise der Lakkolithe erstarrter *Intrusivmassen* ist dann auch seit dem Anfang der 80-er Jahre sehr allgemein verbreitet gewesen. Es lässt sich auch nicht leugnen, dass das Auftreten der Granite und der übrigen Tiefengesteine in den meisten Beziehungen eine bedeutende Ähnlichkeit mit demjenigen echter Lakkolithe darbietet, obwohl Unterschiede auch nicht fehlen.

In seiner Hauptarbeit: «Udsigt over det sydlige Norges Geologi»¹ (Kristiania 1879) legte *Th. Kjerulf* eine neue Auffassung des Granits (und der mit demselben verwandten Tiefengesteine) dar; es ist dabei zu bemerken, dass er damals die einige Jahre früher publicirten Arbeiten der genannten amerikanischen Geologen über die Lakkolithe ganz unzweifelhaft nicht gekannt hat. *Kjerulf* hatte an vielen Stellen im Kristianiagebiet, so namentlich im Drammensthal, im Lierthel etc. beobachtet, wie die silurischen Etagen in schwebender Schichtstellung deutlich *auf* dem Granit ruhen.

¹ Übersetzt von Dr. *A. Gurtt* unter dem Titel: «Die Geologie des südlichen Norwegens» Bonn 1880.

Die Etagen bilden flache Wellen, welche häufig der unterliegenden Granitoberfläche conform sind. Die Granitunterlage bildet so zu sagen das *Fussstück* der Etagen, der Granit verhält sich als «*ein Fussgranit*». Die nähere Beobachtung zeigte ferner, dass die verschiedensten Etagen unmittelbar auf dem Granit ruhen, bald die unteren (z. B. Orthocerenkalk, Etage 3), bald die oberen (z. B. Cochleatkalk, Etage 8 etc.); wo im Profil ein grösserer oder geringerer Theil des Etagenbaus fehlt, nahm dann *Kjerulf* an, dass der Granit selbst die an jeder einzelnen Stelle fehlenden Etagen verzehrt, verschluckt («*opslugt*») habe.¹ Diese Verzehrung wird an mehreren Stellen in seiner Darstellung geradezu als ein «Einschmelzen» charakterisirt. *Kjerulf* dachte sich dabei die aufgestiegenen Granitmassen ohne Weiteres als Anschwellungen des flüssigen Erdinneren, die die umgebenden Theile der Erdkruste eingeschmolzen hätten.

Diese «*Fussgranithypothese*» *Kjerulfs* wurde überhaupt sehr wenig bekannt und so viel ich weiss von keinem späteren Forscher direct angenommen; schon in 1882 lieferte ich² den Beweis, dass diese Hypothese «in den sicheren Beobachtungen von unzweifelhaften Contactzonen keine Stütze findet», und *Kjerulf* selbst versuchte später niemals die Berechtigung derselben aufrecht zu erhalten.

Genau dieselbe Hypothese ist nun vor zwei Jahren von *Michel Lévy* aufgestellt worden.³ *Michel Lévy* scheint die *Kjerulf'sche* Fussgranithypothese überhaupt gar nicht gekannt zu haben,⁴ denn *Kjerulfs* Name wird in seiner Auseinandersetzung nicht erwähnt und die ganze Hypothese als neu dargestellt.

¹ Confr. l. c. S. 60, wo es von dem Drammensgranit heisst: «Der Granit im Fuss hat in seiner Masse einen Theil des einmal vorhanden gewesenen Silurgebirges verschluckt», oder S. 142, wo es heisst: «Einen deutlichen Fingerzeig für den Einfluss des Granits, wo er von unten aufgeschwollen ist, — das Überlagernde verschluckend und einschmelzend, trotzdem aber sich als eine Grundlage, worauf die Schieferreihen schwimmen, verhaltend, — erhält man vom Gebiet der Gulaschiefer» etc.; auch an vielen anderen Stellen seiner Arbeit.

² «Die Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet» etc. S. 371.

³ «Contributions à l'étude du granite de Flamanville et des granites Français en général»; Bull. des services de la carte géol. de la France, No. 36, Tome V, 1893. Ein ausführliches Referat von *E. Houg* findet sich in «Revue générale des sciences», für 30. Octbr. 1894, S. 758—761.

⁴ Ich muss hier hinzufügen, dass es in der That sehr verständlich ist, dass die Fussgranithypothese *Kjerulfs* überhaupt einem nicht norwegisch verstehenden Leserkreis unbekannt geblieben ist; denn in der deutschen Übersetzung des *Kjerulf'schen* Werkes (durch *A. Gurlt*: «Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegens», Bonn 1880) sind diejenigen Stellen, welche den Granit als einen «Fussgranit» behandeln, vollständig missverstanden, so dass die einschmelzende Thätigkeit des Granits gar keinen Ausdruck gefunden hat. So sind z. B. die beiden oben citirten Stellen in der deutschen Ausgabe

Bei der sehr klaren Darstellung seiner Hypothese behandelt *Michel Lévy* die verschiedenen Formen der Granite (d. h. der *sauren* Tiefengesteine im Allgemeinen) gesondert als «*culots*» (stocks, bosses etc.), als «*ellipses*», als «*dikes*» oder endlich als «*massifs* irreguliers»; er hebt hervor, dass diese verschiedenen Formen durch alle Übergänge verbunden sind. Er polemisiert dabei durchgehends gegen die Auffassung der Granitmassen als Lakkolithe (Kuchen) und hebt hervor, dass: «Au contraire, tout indique que les *culots* granitiques s'élargissent en profondeur et ne forment que le sommet d'une pyramide dont la base se confond avec les zones encore fluides de l'écorce terrestre».¹ Gilt dies von den «*culots*», so sollte dasselbe noch mehr für die grossen «*ellipses*» («ces dykes de profondeur que M. Suess appelle *batholites*» l. c. S. 34) und die «*dykes*» (z. B. das Vorkommen des Tonalits von Adamello) und endlich für die «*massifs*», welche *Michel Lévy* als «les appareils granitiques des grandes profondeurs» bezeichnet, gelten. Was die Eruption oder wie *Michel Lévy* es sehr bezeichnend nennt «la mise en place» der Granite betrifft, hebt er als das wesentliche Moment hervor, dass «tout milite en faveur d'une tombée en fusion, en liquation, des salbandes voisines, avec assimilation lente et partielle par la roche éruptive». «Il semble, que l'ascension du magma granitique se fasse en profitant d'une sorte de fusion, d'assimilation, de corrosion des strates encaissantes». «Nous supposons que la proximité de la roche éruptive amène une surélévation des courbes isogéothermes et une circulation intense de fluides minéralisateurs (probablement alcalins). Dès lors, il se produit d'abord la remise en mouvement du quartz et la naissance du mica noir — — — —. Puis la feldspathisation intervient». «En d'autres termes, le métamorphisme de contact se confond peu à peu en profondeur avec le métamorphisme général» etc. *Michel Lévy* resumiert schliesslich seine Auffassung des Mechanismus der Graniteruptionen in vier Hauptsätzen, wovon hier die drei ersten citirt werden sollen:

auf folgende Weise übersetzt worden: «Der Granit hat hier mit seiner Masse einen Theil des einmal vorhanden gewesenen Silurgebirges überdeckt» (NB. statt «verschluckt» oder eingeschmolzen); die andere citirte Stelle lautet in der deutschen Ausgabe: «Einen wichtigen Fingerzeig für den Einfluss des Granites, der bei seinem Ausbruche aus der Tiefe höher gelegene Schichten überzog und verhüllte, sich aber sonst doch wie eine Unterlage verhielt, auf denen die Schieferschichten liegen, gewährt das Gebiet der Gulaschiefer» etc. Da auch die übrigen Stellen in Kjerulfs Arbeit, welche ähnlichen Inhaltes sind, consequent eine von dem norwegischen Texte ganz abweichende Meinung vorbringen, sollte man fast glauben, dass Kjerulf selbst seine Ansichten von dem Fussgranit aufgegeben habe, und dass die veränderte Auffassung der Übersetzung seine Zustimmung gehabt habe.

¹ L. c. S. 32.

1. Les granites ont dû s'élever, comme les roches volcaniques, dans les parties fracturées de l'écorce terrestre. Mais ils dissolvent leurs salbandes et tendent constamment à élargir leurs racines.

2. Il en résulte que les voussoirs affaissés, qui auraient pu leur servir de base, sont plus ou moins assimilés par la roche éruptive et transformés en gneiss granitiques, puis en granites gneissiques et enfin en granites.

3. Le mode d'ascension des masses granitiques peut présenter des paroxysmes; mais il se lie à des phénomènes très lentes d'assimilation des salbandes et de métamorphisme de contact.»

So weit *Michel Lévy*. Wie man sieht, ist kein nennenswerther Unterschied zwischen seiner «Assimilationshypothese» und der «Fussgranithypothese» *Kjerulf's* nachweisbar; sie sind beide vollkommen identisch.¹ Sogar die charakteristische Zusammenstellung der Contactmetamorphose mit der Regionalmetamorphose als verschiedene Resultate der Einwirkung der Granite in verschiedener Tiefe war auch in *Kjerulf's* Hypothese vorhanden, indem dieser die Regionalmetamorphose des norwegischen Hochgebirges auf den unterlagernden Granit bezog.²

Der Hypothese *Michel Lévy's*, oder wie wir also richtiger sagen sollten, *Kjerulf's*, hat sich neuerdings auch *Suess* angeschlossen. «Im Angesichte der ausgedehnten granitischen Stöcke darf man wohl die Vermuthung wagen, dass in früheren Phasen der Erdgeschichte Aufschmelzung und auch Durchschmelzung der Lithosphäre häufiger vorgekommen ist, und dass mit der Verstärkung der Lithosphäre diese weiten Essen seltener, dafür Dislokationen, enge Essen und Explosionen häufiger geworden sind. — — — Strenge würde zu scheiden sein: der Ausdruck «Batholith» für eine stock- oder schildförmige Durchschmelzungsmasse, welche mit fortschreitender Abtragung entweder den Querschnitt behauptet oder breiter wird bis in die «ewige Teufe», und der Ausdruck «Lakkolith» für einen seitlich eingedrungenen Kuchen, welcher mit der Abtragung zwar anfangs breiter werden mag, aber dann verschwindet.³ *Suess* bezeichnet *Michel Lévy's* Hypothese von der Aufschmelzung der

¹ Sie sind übrigens auch nicht ohne Vorläufer, indem das Schmelzen der höheren Theile der Erdkruste durch Steigen der Isothermen ja schon ein ziemlich alter Gedanke ist.

² Ich habe später nachgewiesen, dass der im norwegischen Hochgebirge der regionalmetamorphosirten Schieferformation unterlagernde Granit *älter* als diese selbst ist und nichts mit ihrer Metamorphose zu thun hat; confr. «Lagfølgen på Hardangervidda», Kristiania 1893.

³ Siehe *E. Suess*: «Einige Bemerkungen über den Mond», Separat-Abdruck aus den Sitzungsberichten d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math. naturw. Cl. B. 104, Abtheil. I, Febr. 1895, S. 33.

Salbänder durch den aufdringenden Granit als einen wesentlichen Fortschritt.¹

Es lässt sich nicht leugnen, dass die Fussgranithypothese *Kjerulf's* sowie die damit identische aber bei weitem mehr durchgeführte «Durchschmelzungshypothese» (Assimilationshypothese) *Michel Lévy's* beim ersten Anblick sehr verführerisch erscheint. Sie erklärt, wie es dünkt, manche schwierige Fragen befriedigend und steht scheinbar im besten Einklang mit den allgemein verbreiteten Vorstellungen über das Erdinnere überhaupt.

Dessen ungeachtet lässt sich durch eine grosse Anzahl unzweifelhafter Beobachtungen beweisen, dass dieselbe sich für die wesentlichsten Theile kaum aufrecht halten lässt oder jedenfalls dass sie nicht allgemeine Gültigkeit besitzt.

Die wesentlichsten Theile der Hypothese sind: 1) die Annahme der Einschmelzung (Assimilation) der Salbänder, 2) die «mise en place» durch langsame Aufschmelzung und die daraus resultirende Form der Tiefengesteinsmassen, nicht als intrusive «Lakkolithe», sondern als «in die ewige Teufe» fortsetzende «Batholithe».

Wenige bisher studirte Eruptivgebiete dürften günstigere Verhältnisse für die Untersuchung der generellen Beziehungen der Tiefengesteine darbieten als das Kristianiagebiet; der Reichthum an verschiedenen Gesteinstypen nicht weniger als die Grösse der Verhältnisse,² sowie eine unerschöpfliche Anzahl prächtiger natürlicher Profile bieten hier dem Forscher eine ungewöhnliche Gelegenheit, sich eine selbständige Meinung zu bilden. Wie verhält es sich nun im Kristianiagebiet mit der Einschmelzung des Nebengesteins?

Wir wollen dies mit ein Paar Beispielen erläutern.

Das Kristianiagebiet wird bekanntlich durch ein bedeutendes Granitgebiet³ auf beiden Seiten des Drammenfjords und des Lierthales in zwei Hälften getheilt; dies Granitgebiet erstreckt sich ungefähr in einer

¹ Es könnte hier auch noch an die «osmotische Hypothese» von *Jonston-Lavis* erinnert werden, welche ebenfalls eine bedeutende Resorption des Nebengesteins durch die aufdringende Eruptivmasse behauptet; da dieselbe jedoch nicht die *Formen* der Tiefengesteine diskutirt hat, darf sie hier unberücksichtigt bleiben.

² Mehr als 4600 km.² sind von Tiefengesteinen eingenommen: ca. 2900 von quarzführenden Syeniten, Quarzsyeniten und Natrongraniten, ca. 800 von Granititen, ca. 900 von Augitsyeniten, Glimmersyeniten, Nephelinsyeniten etc.

³ Siehe meine vorläufige Darstellung in Z. f. Kryst. B. 16, I, S. 70—78 und S. 93—99. Aus dieser Darstellung ist auch die hier beigefügte Kartenskizze des Kristianiagebietes reproducirt. Übrigens sind für das volle Verständniss des folgenden Abschnitts die geologischen Rectangelkarten (im Maassstab 1 : 100 000) Blatt Hönefoss, Blatt Kristiania und Blatt Moss kaum zu entbehren.

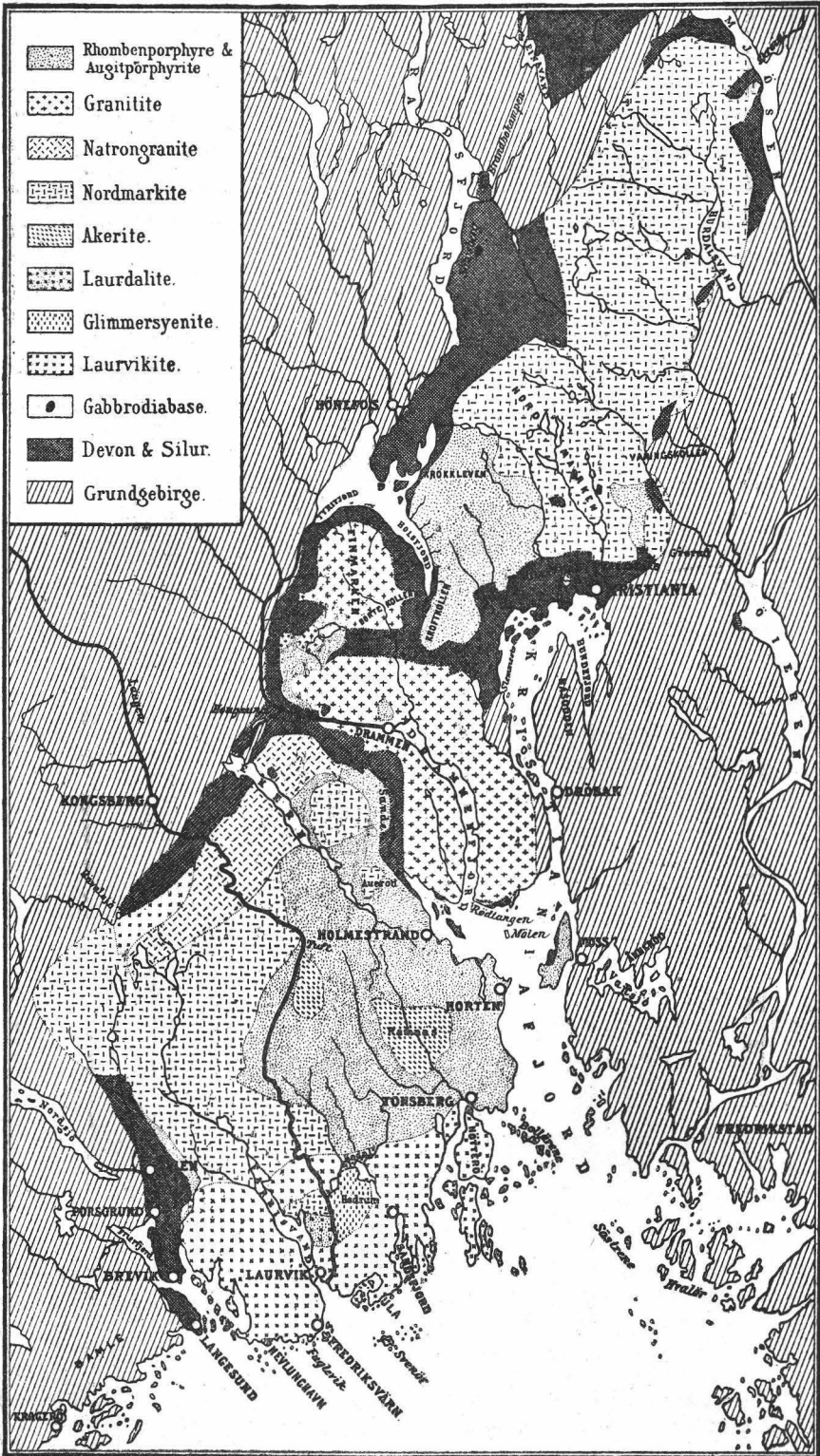


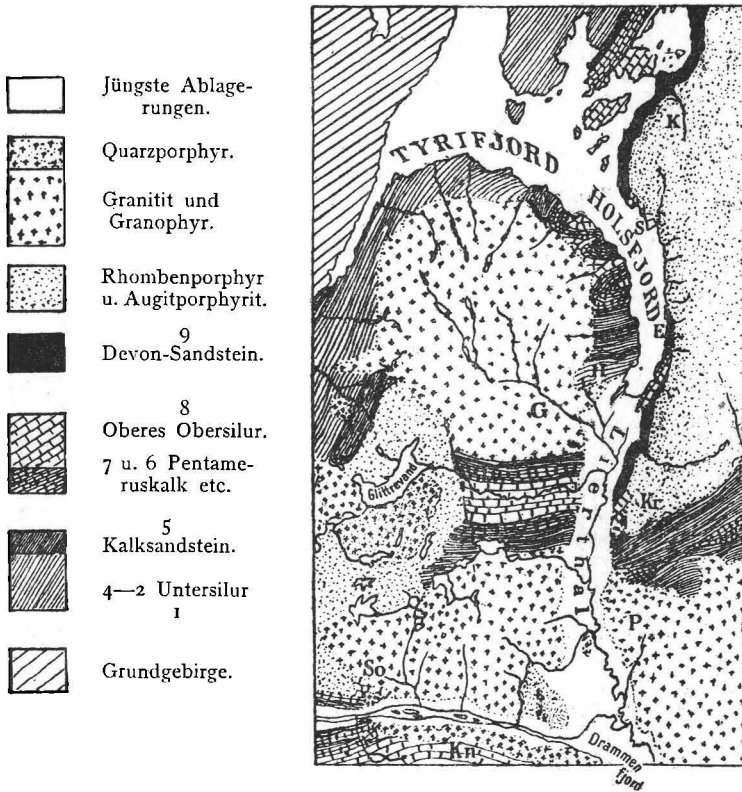
Fig. 11. Kartenskizze des Kristianiagebietes. 1 : 1 000 000.

Länge von ca. 57 Kilometer (in SSO.—NNW.-licher Richtung) bei einer grössten Breite von ca. 21 Kilometer (in WSW.—ONO.-licher Richtung), ein Areal von ca. 700 km.² einnehmend.

Die grössten Höhen sind im südlichen Theil (im Kirchspiel Hurum) ca. 300 Meter, im nördlichen Theil (Gjevlekollen in «Finmarken», dem Walddistrikt zwischen Lier und Modum) ca. 600 Meter.

Dies Granitgebiet ist somit, obwohl nicht sehr bedeutend, so doch ansehnlich genug um als ein charakteristisches Beispiel eines ausgedehnten Granitgebietes zu gelten.

Fig. 12.



Karte über die Felsenstrecke «Finmarken» zwischen Lier und Modum.

Maassstab 1 : 400 000.

K = Krokkleven. *S* = Sønsterud. *E* = Elvene. *H* = Hörtekollen. *G* = Gjevlekollen.

Kr = Kroftkollen. *So* = Solbergfeld. *P* = Paradiesbakken. *Kn* = Konerudkollen.

Durch die Einschnitte des Drammenfjords, des Lierthals und des Drammenthals sind gute Profile entblösst.

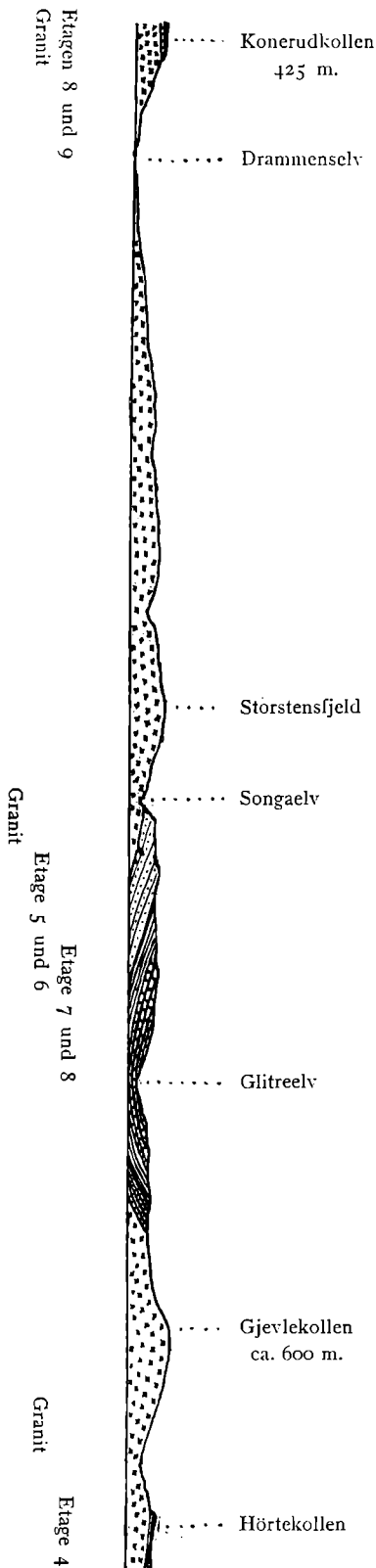


Fig. 13. Profil von Konerudkollen nach Hörtekollen, längs der Westseite des Lierthals. Maassstab für Länge und Höhe 1 : 100 000.

Das ganze Granitgebiet ist, wie aus den noch vorhandenen Resten genügend hervorgeht, *einmal mit einer zusammenhängenden Kruste von silurischen und devonischen Sedimenten bedeckt gewesen*; da die erhaltenen Reste dieser Sedimentdecke überall stark contactmetamorphosirt sind, müssen sie älter als die Graniteruption selbst sein.

Die Reste der Sedimentdecke sind am vollständigsten im nördlichsten Theile dieses Granitgebietes erhalten; hier bilden sie fast continuirlich eine ringförmige Bedeckung der gewölbten Granitmasse Finmarkens, welche dadurch von dem südlicher belegenen Theil des Granitgebietes abgetrennt wird.

«Zwischen¹ dem oberen Theile des Lierthals und dem Holsfjord im Osten, dem Tyrifjord im Norden und Westen, der Niederung des Glittrevands und des daraus fließenden Glitreelvs im Süden erhebt sich eine elliptisch abgegrenzte Granitpartie, deren grösste Höhen (Gjevlekollen) fast 600 m. erreichen, während die Wasserfläche des Tyrifjords nur 64 m. über dem Meeresspiegel gelegen ist. Von der gewölbten Oberfläche

¹ Das folgende ist Auszug aus meiner Darstellung I. c. S. 97—98.

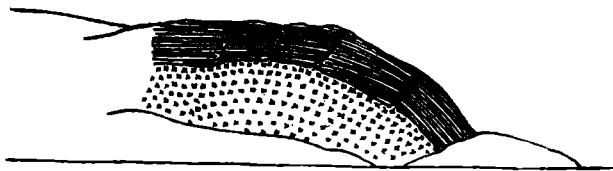
dieser Granitpartie fließen die Bäche nach allen Seiten. Die Structur des Granitit selbst ist in grosser Ausdehnung granophyrartig, namentlich in den Höhen und längs den Grenzen gegen die umgebenden Silurschichten. Diese liegen deutlich auf dem Granit, wo sie an denselben stossen, und die Verhältnisse längs der Grenze, sowie die Structur des oft feinkörnig granophyrisch ausgebildeten Granitit an den Gipfeln macht es höchst wahrscheinlich, dass *sie einmal die ganze Granitpartie bedeckt haben*. Auf der kleinen Karte sieht man aber, dass die unterliegende Granitmasse *schräg durch die Silurschichten durchschneidet*, so dass nicht dieselben Schichten rings herum darauf lagern. Die Silurschichten fallen grösstentheils von der gewölbten Granitoberfläche ab».

«An beiden Seiten des Glittreelvs zeigt das Profil, wie die Wellen der Silurschichten der Granitunterlage entsprechen».

«Am Holsfjord fallen die Faltungsachsen der gefalteten Silurschichten von dem Granit ab, und auch hier sieht man, dass die auf- und absteigenden Wellen der Oberfläche des darunterliegenden Granits entsprechen müssen».¹

Im Einzelnen ist die lehrreichste Stelle wohl das Profil vom *Hörtekollen* in Lier; ich wiederhole hier meine frühere Darstellung desselben:²

Fig. 14.



Profil von Hörtekollen in Lier (380 Meter hoch).

«Unten am Fuss des (ungefähr 380 Meter) hohen Felsens besteht der an vielen Stellen entblösste Berggrund noch aus einem ziemlich grobkörnigen an einen aplitischen Granophyr erinnernden Granitit, über den Abhang hinauf, über den aus losen heruntergefallenen Blöcken bestehenden Thallus (norwegisch: «Ur») des steilen Berges, steigt man über immer mehr und mehr feinkörnigen, kleindrusigen, aplitischen Granophyr hinauf, bis plötzlich, wenn man ungefähr $\frac{2}{3}$ der Höhe des Felsens passirt hat, durch eine fast unbesteigbare, schroffe Wand von Silurschichten das weitere Aufsteigen gehindert wird. Diese wohl 100 M.

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, S. 98.

² Ib. S. 73—74.

hohe Wand besteht aus abwechselnden Kalk- und Schieferschichten der Silurformation (Etage 4), *welche deutlich wie eine uhrglasförmige Schale die gewölbte Oberfläche der Grenze des Granitlakkolithen bedecken*; sie sind auf gewöhnliche Weise stark contactmetamorphosirt in violette Schieferhornfelse und grünliche bis grünlichweisse Kalksilicathornfelse in unaufhörlichem Wechsel. Ausserdem setzen zahlreiche grössere und kleinere Apophysen von aplitischem Granophyr, Mikrogranitporphyr, Granititpegmatit etc. von der untenliegenden Grenzfläche aus nach oben durch die Silurschichten hindurch, schon in grossem Abstände durch ihre rothe Farbe abstechend. Man kann mit einiger Schwierigkeit auf der Grenzfläche selbst zwischen dem Granophyr und den Silurschichten eine längere Strecke passiren und sieht dann, wie die Apophysen *von der Grenzfläche selbst nach oben in die Silurschichten hineinsetzen, sich verzweigen etc. und beobachtet zugleich, wie die Grenzfläche des Lakkolithen selbst ganz unregelmässig ist, indem sie bald plötzlich durch höhere Silurschichten schräg aufsteigt, bald sich wieder allmählich senkt*. Das Grenzgestein selbst ist ein makroskopisch feinkörniger, rother aplitischer Granophyr oder Mikrogranit, bisweilen fast dicht, häufig kleindrusig, mit pegmatitischen Nieren und Spaltenausfüllungen, hier und da flussspathführend, ein Zeugnis von pneumatolitischen Processen».

Die hier beschriebenen Verhältnisse wiederholen sich an vielen anderen Stellen der Umgrenzung des betreffenden Granitgebietes, z. B. in den Profilen des Vardekollen in Lier an der Ostgrenze desselben, ebenso an der Grenze zwischen Solfeld und Ersvik, sowie zwischen Bækkestrand und Sande und bei Holm an der Südgrenze desselben, bei Solbergåsen und am Solbergfeld (westlich von Drammen) an der Westgrenze desselben etc.

Die Verhältnisse sind überall dieselben, ganz abgesehen von den angrenzenden Sedimenten; am Knatvoldstrand (in Hurum, im Süden am Kristianiafjord) kommt der Granit in Berührung mit silurischen Schichten der Etage 4, am Songaelv und bei Bråten im Lierthal mit den mittleren silurischen Etagen, am Solbergåsen gegenüber Mjøndalen (westlich von Drammen) mit Schichten der Etage 6 und 7 (Obersilur), in Konerudkollen mit Schichten der Etage 8, bei Holm mit dem devonischen Sandstein etc.

Nach der *Kjerulf-Michel-Levy'schen* Hypothese müsste es, wo die Sedimente scheinbar ungestört auf dem Granit ruhen, durch Einschmelzung (Assimilation) erklärt werden, wenn derselbe in einem und demselben Profil, sowie auch in den verschiedenen Profilen bald von

niedrigeren, bald von höheren Etagen unmittelbar bedeckt wird; dies wurde von *Kjerulf* auch eben für das betreffende Granititgebiet geradezu ausgesprochen.¹

Wie verhält es sich nun aber thatsächlich mit dieser Einschmelzung, dieser «Assimilation»?

Wenn dieselbe wirklich stattgefunden hätte, müsste sie sich selbstverständlich in erster Linie in der Zusammensetzung des Eruptivgesteins selbst nachweisen lassen; das Magma, welches sich durch eine langsame Assimilation, ohne grosse Dislokationen, «von der ewigen Teufe» nach oben nach der Decke der an jeder einzelnen Stelle auflagernden Sedimente durchgeschmolzen hätte, müsste ohne jeden Zweifel die aufgenommenen assimilirten Schichten in seiner Masse durch Diffusion vertheilt haben, *und es müsste somit die chemische Zusammensetzung des erstarrten Magmas, des Gesteins selbst, noch die aus den eingeschmolzenen Schichten aufgenommenen Bestandtheile in sich enthalten.* Es müsste dann in der chemischen Zusammensetzung des Eruptivgesteins selbst die Controlprobe der Hypothese liegen.

Es genügt diese Probe für einen einzigen Bestandtheil durchzuführen, nämlich den *CaO-Gehalt*.

Ich habe aus einer grossen Anzahl von Analysen (und zum geringeren Theil durch Schätzung) den durchschnittlichen CaO-Gehalt der ganzen cambrischen und silurischen Schichtenreihe des Kristianiagebietes berechnet; derselbe sollte nach der Rechnung nicht weniger als ca. 24.5 % CaO betragen,² entsprechend einer Schicht von ca. 250 m. Mächtigkeit, bestehend aus reinem CaO! Wenn diese Zahl — 24.5 % — auch

¹ In der Erklärung zu Tafel 22 des Atlas I. c. heisst es: «9, 8, 6 sind verschiedene Etagen, nämlich 9 Sandstein, 8 Obersilur (wesentlich Kalkstein), 6 die Pentamerus-Zone etc. Der Granit im Fussstück schwillt von der Tiefe auf, verschluckt Theile der Etagen, zeichnet sich mit auffallend horizontaler Grenze» etc.

² Etage 8 b, c, d zusammen bis ca. 300 (?) m. mit durchschnittlichem CaO-Gehalt von 45 %

— 8 a	—	- 80	-	—	—	8.5 -
— 7 b	—	- 40	-	—	—	22.5 -
— 7 a	—	- 70	-	—	—	36.5 -
— 6	—	- 110	-	—	—	4.5 -
— 5	—	- 50	-	—	—	5 -
— 4 a, b, c, d	—	- 300	-	—	—	17 -
— 3 a, b, c	—	- 30	-	—	—	5 -
— 2 und 1	—	- 70	-	—	—	0.2 -

Gesamte Schichtmächtigkeit
der cambrischen und silu-

rischen Sedimente ca. 1050 m. mit durchschnittlich ca. 24.5 %
Der Durchschnittsgehalt ist proportional zur Mächtigkeit der Schichten berechnet. Die Mächtigkeit der obersilurischen Schichtfolge ist auf neue Untersuchungen basirt.

um einige Procent oder sogar um 10 Procent zu hoch wäre, so müsste ja doch dieser CaO-Gehalt der muthmaasslich eingeschmolzenen Schichten der Zusammensetzung des Granitits sein Merkmal aufgeprägt haben! *Wir finden aber in den Granitit-Analysen des betreffenden Gebietes keine Andeutung einer derartigen «Assimilation» einer CaO-reichen Schichtenreihe.* Im Gegentheil, die Analysen zeigen¹ durchgehends einen ganz geringen CaO-Gehalt, durchschnittlich kaum $\frac{1}{2}\%$! Wohin sollte dann der bedeutende CaO-Gehalt der Silurschichten seinen Weg genommen haben? Er hätte doch wohl nicht vollständig zu Nichts werden können, wenn wirklich die Silurschichten eingeschmolzen gewesen wären? Er müsste doch wohl im Granitit vorhanden sein!

Und umgekehrt, wenn er nicht da ist, müssen wir dann nicht mit zwingender Logik schliessen, dass die angenommene Einschmelzung, Aufschmelzung, Durchschmelzung, Assimilation etc. überhaupt gar nicht stattgefunden haben kann? Ich meine, es ist keine andere Schlussfolgerung möglich!

Was hier im grossen Ganzen von der «Assimilation» der kalkreichen Silurschichtenreihe gilt, zeigt sich ganz entsprechend auch im Einzelnen; wo z. B. in Konerudkollen die silurischen Kalksteine der Etage 8 an den Granitit grenzen, enthält der Granophyr der Grenzfacies an der unmittellbaren Grenze doch nur genau $\frac{1}{2}$ Procent CaO; von einer Einschmelzung in grossem Maassstab ist keine Spur vorhanden.

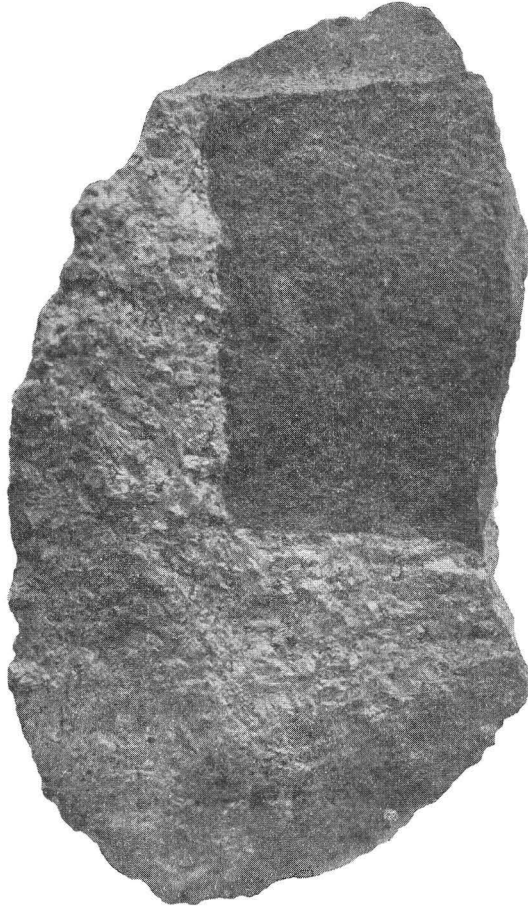
Im Gegentheil, die Grenzen gegen die Silurschichten sind hier wie sonst haarscharf! Und wo sollte dann der aufgenommene CaO-Gehalt im Granit vorhanden sein, wenn nicht an dieser Grenze!

Wie wenig davon die Rede ist, dass überhaupt eine Aufschmelzung stattgefunden hat, da wo eine grössere oder kleinere Mächtigkeit der auf dem Granitit ruhenden contactmetamorphosirten Schichten «fehlt», davon zeugt nicht nur die Beschaffenheit der scharfen Grenze der Schichtenreihe selbst (wie z. B. in Hörtekollen), sondern noch mehr jede Scholle, jedes Bruchstück, welches in dem Granitit selbst rings herum eingeschlossen gewesen ist. Selbst ganz kleine Bruchstücke von nur wenige Centimeter Grösse haben noch ihre scharfen Grenzen vollständig erhalten, — und der umgebende Granit zeigt keine auffallende «Assimilationszone» mit veränderter (kalkreicherer) chemischer Zusammensetzung. Als Beispiel kann folgende Figur (Lichtdruck nach Photographie) eines Bruchstücks von silurischem Schiefer der Etage 4 aus Nordmarkit von Tonsenås dienen.

¹ Siehe die Analysentabelle in Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, S. 77.

Die Contactumwandlung ist in derartigen kleinen Schollen und Bruchstücken zwar sehr intensiv, oft noch mehr als an der Grenze der Schichten-
decke, wo dieselbe erhalten ist; der reine Kalkstein selbst ist hier in
grobkörnigen Marmor, der Mergelschiefer und die unreinen Kalksteine

Fig. 15.



Bruchstück von silurischem Schiefer in Nordmarkit.
($\frac{2}{3}$ der natürlichen Grösse).

in oft recht grobkrySTALLINISCHE Kalksilikatgemenge anstatt in Kalksilikat-
hornfelse, der eisenreichere unreine Thonschiefer in Glimmerschiefer-
ähnlich aussehende Gesteine umgewandelt; aber für eine Einschmelzung
habe ich im Granit keine Beweise finden können. Der Quarz, der
Biotit, welcher im contactmetamorphosirten Gestein gebildet ist, ist —
ebenso wie der Vesuvian, der Granat, der Skapolith, der Wollastonit, die

Pyroxen- und Hornblendemineralien etc. — *durch eine Umkrystallisation der Substanz der Schichten selbst gebildet*; ein wesentlicher Austausch von Substanz hat im ganzen Granititgebiet nicht stattgefunden.

Es ist hier die Stelle, die *Alkalisierung* (die «Feldspathisation») *Michel-Lévy's* zu erwähnen. Ich habe selbst, als einer der ersten, eine Feldspathbildung in Hornfelsen in der Granitcontactmetamorphose schon vor vielen Jahren nachgewiesen. Ich kenne eine solche auch jetzt an vielen Stellen. Doch ist ihre Bedeutung überall im Kristianiagebiet untergeordnet und ich habe gar nicht finden können, dass eine Anreicherung mit Feldspath im Allgemeinen auf eine sicher nachgewiesene Zufuhr von alkalischen Lösungen zu beziehen wäre; im Gegenteil, wo Feldspath in den contactmetamorphosirten Sedimenten selbst gebildet ist, dürfte er auf Kosten ihrer eigenen Substanz entstanden sein. Ich sehe dabei natürlich ab von den deutlichen Adern von Granitit, Quarzsyenit etc., welche nur als *directe Apophysen* des Eruptivmagmas zu betrachten sind, und welchen *Michel-Lévy* eine besondere Bedeutung zugeschrieben hat. In Kalksteinen z. B. ist meiner Erfahrung nach nie eine Feldspathbildung ausserhalb der scharf abgegrenzten Apophysenadern selbst nachweisbar; und auch in den Schieferhornfelsen lässt sich, wo die Zusammensetzung des Eruptivgesteins selbst hinreichend charakteristisch ist, (wie es z. B. bei den Nordmarkiten der Fall ist), das Gemenge der auf Spalten erstarrten Mineralien der Apophysen ohne alle Schwierigkeit von dem krystallisirten Mineralgemenge des Hornfelses selbst unterscheiden. Es lässt sich z. B. selbst in den am meisten umgewandelten Schieferhornfelsen im Nordmarkit vom Tonsenås, wie complicirt auch das Adernetz der eingedrungenen Apophysen sein mag, überall unter dem Mikroskop scharf nachweisen, dass nicht ein einziges Körnchen von *Ægirin*, *Arfvedsonit*, *Riebeckit*, *Katophorit*, *Aegirindiopsid*, *Titanit* etc. ausserhalb der Adern auftritt; die Grenzen sind bei genauerer Untersuchung immer gut auseinander zu halten.

Im Kristianiagebiet, wo an hunderten von Stellen, manchmal über lange Strecken die unmittelbare Grenze zwischen Tiefengesteinen und contactmetamorphosirten Silurschichten, wie kaum besser in einer zweiten Gegend in der Welt, entblösst ist, habe ich somit nach jahrelanger Erfahrung keine Beweise weder für eine allgemeine Aufschmelzung (*Assimilation*) der Schichten durch das Eruptivmagma, noch für eine von dem Eruptivmagma ausgegangene «Feldspathisation» des Nebengesteins finden können.¹

¹ Dass in Ausnahmefällen und in geringer Ausdehnung eine Resorption des Nebengesteins stattgefunden hat, dafür habe ich selbst Belege geliefert; so in *Zeitschr. f. Kryst.*

Die Verhältnisse im Kristianiagebiet sind so klar und übersichtlich, dass hier *für diese Gegend* kein Zweifel möglich ist. Da wo die höheren Etagen der Schichtendecke auf dem Granit etc. ruhen, und die älteren Etagen entsprechend fehlen, lässt sich ihr Fehlen absolut nicht auf eine Einschmelzung ihrer Masse beziehen.

Wenn dies zugegeben werden muss, dann lässt sich aber für das Kristianiagebiet die «Durchschmelzungshypothese» von *Kjerulf* und *Michel-Lévy* überhaupt gar nicht aufrecht halten. Es muss dann eine andere Erklärung der Thatsache der fehlenden Schichten gegeben werden, als die, dass sie eingeschmolzen wären.

Wenn sie aber nicht eingeschmolzen sind, *dann müssen sie in der Tiefe unterhalb der Granitmasse noch vorhanden sein*; eine dritte Möglichkeit lässt sich kaum denken.

Denn dass an vielen Stellen, wo die silurischen Schichten auf dem Granit in schwebender Lage über lange Strecken auflagern, ein grösserer oder geringerer Theil der bekannten Schichtmächtigkeit «fehlt», ist unbestreitbar.

Und dass die «fehlenden» Schichtmassen in der Tiefe unterhalb der Granitmassen vorhanden sind, dafür sprechen zahlreiche unzweifelhafte Beobachtungen aus dem Kristianiagebiet.

Das ganze Kristianiagebiet bildet, wie ich früher nachgewiesen habe, eine ca. 230 Kilometer lange *Grabenversenkung*. Und innerhalb dieses grossen Grabens ist die gesunkene Erdkruste in unzähligen, gegen einander verschobenen Schollen zerbrochen. Die Schollen sind ungleichmässig stark eingesunken, und einige Schollen sind gedreht oder auch gehoben. Beim Einsinken sind die untenliegenden Magmamassen aufgedrückt, und zwar ganz überwiegend *innerhalb* der grossen Grabenversenkung. Dieser ganze Eruptionsmechanismus ist äusserst einfach, es ist eine hydrostatische Gleichgewichts-Gleichung.

Die ganze «mise en place» des Granitits lässt sich im Kristianiagebiet, wie ich schon längst nachgewiesen habe, in vollem Einklang mit den Thatsachen als *ein rein mechanischer hydrostatischer Process* auffassen; sowohl die Verwerfungen selbst als das Aufpressen des Granits erhalten dabei eine ganz einfache Erklärung.

Bei der Annahme eines Aufsteigens des Granits durch Aufschmelzung ist *die uhrglasförmige Anordnung der Schichtendecke wie der*

B. 16, I, S. 110—113; dann ist aber auch die Zusammensetzung des Eruptivgesteins entsprechend beeinflusst worden! Ebenso habe ich ausnahmsweise eine Zufuhr von Substanz in das Nebengestein nachweisen können; dieselbe war dann in der Regel auf pneumatolitische Prozesse zu beziehen.

ganze Apparat der umkränzenden Verwerfungen und Einsinkungen gar nicht befriedigend erklärt. Diese überall im Kristianiagebiet so auffallende Beziehung zwischen Einsinkungen und Eruptivmassen scheint mir einen schwer wiegenden Beweis zu liefern für die Richtigkeit der *mechanischen* Auffassung der Graniteruptionen als aufgepresster Intrusivmassen oder Injectionsmassen, und *gegen* ihre Auffassung als Resultat einer langsamen Durchschmelzung des Erdinneren, auch ganz abgesehen davon, dass eine Einschmelzung der Sedimente im Kristianiagebiet, wie oben erwähnt, gar nicht stattgefunden haben kann.

Die Oberfläche der Granitmassen Finmarkens sowie diejenige des Hurumlandes (beiderseits des Drammenfjords) ist im grossen Ganzen — abgesehen von geringeren Unebenheiten und abgesehen von der Arbeit der Erosion — diejenige *uhrglasförmig gewölbter* Lakkolithe. Auch die Fallwinkel der erhaltenen Schichten um die Granitmasse Finmarkens herum beweisen, dass die Sedimentreihe, welche dieselben einmal kontinuierlich bedeckt haben muss, durch das Aufpressen des Granits *uhrglasförmig* aufgewölbt, *also gehoben* worden ist. In so fern ist die Übereinstimmung mit unzweifelhaften Lakkolithen genügend; es kommt dann darauf an, ob die Unterfläche des Granites auch die Eigenschaften der Lakkolithe zeigt.

Ja, die *Unterfläche* unserer Granite werden wir vielleicht niemals durch unmittelbare Beobachtung kennen lernen; die theoretische Kuchenform über den mächtigen Spalten, durch welche ihre Masse aufgepresst wurde, lässt sich somit nicht unzweifelhaft beweisen. Aber sie lässt sich sehr wahrscheinlich machen.

Erstens müssen wir daran festhalten, dass schon aus dem oben angeführten Grund dort, wo z. B. die höheren Siluretagen 6, 7, 8 und der devonische Sandstein die Decke der Granitmasse ausmachen, der fehlende ältere Theil der Schichtfolge nicht eingeschmolzen sein kann, er muss also irgendwo in der Tiefe vorhanden sein.

Ferner müssen wir festhalten, dass die Annahme einer Assimilation der Salbänder der Spalten aus den Beobachtungen im Kristianiagebiet keine Stütze findet; dann muss aber das Magma an ordinären grossen Spalten aufgepresst sein.¹

Dürfen diese beiden Voraussetzungen als wohl begründet gelten, dann scheint mir die einzige einfache Annahme diejenige zu sein, dass

¹ In und bei dem Kristianiagebiet sind zahlreiche ziemlich mächtige ordinäre Spaltengänge bekannt; so z. B. die 20 bis 30 Kilometer weit verfolgten, 15 bis 20 Meter mächtigen Rhombenporphyrgänge von Gran, von Aker, bei Grimstad (mit einer Breite bis auf ca. 100 Meter über 35 bis 40 Kilometer Länge) etc.

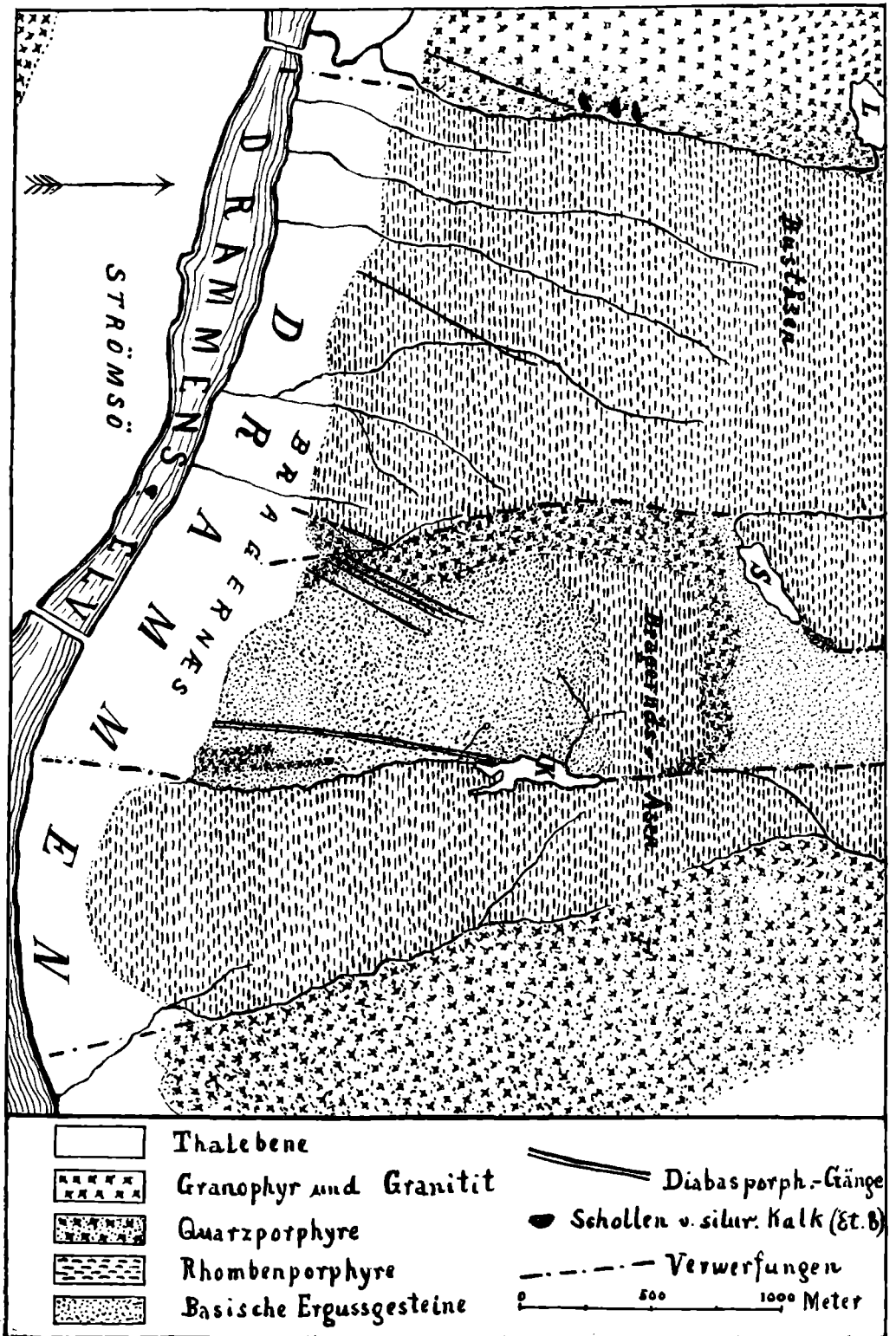


Fig. 17. Karte des Quarzporphyr-Lakkolithes vom Bragernäs-Ås bei Drammen.

dass das grobkörnige, eugranitische Gestein eine in der Tiefe innerhalb der Etage 4 erstarrte echte Intrusivmasse ist; die Lakkolithform ist keine typische, das Beispiel ist theils deshalb gewählt, weil die Untergrenze hier gut entblösst ist, theils auch noch mehr, weil beiderseits der grossen Kuppe zahlreiche, z. Th. 10 bis 15 M. mächtige Intrusivgänge (sheets) von Camptonit und Bostonit, welche complementäre Massen bilden und als gleichaltrige correlate Glieder dem Tiefengestein in Brandberget entsprechen, in den unteren Theilen der Schichtserie injicirt sind. Ein Wesensunterschied in dem Eruptionsmechanismus dieser «*sheets*» und der grösseren Intrusivmasse der Kuppe ist nicht vorhanden.

Viel mehr nähert sich der lakkolithischen Kuchenform die Intrusivmasse des Quarzporphyrs nördlich von der Stadt *Drammen*, im *Bragernäs-Ås* und am steilen Abhang des westlichen Theils dieser Höhe, *Risås* genannt.

Die beigegefügte Karte, im Maassstab 1 : 25 000, zeigt dies interessante Vorkommen. Wie diese Karte angiebt, ist die Höhenstrecke, welche sich nördlich von der Thalebene des Drammens-Elv erhebt, durch eine Anzahl namentlich ungefähr NS.-licher Verwerfungen aufgeschnitten; längs den Verwerfungslinien sind die mehr bedeutenden Bachthäler ausgegraben. Eine derartige Verwerfung verläuft ungefähr von dem kleinen See, Landfaldskjern (*L* auf der Karte) in S. und SSW.-licher Richtung, zwischen den Höhenzügen Landfaldsbrenna (im W.) und Buståsen, gleichzeitig zwischen dem Granititgebiet westlich vom Landfalds-Elv und einer grösseren eingesunkenen Scholle von Rhombenporphyr in Buståsen trennend. Eine zweite derartige Verwerfungslinie verläuft zwischen Buståsen und dem westlichen Abhang des Bragernäs-Ås, in ihrer längsten Ausdehnung zwischen Rhombenporphyr und Quarzporphyr trennend. Eine dritte Verwerfung theilt die Höhenstrecke des Bragernäs-Ås in zwei Theile; diese verläuft N.—S. über Klopjkjern (*K* auf der Karte). Eine vierte¹ verläuft endlich in der Richtung NNW.—SSO. längs dem Ostabhang des Bragernäs-Ås, zwischen Rhombenporphyr und Quarzporphyr trennend; es verdient bemerkt zu werden, dass dies letztere Quarzporphyr-Gebiet durch postglaciale und glaciale Thone sehr überdeckt ist, während die Gesteinsmassen der übrigen Theile der Karte trotz der dichten Bewaldung sehr gut aufgeschlossen sind.

Buståsen und der östliche Theil des Bragernäs-Ås bestehen also aus zwei schmalen eingesunkenen Schollen von Rhombenporphyr; der

¹ Eine Anzahl kleinerer Verwerfungen können in dieser kurzen Darstellung nicht berücksichtigt werden.

schmale Landstreifen zwischen diesen beiden Schollen verhält sich (obwohl auch selbst eingesunkenes Land), relativ als ein *Horst*.

Die Reliefverhältnisse habe ich nicht auf der Karte eingezeichnet um die Übersicht des geologischen Baues nicht zu stören;¹ um jedoch ein wenig über die Höhen zu orientiren, dürften folgende Zahlen ziemlich genügend sein:

Landfalds-Åsen ist am Gipfelplateau	393 Meter.
Landfalds-Kjern (<i>L</i> der Karte)	309 —
Buståsen	ca. 280 —
Svartkjern (<i>S</i> der Karte)	236 —
Bragernås-Åsen, westlich von Klopkjern (<i>K</i>)	270—300 —
— — , östlich —	ca. 250 —
Klopkjern (<i>K</i> der Karte)	218 —
Flåten (<i>F</i> der Karte)	ca. 150 —

Der Drammens-Elv liegt bei Drammen im Niveau des Meeres, und die Thal ebene hebt sich nur wenige Meter über demselben.

In dem genannten Horst von Bragernås-Åsen ist nun die lakolithische Quarzporphyrmasse injicirt; dieselbe besteht aus einem hellen, gelblichweissen bis röthlichen *Felsophyr*, mit dichter Grundmasse, worin zahlreiche kleine Einsprenglinge von Quarz und Feldspath, mit ausgezeichneter rhyotaxitischer Fluidalstruktur. Von den grossen Steinbrüchen der Stadt an der SW.-Ecke von Bragernås-Åsen ab, hebt sich die Quarzporphyrplatte mit einer ca. 100 Meter hohen steilen Wand bis unmittelbar S. vom Svartkjern, biegt hier herum in östlicher Richtung,² bis sie im Thal des Klopkjern von der erwähnten Verwerfung abgeschnitten wird; an der SW.-Ecke von Klopkjern taucht sie wieder hervor, und ist endlich noch am Südabhang des Bragernås-Ås, westlich von der Verwerfung des Klopkjernbaches, prächtig aufgeschlossen. Die SSW.-Seite der Platte taucht unterhalb der Thalebene herab.

Die plattenförmige Masse ist im südlichen Theil von basischen Ergussgesteinen und Tuffen der Serie der basischen Augit- und Labradorporphyrite bedeckt, *schneidet sich aber durch diese nach N. schräge hinauf* und ist im ganzen nördlichen Theil des Bragernås-Ås (zwischen Svartkjern und dem Klopkjernthal), zwischen den obersten Banken der gleichmässig feinkörnigen blaugrünen und rothen Laven und Tuffe der basischen Serie unten, und den auflagernden Rhombenporphyren oben

¹ Eine detaillirt ausgeführte Karte der Umgegend von Drammen wird später in Farbendruck publicirt.

² Eine besondere, durch die Erosion abgetrennte Quarzpartie setzt am NO.-Ende von Svartkjern in NNO.-licher Richtung fort.

injicirt; sowohl die untere als die obere Grenze lässt sich hier ganz continuirlich verfolgen und setzt auch noch am NO.-Ende von Svartkjern einige Hundert Meter in demselben Niveau fort. Auch unten im Steinbruch ist die Unterlage des Quarzporphyrs (hier ein rother Tuff) gut aufgeschlossen. Die ganze Intrusivmasse ist deutlich parallel ihrer (oberen) Grenzfläche plattenförmig abgesondert; der Fallwinkel der oberen Grenzfläche ist im südlichen Theil des Abhanges im Ganzen ungefähr 20 S. und SSW am Abhang gegen Svartkjern dagegen ist sie horizontal oder schwach nördlich (NNO.) fallend.

Die vertikale Mächtigkeit der Quarzporphyrmasse ist an der Mitte des Durchschnitts der steilen Wand (gegenüber der alten Schiessbahn) ca. 100 Meter, am nördlichen Abhang der Masse gegen Svartkjern dagegen viel geringer, vielleicht 30 bis 40 Meter.

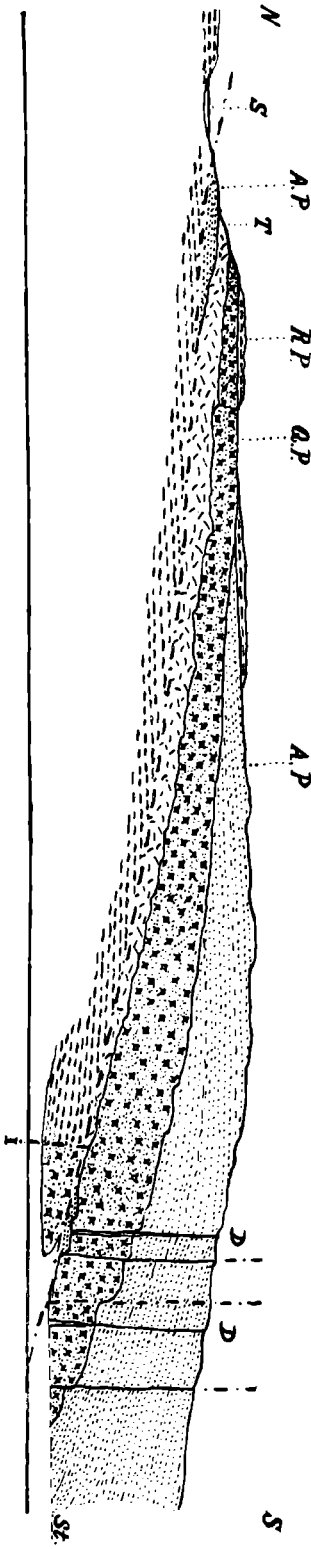
Von dieser Intrusivmasse ist sowohl die untere als die obere Grenzfläche gut entblösst: In den grossen Steinbrüchen der Stadt sieht man den Quarzporphyr auf rothem Tuff ruhend; auch auf der langen Strecke südlich von Svartkjern (*S*) ruht derselbe auf einem dichten bis feinkörnigen Gestein der basischen Reihe (*A.P.*), obwohl hier die unmittelbare Grenze von dem Thallus des Quarzporphyrs selbst etwas bedeckt ist. An einer Stelle im Walde in der Nähe von «Knudepunktet» sieht man ihn auf Rhombenporphyr auflagernd. Umgekehrt wird er unten, nahe der Strasse (*St.*), von basischen Ergussgesteinen und im Walde südlich von Svartkjern etc. von Rhombenporphyr (*R.P.*) bedeckt. Der intrusive Charakter ist somit ganz unzweifelhaft.

Das beigefügte Längsprofil, Fig. 18 (Maassstab 1:10000, derselbe für Länge und Höhe), in NS-licher Richtung sucht eine Vorstellung von dem Auftreten dieser intrusiven Quarzporphyr-Masse zu geben.

Das Verständniss des Profils wird dadurch etwas erschwert, dass zahlreiche Verwerfungen durchsetzen, theils kleinere (längs ungefähr SSW.—NNO. aufsetzenden vertikalen Diabasgängen (*D*) im unteren Theile des Profils bei den Steinbrüchen), theils auch die oben erwähnte grössere Längsverwerfung längs dem kleinen Thal vor dem Abhang des Quarzporphyrs; diese Verwerfungsspalte ist grösstentheils von dem Thallus (*T*) der heruntergefallenen Blöcke des stark zerklüfteten Quarzporphyrs selbst bedeckt. Durch diese Verwerfung erklärt sich dann auch die ungewöhnliche Lage des Rhombenporphyrs im unteren Theil des Profils.

Diese interessante Quarzporphyrmasse bei Drammen ist in sofern etwas verschieden von mehr typischen Lakkolithen, als dieselbe, obwohl unter spitzem Winkel, durch die flachen Bänke der alten Lavaströme

Fig. 18. Profil vom Westabhang des Bragerås-Ås bei Drammen. 1 : 10 000.



der Augitporphyrite mit ihren Breccien, Mandelsteinen etc., sowie durch die diese überlagernden Rhombenporphyrbänke *schräge hinaufschneidet*; wesentlich ist aber dieser Unterschied nicht, um so weniger als die ganze nördliche Hälfte ein und dasselbe Niveau einnimmt. Die Hauptsache: die Intrusion in flacher liegender Lage und die Kuchenform ist mit echten Lakkolithen gemeinsam, und das Vorkommen muss geradezu als ein kleiner Lakkolith bezeichnet werden.

Es ist unzweifelhaft, dass der Quarzporphyr von Drammen¹ durch eine Intrusion desselben Magmas, welches in unmittelbarer Nähe die grossen Granitmassen lieferte, gebildet ist; die chemische Zusammensetzung ist, wie die Analysen von *Fannasch*² zeigen, nahe übereinstimmend (namentlich wenn die übrigen Analysen des Granitgebietes berücksichtigt werden), und sein Alter relativ zum Rhombenporphyr dasselbe.

Noch mehr überzeugend ist aber der Umstand, dass die ganze Ostgrenze des Granitits in Landfaldsåsen *selbst als Quarzporphyr mit nur sehr wenig abweichender Beschaffenheit erstarrt ist*.

Die Verwerfungsgrenze längs dem Landfalds-Elv ist demnach wohl keine sekundäre, sondern eine primäre Verwerfung, gleichzeitig mit dem Aufdringen des Granit-Magmas selbst.

¹ Sowie die genau analoge Quarzporphyrplatte des Kroftkollen in Lier etc.

² Cfr. Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, S. 77.

Ferner ist die grosse Quarzporphyrmasse *östlich* von Bragernäs-Åsen bei Flåten (*F* auf der Karte), welche noch unten im Thal an der Eisenbahn in der Stadt selbst bei Brageröen entblösst ist, zum Theil genau ähnlich ausgebildet, wie der Quarzporphyr des südöstlichen Theils des Bragernäs-Ås-Lakkolithes, nämlich als ein violetter Breccien-Quarzporphyr (mit zahlreichen kleinen Bruchstücken von Quarzporphyr, Rhombenporphyr etc.). Petrographisch geht dieser Quarzporphyr von Nöste, Flåten etc. durch alle denkbaren Übergänge durch den Felsophyr des Bragernäs-Ås über in die quarzporphyrische Grenzfacies des Granitits im Landfaldsås.

Da es nun für die Quarzporphyrmasse des Bragernäs-Ås absolut sicher bewiesen ist, dass diese eine Intrusivmasse, eine lakkolithische Masse ausmacht, muss man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, *dass auch die bei weitem grössere Masse östlich vom Bragernäs-Ås ebenfalls eine Intrusivmasse*, und zwar die Fortsetzung des Bragernäs-Ås-Lakkolithes ist, (nur durch das tiefere primäre Einsinken der Porphyrscholle des östlichen Theiles des Bragernäs-Ås getrennt). Mit genau demselben Recht müssen wir dann aber auch annehmen, dass die Lakkolithmasse des Bragernäs-Ås *nur eine Fortsetzung des Granitits des Landfaldsås bildet* (hier durch das tiefere Einsinken der Scholle des Buståsen getrennt). Es erscheint dies um so wahrscheinlicher, als längs dem Landfaldselv an mehreren Stellen grössere Schollen von silurischem Kalkstein (der Etage 8) auf dem Quarzporphyr der Grenzfacies ruhend, und von diesem eingeschlossen und metamorphosirt, noch erhalten sind;¹ sie beweisen eine frühere continuirliche Bedeckung mit silurischen Schichten. Die Quarzporphyrmasse von der Höhe zwischen Ödegården, Flåten, Nöste und Brageröen, östlich vom Bragernäs-Ås, enthält wieder Bruchstücke von Rhombenporphyr, welche eine frühere Bedeckung mit den Bänken dieses Gesteins beweisen.

Da nun die dazwischenliegende Lakkolithmasse des Quarzporphyrs im Bragernäs-Ås selbst sich durch die Serie der basischen Ergussgesteine bis zum Rhombenporphyr schräge hinaufschneidet, sehen wir, dass die Auffassung aller drei durch die gesunkenen Rhombenporphyrstreifen getrennten Quarzporphyrgebiete nördlich von Drammen als ursprünglich eine einzige zusammenhängende Intrusivmasse *auf eine Intrusion in nach Osten und nach Norden hin stetig höheres geologisches Niveau führt*. Während der Intrusion selbst ist dann die Decke zerspalten und ist in langen schmalen Schollen (die beiden Rhombenporphyrstreifen der Karte) in das Magma tiefer eingesunken.

¹ Eine sehr bedeutende Scholle von Silurschichten, südlich vom Landfaldskjern ist durch Versehen auf der Karte S. 136 nicht angegeben worden.

Die nähere Betrachtung der Intrusivmasse des Bragernäs-Åses lehrt somit, dass sie selbst mit ihrem Areal von ca. 2 km.² nur ein geringer Theil der gesammten Lakkolithmasse ist; im Bragernäs-Ås ist sowohl die Unterlage als die Decke erhalten, wodurch der Beweis ihrer Bildung sicher geführt werden konnte, sonst ist aber kein Unterschied für die angrenzenden Gebiete vorhanden.

Die Untersuchung der Quarzporphyrmasse des Bragernäs-Ås ist somit von grösstem Interesse auch dadurch, dass sie direct auf die lakkolithische Beschaffenheit der Granitmassen selbst führt.

Dass sich an der einen Stelle Granit, an der anderen Quarzporphyr aus derselben Intrusivmasse bildete, ist natürlich ganz ungezwungen theils durch *die geringere Masse*, vielleicht zum Theil auch wohl durch das höhere Intrusionsniveau (?) (innerhalb der Ergüsse der Rhombenporphyre und Augitporphyrite, während die Granite sehr selten höher als in dem Niveau des devonischen Sandsteins auftreten) zu erklären.

Dagegen ist der Porphyrcharakter kaum an und für sich auf die Kuchenform der Intrusivmasse zu beziehen, wie z. B. *Michel-Lévy* von den Lakkolithen der Henry-Mountains etc. bemerkt;¹ im Gegentheil, wäre die Masse gross genug und die schützende Decke dick genug gewesen, um eine hinreichend langsame Abkühlung zu bedingen, so ist gar nicht einzusehen, weshalb sich nicht eugranitische Gesteinsstructur auch in Lakkolithen ausbilden könnte.

Es ist mir überhaupt nicht möglich zu verstehen, weshalb eine kuchenförmige² Lakkolithmasse von Granit etc. *in grösseren Dimensionen* mehr «mit den mechanischen Erfahrungen in Widerspruch stehen» soll, als z. B. die ca. 100 Meter mächtige Intrusivmasse des Quarzporphyrs bei Drammen? Ja, wenn man annehmen müsste, dass die «mise en place» des Granits und anderer Tiefengesteine eine derartige wäre, *dass zuerst ein voraus fertig gebildeter, der Kuchenform entsprechender Hohlraum existiren sollte, ehe das Aufdringen des Magmas und dadurch die Füllung des Hohlraumes stattfände*, ja dann wäre der ganze Vorgang ganz gewiss «mechanisch unmöglich».³ Aber eine derartige Annahme ist gar nicht nöthig.

¹ L. c. S. 32: «il est extrêmement remarquable que les principales roches des laccolites soient à deux temps de consolidation» etc.

² Champignonförmige ist eigentlich nicht korrekt, da das Magma wohl in einen Lakkolithen nie durch eine dem Champignonstiel entsprechende *Röhre*, sondern durch eine oder wahrscheinlicher durch eine ganze Anzahl Spalten hinaufgepresst wurde.

³ Cfr. *Michel Lévy* l. c. S. 35: «M. Suess opine pour la formation préexistante d'un vide correspondant, qu'il faut supposer dans certains cas de 20 km. de longueur, sur plusieurs de largeur et avec une profondeur inconnue. Il recourt dans ce but à

Im Gegentheil, die Beobachtungen zeigen uns einen ganz andern Vorgang; sie zeigen uns eine durchgreifende Spaltenbildung und weiter grossartige Einsenkungen längs den gebildeten Spalten und endlich ein Aufpressen von Magma als eine begleitende Folge der Einsenkung grösserer Schollen.

Es lässt sich dann ganz einfach annehmen, dass die Intrusion der durch das Gewicht der einsinkenden Schollen aufgepressten Magmen *selbst* die mechanisch unmöglichen kuchenförmigen Hohlräume gebildet hat; sie existirten nicht im voraus, *sie wurden eben gleichzeitig mit der Intrusion und durch diese selbst gebildet.*

Die Schichten existirten und die Schichtfugen bildeten beim gewaltigen Oberdruck der Sedimentdecke manchmal einen leichteren Weg für die aufgepressten Magmenmassen als die vertikalen Spalten; und dass es so war, ist ganz natürlich. Es musste an manchen Stellen eine bei weitem grössere Kraft (grösseres Gewicht der einsinkenden Schollen) erfordern, die vertikalen Spalten zu erweitern, *seitwärts auseinander zu drücken*, also den *Tangentialdruck* der Massen zu überwinden, als beim Eindringen längs den liegenden Schichtfugen eine Sedimentscholle zu *heben*, wobei nur der *Oberdruck* einer gewissen Sedimentmächtigkeit überwunden werden musste. Anstatt mechanisch unmöglich, scheint mir die Kuchenform in der That die mechanisch natürliche, die sich von einem gewissen Niveau¹ ab unterhalb der Oberfläche sogar *ganz vorzugsweise bilden musste.*

Die geradezu unzähligen, hunderte und aber hunderte, oft recht mächtigen und über viele Kilometer continuirlich fortsetzenden, zwischen den Schichten injicirten Intrusivgänge aus dem älteren Theil der grossen Eruptionsreihe des Kristianiagebiets beweisen genügend, wie mechanisch natürlich diese Injektion längs den Schichtfugen war. Sie sind die Belegstücke der Experimente der Natur selbst und sind nach meiner Ansicht viel mehr werth als kleine Laboratoriums-Experimente mit ein wenig Gips und Thon etc., die doch die grossen Verhältnisse der Natur niemals abspiegeln können. Es scheint mir nach dem Studium der Intrusivgänge des Kristianiagebietes absolut kein vernünftiger Grund

l'hypothèse de mouvements tangentiels intenses à la surface, se combinant avec des affaissements inférieurs, qui prépareraient des vides lenticulaires, dans lesquels le granite viendrait ensuite former un *batholite* , par simple remplissage. Siehe auch *Suess: «Antlitz der Erde», I, S. 218* «Es ist unbedingt nothwendig, dass der Injektion der granitischen Masse *die Bildung eines entsprechenden Hohlraumes vorausging*».

¹ Die Tiefe dieses Niveaus musste in jedem einzelnen Falle natürlich von dem Gewicht der einsinkenden Schollen, welche den Aufdruck bestimmten, im Verhältniss zum Gegengewicht der Sedimentdecke abhängig sein.

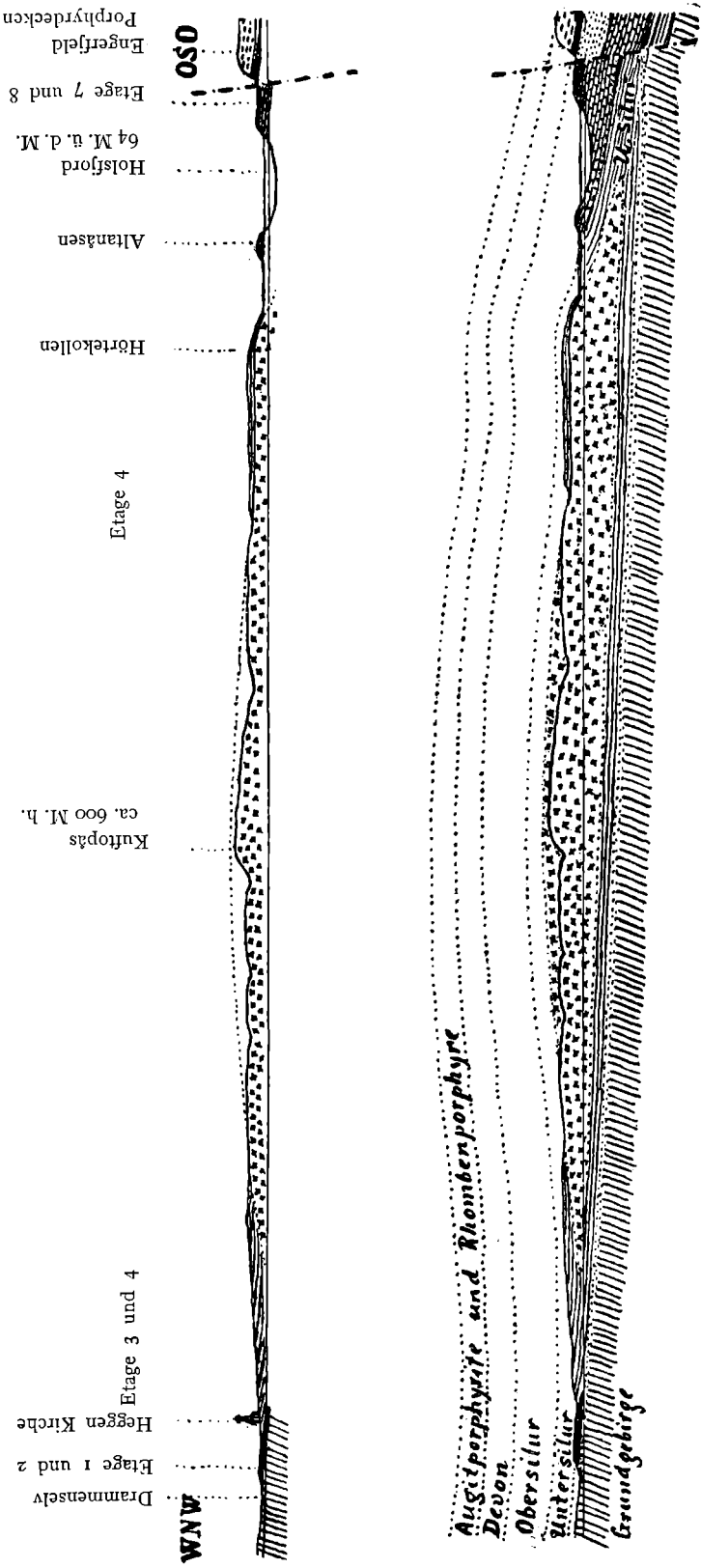


Fig. 19. Profil von Drammenselv (Modum) bis Engerfeld (am Holzsfjord).
Maassstab 1 : 100 000, derselbe für Länge und Höhe.

vorzuliegen, weshalb auch grössere Injektionen mehr mechanisch unmöglich wären.

Die lakkolithische, kuchenförmige Injektion fordert also *ein Heben der Schichtendecke*; die Oberfläche der Intrusivmasse müsste uhrglasförmig werden. Das ist dieselbe ja auch bei den oben erwähnten Granitvorkommen des Kristianiagebietes. Die *Unterfläche* wäre dagegen nach der Theorie bei idealer Ausbildung ziemlich *flach*; so haben ja auch die amerikanischen Forscher, *Gilbert, Holmes, Endlich*, welche die Lakkolithe zuerst beschrieben haben, consequent die Unterfläche der von ihnen beobachteten Vorkommen charakterisirt. Es scheint auch kaum anders möglich, als dass das Auftreiben der oben auflagernden Schichtendecke zu einem uhrglasförmigen Gewölbe wohl nur dann erklärlich wäre, wenn eine einigermaassen feste Unterlage genügend Widerstand leisten konnte. Dass der Vorgang nicht immer so regelmässig verlief, dass aber im Gegentheil bei der Spaltenbildung und Intrusion im unteren Theil der Lakkolithe auch lokale Einsenkungen etc. stattfinden konnten, ist selbstverständlich.¹

Die «fehlenden» Theile der Sedimentreihe, welche nach *Kjerulf* und *Michel-Lévy* eingeschmolzen wären, bilden somit nach der oben dargestellten Auffassung die Unterlage der lakkolithischen Kuchen; sie fehlen nicht, sie sind nur relativ liegend geblieben, während die angrenzende überlagernde Sedimentreihe durch die keilförmige Intrusion des Magmas aus dem Zusammenhang mit ihnen separirt wurde.

Nach diesen Voraussetzungen wäre dann auch das Profil der Granitmasse *Finmarkens* zwischen Lier und Modum zu reconstruiren.

Ich habe in früheren Arbeiten ausführlich nachgewiesen, dass eben längs diesem Granitgebiete die grosse Verwerfung des Holsfjords und des Lierthales verläuft, und dass diese Verwerfung gleichzeitig mit dem Aufpressen des Granitits selbst sein muss.

In den beiden Figuren, Fig. 19, ist ein Profil quer über die Granitmasse *Finmarkens* in der Richtung WNW. — OSO., zwischen dem Drammenselv (bei der Heggen Kirche) und Engerfjeld (am Holsfjord) dargestellt.

¹ Dass losgerissene Theile des Sediment-Dachgewölbes bisweilen in das Eruptivmagma hinein tief eingesunken sein können, beweist die interessante Silurscholle am Gjödینگelv in Skrukkelien (westlich vom See Hurdalsvand, Kristianiagebiet); diese Scholle ist nur ca. 10 Meter mächtig, senkrecht zur Schichtfläche, aber mit bedeutender Ausdehnung nach dem Streichen. Die Schichten stehen *vertikal*, rings herum vom Nordmarkit umgeben, wenigstens 6 Kilometer von der Eruptivgrenze; diese Scholle ist ausserordentlich stark metamorphosirt, mit ganzen Schichten von grosskrystallinischem Wollastonit, Granat etc.; eine Einschmelzung hat aber gar nicht stattgefunden.

Das obere der beiden Profile stellt (abgesehen von einigen unwesentlichen Details z. B. der monoklinalen Faltung längs der Verwerfungsebene etc., welche des geringen Maassstabs wegen weggelassen wurden) die thatsächlichen Beobachtungen, das untere die Rekonstruktion dar.

Die Data zur Rekonstruktion des Profiles sind ziemlich genügend. So ist die Oberfläche des ursprünglichen Lakkolithen befriedigend bestimmt, theils durch die Silurdecke an beiden Seiten, theils durch die Beschaffenheit des Gesteins des Kuftopås, des Gjevlekollen und anderer Gipfel, welche durchaus feinkörnig, drusig und granophyrisch ist, ganz wie an der Grenze gegen die auflagernden Silurschichten in Hörtekollen; es kann somit über das ganze Granitgebiet nicht viel von dem Eruptivgestein selbst wegerodirt sein, die Erosion hat wesentlich nur die frühere Sedimentdecke entfernt.

Ebenfalls ist die Lage der Grundgebirgsoberfläche westlich und östlich von der Verwerfung durch die Bestimmung der im Tage anstehenden Schichten bekannt, da die Mächtigkeit der Sedimente und der Eruptivdecken jetzt genau genug festgestellt ist. Man sieht, dass ausser der Verwerfung längs der grossen krummen Verwerfungslinie Holsfjord-Lierthal, wodurch die Porphyrscholle von Krogskoven *relativ* 400 Meter eingesunken ist, auch die ganze Strecke zwischen dem Drammenselv und der genannten Verwerfungslinie selbst um eine mit der Linie des Drammenselvs zusammenfallende Richtung gedreht und eingesunken ist.

Die Grundgebirgsoberfläche liegt somit an dieser gedrehten Scholle im Osten am Holsfjord, ca. 800—900 Meter tiefer, als im Westen beim Drammenselv, während dieselbe in der grossen Scholle östlich von der Verwerfung ca. 1200—1300 Meter (weiter nördlich noch mehr) tiefer liegt. So viel beträgt somit die gesammte Einsinkung der Porphyrscholle östlich von der Verwerfung als Minimum.

*Die Silurschichten westlich von der Verwerfungsebene am Holsfjord liegen so, wie sie liegen müssten, wenn die ganze Scholle zwischen dem Drammenselv und der Linie Holsfjord—Lierthal um einen Winkel von ca. $2\frac{1}{4}^{\circ}$ um die Linie des Drammenselvs als Drehungsachse, wie eine Kellerluke um ihre Angeln, nach unten gedreht worden wäre;*¹ es ist wohl möglich, dass der thatsächliche Vorgang nicht ganz so einfach gewesen ist, dass in der That eine Zerstückung der Scholle durch

¹ Es verdient bemerkt zu werden, dass auch westlich von dem Granitgebiete die Grundgebirgs-Oberfläche mit entsprechender Neigung steigt.

zahlreiche jetzt durch den Granitit begrabene Spalten und ungleichmässiges Einsinken der einzelnen Theile der Unterlage stattgefunden hat.

Jedenfalls muss aber auf dieser eingesunkenen und muthmaasslich gedrehten Scholle das Granitmagma durch Spalten, deren Lage wir nicht kennen, aufgepresst worden sein. Die Aufpressung geschah theils wohl durch den Druck, welchen die Drehscholle selbst gegen das irgend wo in der Tiefe vorhandene Magma ausüben musste, theils wohl noch mehr durch den Druck der noch bei weitem tiefer eingesunkenen grossen Scholle von Krogskoven, östlich von der Verwerfung Holsfjord—Lierthal.

Einige Zahlen sind hier nicht ohne Interesse. Das Areal der Scholle von Krogskoven ist ungefähr 300 km.², die Mächtigkeit der oberhalb der Grundgebirgsoberfläche abgesetzten Sedimentdecke, sowie der Bänke der Augitporphyrit- und Rhombenporphyr-Ströme ist zusammen wenigstens 1800 M. (sp. G. = ca. 2.68) gewesen, die ganze Scholle hat also, bis zur Oberfläche des Grundgebirges gerechnet, ein Gesamtgewicht von 1²/₃ Billionen Tons repräsentirt; diese Masse ist 1200—1300 Meter eingesunken. Die nach dem hypothetischen rekonstruirten Profil aufgepresste Granititmasse Finmarkens hätte nach den angenommenen Dimensionen¹ sehr nahe 1/3 Billion Tons Gewicht haben sollen.

Ausser der Aufpressung dieser Masse sollte die Arbeit der eingesunkenen Schollen noch die Hebung der früheren Decke des Granititlakkolithen von Sedimenten und Ergussgesteinen um durchschnittlich ca. 400—500 Meter über ein Areal von ca. 200 km.² aufwiegen.

Wir sehen, dass wenn wir auch die frühere Sediment- und Ergussgesteinsdecke auf ca. 1600 Meter Mächtigkeit schätzen (geringer kann dieselbe kaum gewesen sein), würde doch die Einsinkung der Porphyrscholle von Krogskoven um 1200 Meter allein vollständig genügt haben, um nicht allein das Granititmagma aufzupressen, sondern auch die uhrglasförmige Hebung der Sedimentdecke zu bewirken. Auf das Einsinken der Drehscholle ist dabei keine Rücksicht genommen.

Ich führe diese Zahlen nur deshalb an, um anzudeuten, dass die bei der Rechnung erhaltenen Werthe mit den Erfordernissen der mechanischen Intrusionshypothese der «mise en place» des Granitits commensurabel sind; genau kann die Rechnung natürlich nicht durchgeführt werden, namentlich weil wir die Grösse der Erosion nicht exact kennen.

Noch ein Umstand bedarf bei der Beurtheilung des rekonstruirten Profiles näherer Erwähnung, nämlich die seitliche Ausdehnung der

¹ Für das Kugelsegment angenommen eine Grundfläche mit 8 Kilometer Radius, 1 Kilometer Höhe, sp. G. 2.62. Die Zahl für die Höhe ist ein Minimum.

Granititmasse; dass sie nicht weiter westlich oder östlich angegeben ist, ist darin begründet, dass die cambrischen und silurischen Schichten am Fuss des Westabhanges gegen den Drammenselv, ebenso wie die Schichten an der Chaussée am Südostende des Holsfjords, nachweisbar nur wenig contactmetamorphosirt sind; es kann dann der Granitit auch kaum hier in der Tiefe vorhanden sein.

Ein Profil über das Granititgebiet Finmarkens in S.—N.-licher Richtung (etwa vom Glitreelv bis Gulsrud am Tyrifjord) würde dem WO.-Profil fast genau gleich sein; auch hier an beiden Enden des Profils die erhaltene Sedimentdecke mit conform aufliegenden Schichten der Etagen. Nördlich von Gulsrud ist die Contactmetamorphose kaum mehr nachweisbar.

Ganz entsprechend könnte nun auch für die Granititmasse an beiden Seiten des Drammensfjords ein Vergleich der Gewichte der ausserhalb seiner südlichen Hälfte eingesunkenen Porphyryplatten einerseits und der aufgepressten Granititmasse andererseits durchgeführt werden; auch hier führt die Rechnung auf entsprechende Resultate, auch hier müssten die Profile in analoger Weise reconstruirt werden.

Eine ähnliche Betrachtung, welche hier beispielsweise für das Granititgebiet zwischen Rødtangen und dem Tyrifjord dargelegt ist, könnte in ähnlicher Weise auch für die Vorkommen der gewaltigen Massen der Natrongranite, der Nordmarkite (Natron-Quarzsyenite), der Laurvikite (Augitsyenite) etc. des Kristianiagebietes durchgeführt werden. In manchen Fällen sind die Verhältnisse weniger einfach; öfters sind die ursprünglichen Verhältnisse der älteren Eruptivmassen der Reihe durch jüngere Eruptionen geändert und verhüllt. In mehreren Fällen sind auch die Grenzen der Eruptivmassen selbst gewaltige vertikale Verwerfungsebenen, die Form ist eine mehr stockförmige etc.¹

Aber von einer Aufschmelzung oder Durchschmelzung von unten ab ist nirgends ein Anzeichen zu entdecken. Im Gegentheil, die grosse Flächenausdehnung der Tiefengesteine ist überall durch eine kuchenförmige Verbreitung oberhalb des Grundgebirges und innerhalb der Sedimentdecke der cambrischen, silurischen und devonischen Formationen oder innerhalb der Decke der Ergussgesteinsströme der Augitporphyrite und der Rhombenporphyre zu erklären.

¹ Für diese sämtlichen Tiefengesteine des Kristianiagebietes ist es, wie ich in früheren Arbeiten dargelegt habe, charakteristisch, dass sie keine sekundäre Druckmetamorphose, keine mit einem gleichzeitig oder nachträglich stattgefundenen Gebirgsdruck (Gebirgsfaltung) in Verbindung stehende regionalmetamorphe Umwandlung aufweisen.

Ich habe in früheren Arbeiten nachgewiesen, wie im Kristianiagebiet die Grenzfläche zwischen dem Grundgebirge und der Sedimentdecke —, wo sie nicht mit Verwerfungslinien zusammenfällt — ziemlich regelmässig mit Intrusivmassen verschiedener Eruptivgesteine bedeckt ist. Das ist der Fall bei Slemmestad und bei Nærnsås, wie unterhalb der Feste von Akershus am Kristianiafjord; wir finden dasselbe längs der Grenze des Drammenselv, südlich von Vikersund, ebenfalls am Südwestende des Kristianiagebietes (zwischen Rognstrand und Ombordsnås sowie im Gjerpenthal), ferner auf Gran (bei Jahren und östlich von Brandberget etc.), endlich am Nordostende des Kristianiagebietes am südlichen Ende des Mjösensees (bei Byrud).¹ Die meisten dieser Intrusivmassen sind liegende Gänge von Camptoniten und anderen alten basischen Eruptivgesteinen, sowie von ihren complementären sauren Begleitern, Bostoniten, Keratophyren («Osloporphyr») etc. In einiger Ausdehnung finden sich dieselben oft recht mächtigen Intrusivmassen auch höher hinauf in der Schichtreihe bis im devonischen Sandstein; im Grundgebirge aber sind sie höchst selten und dann nur als schmale vertikale Spaltengänge. Die Erklärung ist ganz einfach die, dass ihre Magmen beim Aufpressen längs den Schichtfugen der Sedimente und längs der leichter zu trennenden Grenzfläche zwischen der Grundgebirgsoberfläche und den paläozoischen Ablagerungen mit grösserer Leichtigkeit sich den Weg bahnen konnten.

Genau aus derselben Ursache finden wir im Kristianiagebiet die grossen kuchenförmigen Verbreitungen der Nordmarkite, der Granitite etc. etc.; die aufgesprenten Magmenmassen konnten sich erst, nachdem sie sich durch das Grundgebirge in vertikalen Spalten den Weg gebahnt hätten, innerhalb der Sedimentdecke längs den horizontalen Schichtfugen nach allen Seiten hin ausdehnen. Erst durch die spätere Erosion sind diese grossen kuchenförmigen Massen später entblösst worden, wie sie andererseits auch selbst durch die erhärtende Contactmetamorphose die bedeckenden Sedimente theilweise um ihre Peripherie herum bewahrt haben.

Wie die Magmenmassen der Lakkolithe stellenweise, die Sedimente gehoben, an anderen Stellen gefaltet und gequetscht haben² etc., sind

¹ Cfr. *J. H. L. Vogt*, *Nyt Mag. f. Nat. B.* 28, S. 225.

² Ich will nur beiläufig bemerken, dass wenn *Michel-Lévy* von «une arrivée brusque, ou une chute locale préparant un vide préexistant» spricht, so stelle ich mir keineswegs die Einsinkung der Schollen und das begleitende Aufpressen des Magmas als eine katastrophistische, sondern als eine langsame, durch lange Zeiträume nach und nach vollzogene Erscheinung vor, ungefähr wie die Bildung der Falten bei der Bergkettenbildung. Von präexistirenden Hohlräumen wurde schon oben gesprochen.

Fragen, welche hier nicht näher berührt werden sollen. Hier war es nur die Absicht, die Lakkolithnatur der Tiefengesteinsmassen des Kristianiagebietes überhaupt näher zu erklären und die Unhaltbarkeit der Durchschmelzungshypothesen von *Kjerulf* und *Michel-Lévy* wenigstens für dies Gebiet nachzuweisen.

Die Erfahrungen, die somit aus den Profilen des Kristianiagebietes, wie auch aus den Studien der Grenzbildungen der Tiefengesteine und ihrer Sedimentdecke abgeleitet wurden, werden nun auch auf andere Weise bestätigt.

Denn während die oben auseinandergesetzte mechanische Hypothese der Granitbildung, ich werde sie kurz die *Lakkolithhypothese* nennen, sich mit den Resultaten der Untersuchungen über die Differentiation der Magmen und den auf dieser beruhenden gegenseitigen Beziehungen der gesammten Gesteinsreihe eines Eruptivgebietes, wie z. B. der Kristiania-egend, ganz befriedigend im Einklang bringen lässt,¹ ist es mir ganz unverständlich, wie die *Michel-Lévy'sche* Durchschmelzungshypothese die Differentiationsbeziehungen der Tiefengesteine und die ganze Eruptionsgeschichte des Kristianiagebietes erklären könnte. Die von mir nachgewiesene *gesetzmässige Eruptionsfolge* der Tiefengesteine des Kristianiagebietes würde bei Annahme der Durchschmelzungshypothese überhaupt ganz unverständlich sein. Denn setzten die Granitmassen etc. überhaupt nach der ewigen Teufe mit derselben oder mit zunehmender Breite fort und hätten sie am Wege aus der Tiefe immer fort die überlagernden Gesteine (Grundgebirge, paläozoische Sedimente, Eruptivgesteine verschiedener Art etc.) nach und nach eingeschmolzen und verzehrt, *so müsste ihre Mischung ja doch in erster Linie auf der Zusammensetzung der «assimilirten» Massen beruhen.*² Ein als Granit erstarrtes Magma könnte in diesem Falle ja überhaupt nur dann Granit geliefert haben, wenn es erstens selbst von Hause aus eine Granitzusammensetzung gehabt hätte und zweitens nur saure Gesteine wie Granite, Gneisse etc. assimiliert hätte. Die jetzt bekannten gesetzmässigen

¹ Sie bildet auch eine wichtige Grundlage für das nähere Verständniss der Eruptionsfolge, indem nur durch die Annahme der Lakkolithform (die kuchenförmige Verbreitung der Tiefengesteine *auf* den gesunkenen Grundgebirgsschollen) die Durchschnittsberechnung des Stammagmas des Kristianiagebietes möglich war (Siehe: Eruptivgesteine des Kristianiagebietes I, S. 2—4).

² Derartige Hypothesen sind ja z. B. von *A. v. Lasaulx* gelegentlich seiner Studien über die Auvergne-Laven (Neues Jahrb. f. Min. 1870), von *K. Bleibtreu* gelegentlich seiner Studien über die Olivinknollen in Basalten (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1883, B. 35, S. 554) etc. aufgestellt worden. Sie haben sich aber keiner allgemeinen Zustimmung erfreuen können.

Beziehungen der Zusammensetzung aller Eruptivgesteine würden aber dabei ganz unerklärt und unerklärlich sein.

Michel-Lévy berührt dann auch alle diese Fragen der Bedeutung der Differentiation und der gesetzmässigen Beziehungen in der Zusammensetzung der Eruptivgesteine in seinem «chapitre magistral» (Houg l. c. S. 758) über die Granitbildung nicht mit einem einzigen Wort.

Es verdiente auch noch die ganze Entwicklung *Michel-Lévy's* über die Unterschiede in den Wirkungen der sauren und basischen Magmen hier näher erwähnt zu werden, indem nur die ersteren eine Assimilation des Nebengesteins und eine durchgreifende Contactmetamorphose hätten hervorbringen sollen. Die Erfahrungen aus dem Kristianiagebiet (und von Predazzo) bestätigen gar nicht, dass der von *Michel-Lévy* angenommene Unterschied allgemein gültig ist. Denn im Kristianiagebiet sind die am meisten basischen Tiefengesteine (die Olivingabbrodiabase von Gran, Dignäs, Tosteholmen etc.) ebenso wie die mittelsauren Augitsyenite, Nephelinsyenite etc. proportional zu ihrer Masse von einer genau ebenso intensiven echten Tiefen-Contactmetamorphose der umgebenden Sedimente, wie die sauersten Granite begleitet. Genau dieselben Verhältnisse finden wir bei Predazzo und Monzoni wieder. Die Diskussion dieser Frage kann aber für eine spätere Gelegenheit aufgeschoben werden.

In Zusammenfassung der ganzen obigen Darstellung über meine Auffassung der «mise en place» der Tiefengesteine, speciell auch der Granitgesteine des Kristianiagebietes,¹ muss also hier hervorgehoben werden:

«Die Tiefengesteine des Kristianiagebietes sind durch rein mechanische Vorgänge, durch Aufpressung und nachfolgende seitliche Intrusion wesentlich als Folge grosser Einsenkungen benachbarter Theile der Erdkruste in ihre jetzige Lage gebracht; ihre Zusammensetzung ist nicht wesentlich durch Assimilation der Salbänder oder durch Einschmelzen des Dachgewölbes beeinflusst, sondern ist das Endresultat der Differentiationsprocesse des ursprünglichen Magmas des gemeinsamen

¹ Es muss hier schliesslich auch erwähnt werden, dass im Kristianiagebiet keine eigentliche Gebirgsfaltung mit der Eruptionsgeschichte verbunden ist; wie die Formen der Tiefengesteine an manchen Stellen (z. B. im Harz) durch die gleichzeitige Bergkettenbildung beeinflusst wurden, konnte ich somit hier unberücksichtigt lassen.

Magmabassins, aus welchem sie alle stammen. Ihre typische Form ist (abgesehen von der häufigen seitlichen Begrenzung durch verticale primäre Verwerfungsflächen) die Kuchenform der Lakkolithe».

Die Auffassung, welche oben für das Kristianiagebiet auseinandergesetzt ist, lässt sich nach meiner Ansicht in der Hauptsache auch für die triadischen Eruptivmassen Südtirols geltend machen. Es war nöthig, diese lange Digression von meinem eigentlichen Thema zu thun, um die nöthige Grundlage für den näheren Vergleich dieser beiden von Versteinerungsführenden Sedimenten umgebenen Eruptivgebiete zu schaffen.

Ich will, um allen Missverständnissen vorzubeugen, schliesslich ausdrücklich bemerken, dass ich es nicht für berechtigt halten würde, die nach meiner Ansicht gut begründeten Erfahrungen von dem Kristianiagebiet *ohne weiteres* auch auf die oft viel gewaltigeren Granitgebiete des älteren Grundgebirges und regionalmetamorphosirter Faltengebirge überhaupt zu übertragen; ich habe allzu oft erfahren, dass die Wahrheit in der Mitte liegt. Es wäre ja immerhin *möglich*, dass sich *in grösserer Tiefe* die Verhältnisse etwas abweichend gestaltet haben könnten; zwar gehen auch meine Erfahrungen aus dem Studium der Granite des Grundgebirges (z. B. in der Umgegend von Stockholm) nicht in der Richtung, dass vielleicht doch für diese die *Michel-Lévy'sche* Assimilations-Hypothese, die Batholith-Hypothese von *Suess*, in der Form, in welcher dieselbe von diesen berühmten Verfassern dargestellt wurde, mehr berechtigt wäre. Ich will ausdrücklich hinzufügen, dass es mir wohl bekannt ist, dass in regionalmetamorphosirtem Gebirge die Resorbtions- und Lösungsfähigkeit der Tiefenmagmen offenbar in manchen Fällen eine bei weitem grössere gewesen ist, als in nicht regionalmetamorphosirten Gebieten, wie das Kristianiagebiet. Es wäre somit denkbar, dass die «Assimilations»-Thätigkeit der Tiefenmagmen gewissermaassen (wenn auch kaum direct) eine Funktion des stattgefundenen Druckes gewesen sei.

Zu einem Durchschmelzen des flüssigen Erdinneren von der «ewigen Teufe» aus ist aber auch sogar im Grundgebirge gewiss ein weiter Sprung über die tiefe Kluft zwischen den Beobachtungen und der Hypothese.

Für die uns hier vorliegende Aufgabe ist aber diese Frage ohne directe Bedeutung; hier war es mir nur darum zu thun den Nachweis zu liefern, dass die *Michel-Lévy'sche* Auffassung von der «mise en place» der Granite und der Tiefengesteine überhaupt, jedenfalls gar keine allgemeine Gültigkeit besitzt, und dass dieselbe für *nicht* regionalmetamorphosirte Gebiete wie das Kristianiagebiet nicht angenommen werden kann, dass umgekehrt die als «mechanisch unmöglich» abgewiesene Lakkolith-Hypothese hier mit den Beobachtungen im besten Einklang steht.

Wir wollen nun im Folgenden auf Grundlage der in diesem Kapitel vorliegenden Erfahrungen aus dem Kristianiagebiet einen Vergleich mit dem triadischen Eruptivgebiet von Südtirol versuchen.

Vergleich der Eruptionsfolge bei Predazzo und Monzoni mit derjenigen des Kristianigebietes.

Ein näherer Vergleich dieser beiden classischen Gebiete post-archaischer Eruptivgesteine würde, wenn derselbe möglich wäre, gewiss sehr interessante Resultate darbieten; für eine eingehendere Zusammenstellung fehlt aber noch in mehreren Beziehungen genügende Grundlage, so dass die folgende Darstellung nur als ein ganz unvollkommener erster Versuch gelten kann.

Als Grundlage eines jeden Vergleichs scheint mir zuerst die Voraussetzung gemacht werden zu müssen, dass sowohl im Kristianigebiet als auch in Südtirol sämtliche in jedem dieser Gebiete auftretenden Eruptivgesteine, in sofern sie derselben Eruptionsepoche angehörig sind, genetisch verbunden sind und aus einem gemeinsamen Stammagma abgespaltet sein müssen. Diese Voraussetzung dürfte wohl für das Kristianigebiet als bewiesen gelten können, und ist schon nach den jetzt vorliegenden Daten auch für Südtirol so wahrscheinlich, dass wir auch für dies Gebiet davon ausgehen können.

Nur begegnet uns hier in so fern eine Schwierigkeit, als wir zur Zeit nicht wissen, ob es berechtigt ist, diese Stammverwandtschaft der triadischen Eruptivgesteine des Südtirols nur auf die Gesteine des Predazzo und Monzoni, sowie der im Norden angrenzenden Gebiete von Seisser Alp etc. zu begrenzen, *oder ob auch noch andere Tyroler Vorkommen aus demselben Stammagma, wie die hier in dieser Abhandlung besprochenen Gesteine, herrühren.*

Predazzo und Monzoni liegen ja, wie bekannt, in den mittleren Theilen eines grossen Senkungsfeldes,¹ SO. von der gewaltigen Judicarien-Bruchlinie. Längs dieser Bruchlinie selbst liegt ja eine lange Reihe von

¹ Siehe z. B. E. Suess: «Anlitz der Erde» I, S. 322 ff.

zum Theil eigenthümlichen (tonalitischen) Eruptivkernen: Re di Castello und Monte Aviole, Adamello (alle Tonalit), der Iffingerkern mit dem Granit von Brixen, der Tonalit des Riesenerners, ja nach *Foullon* und *Becke* findet man selbst so weit östlich wie bei Prävali im östlichen Kärnthen noch Gesteine, welche Relationen zum Tonalit zeigen. Da der Tonalit des Re di Castello sicher jünger als Muschelkalk ist, dürfte es wahrscheinlich sein, dass auch die übrigen Eruptivmassen dieser eigenthümlichen Gesteine von triadischem Alter sind.¹ Mit dem Granit von Brixen gleichaltrig ist wahrscheinlich auch der Granit von Cima d'Asta, nach *Salomon* und *A. Rothpletz* ebenfalls eine Intrusivmasse, welche die umgebenden Gesteine contactmetamorphosirt hat.² *Rothpletz* hält die Granite von Predazzo und diejenigen von Brixen und Cima d'Asta für gleichaltrig und von triadischem Alter.

Die Annahme, dass die Gesteine des Re di Castello, Monte Aviole etc., des Adamello, des Brixener Gebietes, des Riesenerners (vielleicht auch des Prävaligebietes), der Cima d'Asta, vielleicht auch das Gestein von La Presa in Valsugana³ und anderer Tyroler Vorkommen,⁴ im grossen Ganzen ziemlich gleichaltrig und wie der Granit von Predazzo von jungtriadischem Alter sind, scheint auch in der That höchst wahrscheinlich. Eine derartige «Gauverwandtschaft», welche alle diese Gesteinstypen aufweisen, würde ohne diese Annahme eines genetischen Zusammenhanges (consanguinity, *Iddings*) kaum erklärlich sein; sowohl die tektonischen Verhältnisse ihres Gebundenseins an die Bruchlinien des grossen Senkungsfeldes als auch die Art der begleitenden Contactmetamorphose und die vielen bemerkenswerthen petrographischen Analogien lassen sich ganz ungezwungen durch eine derartige Auffassung erklären, welche auch durch das triadische Alter mehrerer Vorkommen von theils granitischer, theils tonalitischer Ausbildung gestützt wird.

Ich kenne selbst nur in ungenügender Weise durch eigene Beobachtungen die tonalitischen und granitischen Gesteine der meisten der

¹ Cfr. *E. Suess*, l. c. S. 318; *F. Becke*, *Tschermak's min. u. petr. Mitth.* B. 13, S. 462; *W. Salomon*, ib. B. 12, S. 415 etc.

² Cfr. *W. Salomon* ebendasselbst; *A. Rothpletz*, «*Geol. Querschnitt durch die Ost-Alpen*», S. 217.

³ Siehe *H. Lechleitner*, *Tschermak's min. u. petr. Mitth.* B. 13, S. 1.

⁴ Hier kann auch noch an die von *H. von Foullon* beschriebenen Gesteine (Quarzporphyre, Porphyrite, Diabasporphyrite, Melaphyre) aus der Gegend von Recoaro, die sicher von triadischem Alter sind, erinnert werden (siehe: *Tschermak's min. u. petr. Mitth.* B. 2, S. 44 ff. 1880); da ihre Massen jedenfalls unbedeutend sind und ihr gegenseitiges Alter nicht näher festgestellt sein dürfte, werden sie im folgenden nicht weiter berücksichtigt. Die Gesteine von Klausen sollen ja älter als die permischen Quarzporphyre sein (cfr. *E. Suess*, «*Antlitz der Erde*», I, S. 336), gehören also, wenn dies richtig ist, nicht hier.

oben genannten Vorkommen; ich kann somit aus eigener Erfahrung keine berechtigte Meinung über die petrographische Verwandtschaft dieser Gesteine aussprechen. Jedoch dürfte folgende Bemerkung vielleicht noch nennenswerth sein. Nach *G. vom Rath's* Beschreibung des Tonalits von Adamello wäre derselbe ein an Kalifeldspath armes Gestein, ein Plagioklasgestein, ein *Quarzdiorit*; damit stimmt auch seine Analyse¹ (mit 3.73 CaO, 3.33 Na₂O und nur 0.86 K₂O) überein. Indessen müssen andere Vorkommen, als das von ihm untersuchte, ohne Zweifel reicher an Kalifeldspath sein. Nach *Becke* sind im Tonalitkern des Riesenerners auch Grenzfaciesgesteine mit Plagioklas, Mikroklin und Quarz ungefähr in gleicher Menge nicht selten,² obwohl auch hier das Hauptgestein ein dioritisches Gestein wäre. *Cathrein* aber charakterisirte den Tonalit als einen *Granit* und behauptet, dass «die Gesteine von Brixen, Cima d'Asta, Meran, Adamello eine zusammenhängende, gegen den Diorit convergirende *Granitreihe*» bilden.³ Wenn diese Bemerkung richtig ist, sollte jedenfalls ein Theil der sauren Eruptivgesteine der Judicarienbruchlinie und des begleitenden Senkungsfeldes durch gleichzeitiges Vorhandensein von Kalifeldspath und Plagioklas in ungefähr gleicher Menge, also nach der oben gegebenen Darstellung als *Quarz-Monzonite* (Banatite und Adamellite in dem oben angegebenen Sinne) charakterisirt werden können, was gewiss eine merkwürdige Stammverwandtschaft mit den quarzarmen oder quarzfreien Monzoniten von Monzoni und Predazzo anzudeuten scheint. Auch haben gewisse hellere, glimmerreiche Varietäten des Monzonit von Monzoni unzweifelhaft einen tonalitähnlichen Habitus. Dass die sauren Glieder der Reihe wenigstens doch zum Theil Quarz-Monzonite sind, wird schon durch die Analyse von Rube (Scheerer) des Brixener Granits (*Scheerer*: Festschrift für das 100 jährige Jubiläum d. k. s. Bergakad. zu Freiberg 1866, siehe auch *Pichler*, Neues Jahrb. f. Min. 1871, S. 258) bestätigt; die Analyse *v. Rath's* des Adamello-Gesteins stellt vielleicht keine typische Zusammensetzung dar.

Es dürfte somit nach meiner Auffassung ziemlich wahrscheinlich sein, dass es entschieden unrichtig sein würde, die Eruptivgesteine von Monzoni und Predazzo als ein für sich allein abgegrenztes Eruptivgebiet

¹ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1864, S. 257.

² Tschermaks min. u. petr. Mitth. B. 13, S. 389.

³ Neues Jahrb. 1890, I, S. 73. *Cathrein* hebt auch namentlich hervor, dass man ebenso gut den Meraner und den Asta-Granit, wie das Adamello-Gestein zum Diorit rechnen könnte, indem bei allen ein reichlicher Gehalt an Plagioklas vorhanden ist. Für *Cathrein* scheint namentlich die Acidität dieser Gesteine für seine Auffassung derselben als Granite bestimmend gewesen zu sein.

zu betrachten, sondern dass diese Vorkommen im Gegentheil in Zusammenhang mit den übrigen oben erwähnten aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls triadischen Eruptivvorkommen betrachtet werden müssten, wenn man eine richtige Vorstellung über die Eruptionsgeschichte der triadischen Eruptionen von Tyrol erhalten wollte.

Ist aber diese Auffassung richtig — und dafür sprechen meines Wissens alle zur Zeit vorliegenden Erfahrungen — dann ist die Eruptionsfolge, selbst wenn dieselbe für Monzoni und Predazzo jetzt als ziemlich genügend bestimmt angesehen werden dürfte, gegenwärtig nur stückweise und unvollständig bekannt, und es dürfte sogar kaum wahrscheinlich sein, dass dieselbe jemals in gewünschter Vollständigkeit festgestellt werden kann.

Petrographisch (und chemisch) bilden die Tonalite und die Adamellite Zwischenglieder zwischen den Monzoniten und dem Granit von Predazzo; es ist dieser Umstand, wenn ein Vergleich mit der Reihenfolge der Gesteine des Kristianiagebietes überhaupt erlaubt ist, gewiss nicht ohne alle Bedeutung. Es liegt dann nämlich ziemlich nahe, die Annahme zu machen, dass die Tonalite (und Adamellite) *nicht nur petrographisch, sondern auch petrogenetisch zwischen beide einzuschieben sind*, dass ihr Aufpressen aus dem gemeinsamen Magmareservoir auch *zeitlich* eine Eruptionsreihe zwischen denjenigen der Monzonite und der triadischen Granite Tyrols repräsentirt. *Aber*, es muss sofort erinnert werden, dass eine derartige Annahme vorläufig nur als eine hypothetische Auffassung, keineswegs als bewiesene Thatsache gelten kann.

Wir wollen voraussetzen, dass diese ganze Hypothese richtig sei, und namentlich, dass die genannten Tonalit- und Granit-Massen aus demselben Stammagma, wie die triadischen Eruptionen von Fleims und Fassa, herrühren. Es wäre dann, wenn wir die Massenverhältnisse der einzelnen Eruptivgesteine kennten, möglich, aus diesen mit Berücksichtigung der mittleren Zusammensetzung der Hauptgesteinsmischungen, die mittlere chemische Mischung des ganzen ursprünglichen triadischen Stammagmas zu berechnen.

Ich habe früher¹ eine derartige Berechnung für das Kristianiagebiet versucht. Für eine entsprechende Berechnung des triadischen Stammagmas des Tyroler Eruptivgebietes fehlt uns die genügende Grundlage in so hohem Grade, dass ein jeder Versuch einer solchen Berechnung hier nur ganz ungenau werden kann. Namentlich liegen erstens zu wenige Analysen der tonalitischen und granitischen Gesteine vor, um

¹ «Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes» I, S. 2 ff. Kristiania 1894.

ihre Durchschnittsmischung zu kennen; ferner kann jede Kubikberechnung der Massen der einzelnen Eruptivgesteine im vorliegenden Falle nur äusserst approximativ und ungenau ausgeführt werden.

Trotzdem schien es mir der Mühe werth, auf Basis der Lakkolith-hypothese, einen rein vorläufigen Versuch einer derartigen approximativen Berechnung auf Grundlage der vorliegenden Analysen und der uns zugänglichen Karten zu machen, in der Hoffnung, dadurch, wenn möglich, die Anregung zu einer künftigen, genaueren Prüfung zu geben.

Nach dieser ungefähren Schätzung sollten sich die Massen von 1) Augitporphyriten, Melaphyren, Labradorporphyriten, Mandelsteinen und basischen Tuffen, sowie von Camptoniten und Pyroxeniten, also im Ganzen basischen Gesteinen, — von 2) Monzoniten (mit Augitdioriten und Augitsyeniten etc.), — von 3) Tonaliten, Adamelliten und verwandten Gesteinen und endlich 4) von Graniten sich ungefähr wie 10 : 4 : 40 : 15 verhalten.

Unter dieser Voraussetzung erhält man, wenn für die Gruppe 1) das Mittel S. 101, für die Gruppe 2) das Mittel S. 25, für die Gruppe 3) die Analyse *vom Rath's* des Tonalits von Adamello und endlich für die Gruppe 4) die Analyse des Predazzogranits zu Grunde gelegt wird, folgendes Mittel (I) als Zusammensetzung des Stammmagmas; nebenbei ist zum Vergleich die Analyse des Tonalits von Adamello nach *vom Rath* angeführt:

	I (Mittel)	II (Tonalit)
SiO ₂	65.2	66.91
Al ₂ O ₃	15.3	15.20
Fe ₂ O ₃	6.7	7.25
MgO	2.4	2.35
CaO	4.3	3.73
Na ₂ O	3.1	3.33
K ₂ O	2.3	0.86
H ₂ O	0.7	0.16
	<hr/> 100.00	<hr/> 98.99

Das Mittel ist nach dem Obigen aus einer Mischung von 40 Theilen Tonalit und 29 Theilen anderer Gesteine berechnet. Die Übereinstimmung ist, wie man sieht, recht auffallend; nur ist der SiO₂-Gehalt des Mittels niedriger, der K₂O-Gehalt bedeutend höher. Was den letzteren Unterschied betrifft, ist es bemerkenswerth, dass nach dem Obigen die Gesamtmischung der Tonalitmassive — als wahrscheinlich zum Theil eine Quarz-Monzonit-Mischung, zum Theil eine Granit-Mischung (Cathrein) — vielleicht *durchschnittlich* doch einen

etwas höheren K₂O-Gehalt als die Analyse der von *vom Rath* untersuchten Varietät aufweisen dürfte.

So roh und approximativ die obige Berechnung auch sein muss, so dürfte es sich nach meiner Ansicht doch bei näherer Untersuchung wahrscheinlich zeigen, dass dieselbe sich nicht allzu weit von der Wahrheit entfernt.

Die Analogie mit den Verhältnissen des Kristianigebietes ist hier sehr bemerkenswerth.

In beiden Fällen, sowohl im Kristianigebiet als auch in Tyrol entspricht die berechnete Mischung des Stammmagmas der Zusammensetzung des in grösster Masse auftretenden Gesteinstypus ziemlich nahe, im ersten Gebiet dem Nordmarkit, im zweiten dem Tonalit (resp. Banatit oder Adamellit). In beiden Fällen scheint es dann eine naheliegende Schlussfolgerung zu sein, dass *das betreffende Hauptgestein im wesentlichen das ungespaltete Stammagma des Magmareservoirs relativ genau repräsentirt*, was ja auch an und für sich nicht unwahrscheinlich dünkt.

In beiden Fällen repräsentiren diese berechneten Stammmagmen *ziemlich saure*, doch nicht sehr saure Mischungen, auf der Grenze zwischen intermediären und sauren Gesteinen. Ein Vergleich derselben ist lehrreich:

	Ber. Stammagma des Kristianigebietes	Ber. Stammagma des Tyrolgebietes
SiO ₂	64.2	65.2
Al ₂ O ₃	17.2	15.3
Fe ₂ O ₃	3.6	6.7
MgO	0.8	2.4
CaO	2.0	4.3
Na ₂ O	7.0	3.1
K ₂ O	4.6	2.3
H ₂ O etc.	0.6	0.7
	100.00	100.00

Die Quotientzahlen sind für:

Al ₂ O ₃	0.1600	0.1492
MgO	0.0200	0.0600
CaO	0.0357	0.0768
Na ₂ O	0.1129	0.0500
K ₂ O	0.0489	0.0245
	} 0.1618	} 0.0745

Also für:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} : (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 1 : 0.22 : 1 \quad 2 : 1 : 1$$

$$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} = 2.26 : 1 \quad 2.04 : 1$$

Die eine Mischung ist eine alkalireiche, namentlich arm an MgO und CaO; die andere eine relativ alkaliarme, namentlich reich an CaO, MgO und Eisenoxyden. Dementsprechend ist im Kristianiagebiet eine ungewöhnliche Anzahl Gesteinstypen von alkalireichen Gesteinen bekannt, während in Tyrol (abgesehen von den nur als unbedeutende Gänge auftretenden Liebeneritporphyren) kein einziges Alkali-Gestein eine Rolle spielt ausser dem jüngsten Granit. Die Haupttypen im Kristianiagebiet: die Nordmarkite, die Natrongranite, die Laurvikite und Laurdalite sind im Tyroler-Gebiet ganz ohne Repräsentation, umgekehrt fehlen im Kristianiagebiet die monzonitischen und dioritischen plagioklasreichen Gesteinstypen fast vollständig, alles Verhältnisse, welche mit den Differentiationstheorien im besten Einklange stehen und ohne diese nur schwierig zu erklären wären.

Um so mehr bemerkenswerth ist es, dass die Endglieder der beiden Gesteinskomplexe einander sehr nahe stehen. In beiden Gebieten sind die ältesten Eruptionen durch Ergussgesteine von nahezu gleicher petrographischer Beschaffenheit und chemischer Mischung repräsentirt. So sind die «Augitporphyre» (Melaphyre etc.) vom Bufaure-Typus genau entsprechend aus der Umgegend von Holmestrand im Kristianiagebiet bekannt; die Plagioklasporphyrite des Mulatto-Typus sind fast genau entsprechend in derselben Gegend, sowie bei anderen Vorkommen des Kristianiagebietes häufig etc.

Und unter den ältesten Tiefengesteinen des Monzongebietes, den ultrabasischen Pyroxeniten, finden sich Gesteinstypen, welche fast genau mit gleicher Beschaffenheit unter den Grenzfaciesbildungen der Vorkommen von Gran im Kristianiagebiet, namentlich auf Brandberget und auf der Südseite von Buhammeren, wiederkehren.

Auch das Gestein von Dignäs am Tyriffjord, im Kristianiagebiet, das als ein Olivin-Monzonit charakterisirt werden kann, ist, obwohl vielleicht kein genau entsprechendes Gestein von Monzoni oder Predazzo bekannt ist, doch nahe verwandt mit den olivinführenden Monzoniten dieser Gegenden.

Am anderen Ende der beiden Serien finden wir die Granitite des Kristianiagebietes und den Granitit von Predazzo; ein wesentlicher Unterschied ist auch hier nicht vorhanden.

Endlich kann daran erinnert werden, dass die jüngsten Camptonitgänge des tyrolischen Gebietes petrographisch genau entsprechende Aequivalente unter den ältesten Ganggesteinen und Intrusivgängen des Kristianiagebietes haben; die jüngsten Proterobasgänge des Kristianiagebietes unterscheiden sich auch nicht sehr viel und sind auch hier als

eine Analogie zu berücksichtigen. Postgranitische Camptonitgänge sind im Kristianiagebiet bis jetzt nicht mit Sicherheit beobachtet worden; da aber erfahrungsgemäss die ältesten und die jüngsten basischen Gesteine sehr nahe Übereinstimmung zeigen, dürfte es noch möglich sein, dass auch im Kristianiagebiet noch postgranitische Camptonitgänge entdeckt werden können. Übrigens dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, dass die Camptonite und die Liebeneritporphyre Tyrols *zusammen* (als complementäre Gänge) den jüngsten basischen Gangeruptivgesteinen des Kristianiagebietes entsprechen, indem hier unter den postgranitischen Ganggesteinen bis jetzt keine complementären Gangcomplexe beobachtet worden sind.

Der Umstand, dass im Kristianiagebiet aus einem alkalireichen, in Tyrol aus einem kalkreichen alkaliarmen Stammagma anfänglich nahe übereinstimmende basische Gesteinsmischungen abgespaltet sind, steht im besten Einklang mit der früher von mir näher entwickelten Auffassung, dass die Differentiationsfolge und die Eruptionsfolge von der Krystallisationsfolge abhängig gewesen sind. Die Anreicherung mit denselben Eisenerzen und basischen Ortho- und Meta-Silikaten von Fe, Mg und Ca wegen Diffusion dieser Verbindungen nach der Grenzfläche hin, hat längs der Abkühlungsfläche in beiden Fällen — trotz der verschiedenen Durchschnittszusammensetzung der beiden Stammagmen — doch entsprechend zusammengesetzte Spaltungsmagmen bedingt, und die ersten Aufpressungen von Magma mussten dann dieselben Gesteine liefern.

Die folgenden mittelsauren Eruptivmassen mussten dagegen, entsprechend der verschiedenen Durchschnittszusammensetzung in beiden Fällen, verschiedene Spaltungsmagmen liefern.

Auch die nachfolgenden Eruptionen der Hauptmagmen mussten natürlich verschiedene Gesteine liefern.

Die Schlusseruptionen, die Granite, mussten wieder — entsprechend der gewöhnlichen Erfahrung über die Krystallisationsfolge, dass im Allgemeinen bei Tiefengesteinen Kalifeldspath und Quarz die *letzten* Krystallisationsprodukte sind — übereinstimmend werden.

Endlich kehren in beiden Gebieten auch die letzten unbedeutenden postgranitischen basischen Eruptionen wieder. Wie diese zu erklären sind, ist noch ziemlich räthselhaft; wir müssen ihr Vorkommen als eine häufig wiederkehrende Thatsache nehmen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass sie bei manchen Vorkommen fehlen.

Im Kristianiagebiet dürfte es als äusserst wahrscheinlich angesehen werden können, dass das Aufpressen der auf einander folgenden Eruptivmassen wesentlich durch Einsinken grösserer Schollen längs grosser

Spaltenlinien bedingt gewesen ist; das Gewicht der einsinkenden Schollen müsste dem Gewicht der aufgepressten Magmamassen, wie oben auseinandergesetzt, nach einfachen hydrostatischen Gesetzen entsprechen haben. Die Einwirkung anderer Kräfte («Gebirgsdruck», magmatische Spannung, etc.) dürfte dagegen nur von relativ untergeordneter Bedeutung gewesen sein.

Auch in Tyrol finden wir in entsprechender Weise, dass sämtliche triadische Eruptivmassen in oder längs einem grossen, von zahlreichen Bruchlinien zerschnittenen Senkungsfelde auftreten. Im Grossen wie im Kleinen lässt sich nachweisen, wie die Verbreitung der Eruptivmassen an die Bruchlinien und Einsenkungen gebunden ist. Im Grossen ist es höchst bemerkenswerth, dass die gewaltigen Eruptivmassen, welche nach der obigen Darstellung der Durchschnittszusammensetzung des ganzen ursprünglichen Magmabassins am nächsten entsprechen dürften, die *Tonalite*, eben längs der grössten Hauptbruchlinie, der Judicarienlinie, als in relativ grösserer Tiefe (grösstentheils innerhalb der paläozoischen krystallinischen Schiefer) injicirte Tiefen-Massen erstarrt sind. — Auch der Granit der Cima d'Asta liegt in der unmittelbaren Nähe einer grossen Bruchlinie.

Im Kleinen sind ja z. B. eben die Gebiete von Predazzo und Monzoni wunderschön von Bruchlinien begrenzt, zwei kleine Senkungsfelder für sich mitten im grossen südalpinen Senkungsgebiet; es dürfte eine interessante, vielleicht nicht unlösbare Aufgabe sein, die einzelnen Aufpressungen der Eruptivmassen in Relation zu den einzelnen Bruchlinien zu bringen.

Es ist beim Vergleich mit dem Kristianiagebiet noch eine Thatsache, welche der Erwähnung werth ist. Sowohl in Tyrol als im Kristianiagebiet sind die ältesten basischen Eruptionen ganz vorherrschend durch gewaltige Massen von Ergussgesteinen repräsentirt; entsprechende Tiefengesteine spielen nur eine ganz untergeordnete Rolle. Dagegen sind umgekehrt die Hauptionen der saureren Massen nur als Tiefengesteine repräsentirt.

Die Eruptionsfolgen der beiden grossen Eruptivgebiete sind zum besseren Vergleich in der folgenden Tabelle zusammengestellt; hypothetisch und bis jetzt unbewiesen, obwohl nach meiner Ansicht (eben der Analogie mit dem Kristianiagebiet wegen) wahrscheinlich, ist das relative Alter der Eruptionszeit der Tonalite sowie der Granite von Brixen und Cima d'Asta; dass diese Massen, obwohl aller Wahrscheinlichkeit nach (zum Theil sogar sicher) von triadischem Alter, ohne nähere genetische Beziehungen zu den übrigen triadischen Eruptiv-

Vergleich der Eruptionsfolge im Kristianiagebiet und in Tyrol.

		Kristianiagebiet.	Tyrol.
Jüngste Gänge.	Basische Gänge.	Proterobase, Diabase etc.	Camptonite und Liebenritporphyre.
Ausschliesslich Tiefengesteine.	ca. 68—75 % SiO ₂	} Granite. } Natrongranite.	} Granite etc. (Predazzo; — [Brixen, Cima d'Asta]).
	ca. 60—67 % SiO ₂			[Tonalite? Banaitite & Adamellitite?]
Tiefengesteine und Ergussgesteine.	ca. 50—61 % SiO ₂	Laurvikite und Laurdalite sowie entsprechende Rhombenporphyre.	Monzonite und entsprechende Plagioklasporphyrite etc.
Wesentlich Ergussgesteine.	ca. 44—52 % SiO ₂	Alkalifeldspath-Gesteine. (Gabbrodiabase sowie entsprechende Augitporphyrite, Melaphyre, Labradorporphyrite, Mandelsteine, Tuffe etc.	(Gabbrodiabase, Pyroxenite sowie Augitporphyrite, Melaphyre, Labradorporphyrite, Mandelsteine, Tuffe etc.
Berechnetes Stammagma:		SiO ₂ ca. 64 %. Na ₂ O + K ₂ O = ca. 11.5 %. SiO ₂ ca. 65 %. Na ₂ O + K ₂ O = ca. 5.5 %.	
		Al ₂ O ₃ : CaO : (Na ₂ O + K ₂ O) = 1 : 0.22 : 1.	Al ₂ O ₃ : CaO : (Na ₂ O + K ₂ O) = 2 : 1 : 1.

gesteinen Tyrols wären, ist nach meiner Auffassung, bei den jetzt über derartige Beziehungen von anderen Gebieten vorliegenden Erfahrungen so wenig wahrscheinlich, dass ich ohne Bedenken diese Vorkommen unter den der Tyroler Eruptionsserie zugehörigen Typen in der obigen Tabelle aufgeführt habe (um ihre nicht bewiesene Stellung zu berücksichtigen, jedoch in Parenthesis und mit Fragezeichen).

Die Eruptionsfolge ist somit (wenn wir von den zweifelhaft gestellten Tonaliten etc. absehen dürften und nur die bekannte Reihenfolge berücksichtigen) in diesen beiden klassischen Gebieten in sofern in den Hauptzügen dieselbe, als die Eruptionen sowohl in Tyrol als im Kristianiagebiet mit basischen Gesteinen anfangen, dann mit mittelsauren und nachträglich mit sauren Massen fortsetzen; zuletzt kamen wieder basische Massen, aber soviel bekannt nur in geringer Quantität und nur als Gangmassen mit Sicherheit beobachtet.

So weit die bis jetzt vorliegenden Erfahrungen überhaupt einen Vergleich der Eruptionsfolge des Kristianiagebietes und des Tyroler Eruptivgebietes (der triadischen Eruptivgesteine) gestatten, scheint somit ein gewisser Parallelismus vorhanden.

Ich will im Folgenden nachzuweisen versuchen, dass diese Analogien in der Eruptionsfolge auch anderswo häufig wiederkehren.

Allgemeine Betrachtungen über die Eruptionsfolge der plutonischen Gesteine.

Die Feststellung der Eruptionsfolge eines Eruptivgebietes ist keineswegs eine leichte Aufgabe; es ist im Gegentheil in den meisten Fällen eine Aufgabe, welche ein ausserordentlich reiches Material von Beobachtungen, eine kritische Benutzung dieses Materiales und bedeutende Erfahrung als Petrograph und Geologe erfordert. Selbst mit der Erfüllung dieser Bedingungen gelingt die Aufgabe nicht immer, wenn die Gesteinsunterschiede und die natürlichen Aufschlüsse nicht hinreichend günstig sind; in der That liegen genügende Beispiele vor, welche zeigen, dass selbst sehr klare Verhältnisse häufig missverstanden sind.

Ich brauche als ein sprechendes Beispiel für diese Behauptung hier nur auf die bei den verschiedenen Autoren so verschiedene Auffassung der Eruptionsfolge bei Predazzo und Monzoni hinzuweisen. Nicht weniger erläuternd ist in dieser Beziehung das Kristianiagebiet.

Kjerulf, der lange Jahre hindurch dies interessante Eruptivgebiet studirt und über dasselbe seine besten Arbeiten publicirt hatte, besass trotzdem keine Ahnung von der wahren Eruptionsfolge. Erstens waren ihm zahlreiche der interessantesten Gesteinstypen (so z. B. sogar die Augitsyenite, die Nephelinsyenite, die Glimmersyenite, die Nordmarkite, die Natrongranite etc., um nur einige Haupttypen zu nennen) theils gar nicht bekannt, theils ihrer Zusammensetzung nach unbekannt. Dann hatte er auch die Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen Gesteinstypen zum Theil gründlich missverstanden; so betrachtete er z. B. den Porphyry von Aueröd (einen Nordmarkitporphyry) als zusammengehörend mit den deckenförmigen Rhombenporphyren und zog daraus die falsche Schlussfolgerung, dass die Rhombenporphyre überhaupt jünger als die Nordmarkite (*Kjerulf*: Syenit-Granite) wären. Zum Theil betrachtete er

auch intrusive Gesteine als Decken und musste daraus wieder unrichtige Schlüsse über die Altersfolge ziehen; dies war z. B. der Fall mit seiner Auffassung der injicirten Quarzporphyrmassen von Drammen und Kroftkollen, welche er als Decken, älter als die Augitporphyrite, auffasste, während sie in der That, als durchsetzende Intrusivmassen, jünger sind. Durch diese unrichtige Auffassung wurde er dann auch dazu verleitet, die Granite als die ältesten, statt als die jüngsten der grossen Massen-eruptive anzusehen.

Nach *Kjerulf's* Meinung wäre demnach die Eruptionsfolge im Kristiania-gebiet: ¹

Jüngste Er. 5. Diabase etc.

4. Rhombenporphyre (diese entsprechen den Augitsyeniten 4a).

3. Rothe Syenite (= «Nordmarkite», W. C. Br.).

2. «Augitporphyre».

Älteste Er. 1. Granite und Quarzporphyre.

Diese dürftige Zusammenstellung, welche so viele wesentliche Beziehungen unberücksichtigt lässt, ist ausserdem ganz unrichtig. In der That ist nämlich, wie ich nachgewiesen habe, die Altersfolge, wenn nur die von *Kjerulf* besprochenen Typen berücksichtigt werden, diese:

Jüngste Er. Diabase etc.

Granite und Quarzporphyre.

Natrongranite.

Rothe Syenite (Nordmarkite).

Augitsyenite und Rhombenporphyre.

Älteste Er. Augitporphyrite etc.

Wenn es möglich gewesen ist, die Altersfolge der durch so manche charakteristische Typen ausgezeichneten Eruptivgesteine des Kristiania-gebietes so gründlich misszudeuten, wenn es ferner geschehen ist, dass die Altersfolge auch bei den so ausserordentlich besuchten kleinen Gebieten von Predazzo und Monzoni so verschiedenartig aufgefasst werden konnte: so dürfte es wohl berechtigt sein, ältere Angaben über die Eruptionsfolge von anderen weniger gründlich durchforschten Eruptivgebieten mit misstrauischer Kritik anzuschauen, wenn nicht ein reiches Material von übereinstimmenden Thatsachen die Schlussfolgerungen stützt.

So lange man sich auf die Bestimmung der Altersfolge vulkanischer Ströme oder Decken beschränken kann, ist allerdings die Aufgabe in der Regel ziemlich einfach, wo nicht später aufgedrückte Intrusivmassen

¹ Siehe: «Udsigt over det sydlige Norges geologi», 4^o, Kristiania 1879, S. 202 ff.

zwischen den Decken Schwierigkeiten machen, was jedoch gar nicht selten ist. Anders liegt die Sache, wenn es gilt, die Altersfolge grösserer plutonischer Massen zu bestimmen. Man hat dann gewöhnlich grosses Gewicht auf Gangdurchschneidungen gelegt; es liegt auch auf der Hand, dass, wo *deutliche* (aschiste) *Apophysengänge* von einer Masse in eine andere hineinsetzten, das gegenseitige Altersverhältniss dadurch bestimmt ist.

Wo aber wirkliche aschiste Apophysengänge fehlen, ist es sehr leicht, falsche Schlussfolgerungen zu ziehen, wenn man nur auf durchsetzende Gänge angewiesen ist. So würde man im Kristianiagebiet sehr leicht zu der falschen Schlussfolgerung kommen, dass hier unaufhörlich saure und basische Massen in vielfach wiederholter Reihenfolge auf einander gefolgt sind, wenn man nur auf einander durchsetzende Gänge angewiesen wäre; die Sache ist nämlich die, dass sowohl bei den ältesten basischen als bei den jüngeren saureren Masseneruptionen *jeder grösseren Masse ein System von theils basischen, theils sauren complementären Gängen entspricht*; so entspricht schon den ältesten basischen Masseneruptionen auf Gran ein Gang-System von basischen Camptoniten und saureren Bostoniten, ebenfalls bei Kristiania von basischen Proterobasen etc. und sauren Keratophyren etc., und analoge, obwohl anders zusammengesetzte complementäre Systeme diaschister Gänge begleiten auch die späteren Masseneruptionen.

Derartige Gänge können dann nur in den Fällen zur Bestimmung der Altersfolge benutzt werden, wenn ihre Beschaffenheit als complementäre Gänge und ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten Massengesteinstypus mit genügender Sicherheit festgestellt werden kann.

Bei der Feststellung der Altersfolge der grossen Tiefenmassen leistet das Studium der Contactverhältnisse besonders gute Dienste; feinkörnige oder porphyrische Grenzfacies, deutliche exogene Contactmetamorphose von Bruchstücken etc., Breccienstructures, Fluidalstructures, Apophysen etc., — kurz eine genaue Durchmusterung der ganzen Grenzfläche ist hier von hervorragender Bedeutung.

Bei der Bestimmung der Altersfolge, um genetischen Beziehungen einer Anzahl in derselben Gegend auftretender Gesteinstypen nachzuspüren, gilt es natürlich in erster Linie, dass man bei der Feststellung der Altersfolge nur solche Altersbeziehungen berücksichtigt, welche zwischen Gesteinen derselben Eruptionsepoche stattfinden. So würde man ja in Tyrol z. B. eine ganz falsche Auffassung der Abhängigkeit der Eruptionsfolge von magmatischen Differentiationsprocessen erhalten, wenn man die ganze Reihenfolge mit den permischen Quarzporphyren

anstatt mit den triadischen Melaphyren und Augitporphyriten anfangen wollte; die ersteren gehören ja nämlich einer älteren schon abgeschlossenen Eruptionsepoche an und haben direct wahrscheinlich nichts mit den triadischen Eruptionen zu schaffen. Eine derartige Berücksichtigung findet man bei vielen Autoren gar nicht, weshalb auch die in der Litteratur vorhandenen Betrachtungen über die gegenseitige Altersfolge der Eruptivgesteine sehr oft ziemlich werthlos sind.

Es gilt hier in hohem Grade, dass allgemeine Zusammenstellungen, so interessant derartige generalisirende Betrachtungen auch beim ersten Anblick erscheinen können, dennoch für die wichtige Frage über die Relationen zwischen der Altersfolge der Eruptivgesteine einer Eruptionsepoche eines bestimmten Gebietes und den Gesetzen der im Magmabassin stattgefundenen Differentiationsprocesse in der Regel ganz ohne alle Bedeutung sind.

Derartige allgemeine Betrachtungen finden sich in der älteren Litteratur ziemlich häufig; sie umspannten gewöhnlich ungenirt grosse Zeiträume, ja die ganze Erdgeschichte und den ganzen Erdball. Eine Hauptannahme war es dabei, dass in älteren Zeiten (im Grundgebirge) mehr Granite, in den jüngsten Perioden wesentlich basische Gesteine (Basalte) aufgepresst wären; die ersteren wären als die leichteren aus höheren Theilen des flüssigen Inneren, die letzteren als die schwereren aus grösserer Tiefe aufgequollen etc. Also im Allgemeinen die Altersfolge: zuerst saure Gesteine, dann nachträglich immer mehr vorherrschend basische Eruptionen.¹

So war die einfache, generalisirte Auffassung im früheren Theil des Jahrhunderts.

Aber auch aus den letzten Jahren finden sich mehrere Beispiele derartiger generalisirter Betrachtungen über die Altersfolge der Eruptivgesteine. Ich will hier nur die folgenden berücksichtigen:

In 1888 hat *Marcel Bertrand* in seiner interessanten Abhandlung: «Sur la distribution des roches éruptives en Europe»² eine übersichtliche Zusammenstellung in grossen Zügen über die Reihenfolge der Eruptivgesteine durch die ganze Formationsserie in Europa, von den ältesten bis zu den neuesten Zeiten, geliefert. Nach seiner Auffassung findet

¹ Diese Auffassung finden wir sehr häufig in älteren Arbeiten (siehe z. B. *F. v. Richterhofen*: «The nat. syst. of volc. rocks», 4^{to}, S. Fransisco 1868) ausgesprochen; auch in neueren Arbeiten ist dieselbe nicht selten. So z. B. in *Dölter's* Abhandlung: «Die Producte des Vulcans Monte Ferru» (Denkschr. d. math.-nat. Cl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, B. 39, 1878), wo es heisst: «Was die Abnahme des SiO₂-Gehaltes mit dem jüngeren Alter anbelangt, so ist bekanntlich dies Gesetz ein sehr häufiges» etc.

² Bull. de la soc. géol. de France, 1888, 3^{me} ser., B. XVI, S. 573—617.

sich eine gewisse regelmässige Periodicität nicht nur in der Aufeinanderfolge der Sedimente, sondern auch der Eruptivgesteine in ihrer Vertheilung auf der ganzen Formationsserie; die Eruptivgesteine sollten sich in den grossen Faltungszonen (1) chaîne huronienne, 2) ch. calédonienne, 3) ch. hercynienne und 4) ch. alpine) sammeln; innerhalb jeder Faltungszone sollte (wenigstens für die älteren derselben) eine analoge Reihenfolge der Eruptivgesteine in grossen Zügen nachweisbar sein. So interessant auch diese Darstellung sein kann, so lässt sich dieselbe doch gar nicht verwerthen, wenn es die Frage der Eruptionsfolge für eine bestimmte Eruptionsepoche eines begrenzten Gebietes gilt; dazu sind die Betrachtungen dieser Abhandlung von allzu allgemeinem und umfassendem Charakter.

Dasselbe gilt z. B. auch von den Bemerkungen von *Le Verrier* in seiner Abhandlung über die Bergkettenbildung,¹ wo er auch die Frage einer gesetzmässigen Reihenfolge der Eruptivgesteine berührt. Er hebt hier hervor, wie sehr häufig auf basische Eruptionen saure folgen, und meint, dass die ersteren im grossen Ganzen mit Perioden von Ruhe und Sedimentation, die sauren Eruptivgesteine dagegen mit Perioden grosser Bewegungen der Erdkruste, mit der Bildung grosser Dislokationen der Sedimente zusammenfallen.²

Sowohl in *Bertrand's* als in *Le Verrier's* Darstellung ist die Zusammenstellung der als zusammengehörend betrachteten Eruptionen von so umfassender Art und die gewählten Beispiele sind so wenig begrenzt sowohl in Bezug auf Raum als auf Zeit, dass die ganze Beweisführung wenig überzeugend ist. *Was für unsere Aufgabe von Bedeutung scheint, ist ein zuverlässig untersuchtes Beobachtungsmaterial über Reihen von sicher genetisch zusammengehörenden Eruptionen von genügend scharf begrenztem Gebiet und sicher auf bestimmte Zeit begrenzt, nicht verschiedenen Eruptionsepochen angehörig.*

¹ «Note sur les causes des mouvements orogéniques», Bull. de la soc. géol. de France, 3^{me} ser. B. XVI, S. 492—503.

² P. 498 l. c.: «Ce qui frappe plutôt dans l'histoire des éruptions, c'est alternance toujours répétée d'éruptions successivement acides et basiques se suivant souvent à peu d'intervalle et dans les mêmes régions. Ainsi aux diorites et diabases anciens succède la poussée du granite cambrien; aux diabases siluriens et dévoniens, celle du granite et de la granulite à la base du carbonifère. Les orthophyres et les porphyrites carbonifères sont percés et recouverts par les microgranulites. Les mélaphyres alternent avec les porphyres pétrosiliceux dans le Permien etc. A l'époque tertiaire, la sortie des serpentines, euphotides et diabases éocènes précède celle des dacites, liparites et autres roches quartzifères récents».

«En gros, les éruptions basiques paraissent coïncider avec des périodes de calme et de sédimentation, tandis que les roches acides marquent des époques de grands mouvements et accompagnent des discordances d'étages géologiques».

Von derartigen Beobachtungsreihen finden sich aber in der Litteratur nur ziemlich wenige, namentlich wenn man sich hauptsächlich auf die Reihenfolge grosser Tiefmassen beschränken will und vorläufig die Eruptionsfolge der Ergussgesteine unberücksichtigt lässt.

Zwar finden sich aus neuester Zeit nicht wenige Bearbeitungen der innerhalb eines begrenzten Gebietes auftretenden Eruptivgesteine von unzweifelhafter «consanguinity»; sehr selten aber finden wir die gegenseitigen Altersbeziehungen derartiger Eruptivcomplexe genau bestimmt. Wir wollen dies durch ein Paar Beispiele illustriren.

Jeder Petrograph kennt die Monographie *Irving's* über «The copper bearing rocks of Lake superior»,¹ der sogenannten «Keweenaw Series» angehörig. Der Verfasser hat hier einen ausserordentlich reichhaltigen und vollständigen Complex von Eruptivgesteinen aus den reichen Kupferdistricten bearbeitet; aus seiner tabellarischen Zusammenstellung wie aus seiner Beschreibung dieser Gesteine geht hervor, dass hier *petrographisch* sehr vollständige Reihen vorhanden sind, mit zahlreichen Übergängen von basischen Olivingabbros durch olivinfreie Gabbros, durch saurere sogenannte «Orthoklasgabbros» (Monzonite?), ferner durch noch saurere quarzführende Augitsyenite und schliesslich von diesen zu sauren Augitgraniten. Entsprechend dieser Serie von Tiefengesteinen (coarse granular kinds) sei nach *Irving* noch eine zweite Serie von hypabyssischen Gesteinen («fine granular kinds») und eine weitere Serie von porphyrischen, zum Theil superfusiven Gesteinen («porphyric kinds») vorhanden. Es scheint nach *Irving's* Beschreibung unzweifelhaft, dass diese Gesteinsserien alle genetisch zusammengehörend sind, und aus einem gemeinsamen Magmareservoir stammen müssen; über die gegenseitigen Altersbeziehungen, über die geologische Reihenfolge aller dieser zahlreichen verschiedenen Gesteinstypen wird leider aber so gut wie Nichts mitgetheilt. Zwar wird beiläufig angeführt, dass Gabbros, Diabase, Melaphyre und andre basische Gesteine die ältesten Eruptionen repräsentiren, und dass gewisse saure Gesteine, Augitsyenite, Augitgranite, Quarzporphyre etc. jünger als diese sind; schliesslich sollten wieder basische Eruptionen gefolgt sein. Genauere und mehr detaillirte Angaben über die Altersfolge finden sich aber in *Irvings* Monographie nicht; so ist denn auch diese petrographisch so vollständige Gesteinsgesellschaft für unsere Frage ohne entscheidende Bedeutung.

Dasselbe gilt aus demselben Grund auch von der ebenfalls petrographisch sehr vollständigen, interessanten Serie von wesentlich basischen,

¹ Monogr. V of the United States geol. Survey, Washington 1883.

theilweise jedoch auch saureren Gesteinen, welche zuerst von *J. D. Dana*, später von dem leider so früh gestorbenen *G. H. Williams* unter dem Namen «the Cortlandt series» in einer Reihe von Abhandlungen beschrieben wurde. An seine abschliessende Übersicht¹ über diese Gesteinsgesellschaft² (welche Peridotite, Hornblendite, Gabbros, Norite, Diorite, Glimmerdiorite, Quarzglimmerdiorite mit zahlreichen Übergangstypen umfasst) knüpft *Williams* folgende Bemerkung: «These rocks present an admirable example of what are called *facies* of a geological unit mass. In spite of their great petrographical variety, they are everywhere connected by transitional forms into the closest relationship. And yet we need not regard all the rocks as having been formed simultaneously. The region was probably for a long time the scene of eruptive activity. At different periods different types may have been produced which broke through these already solidified. The quartz-mica-diorite near Montrose Station seems to be a later intrusion into the older and more basic norite».

Also auch hier aus dieser reich differenzierten Gesteinsgesellschaft nur ein dürftiges Resultat für die Lösung unserer Frage von den genetischen Altersbeziehungen; jedoch auch hier dasselbe Resultat, dass *die älteren Haupteruptionen basisch, die jüngeren sauer wären.*

Aus *Maryland*³ hat *G. H. Williams* und aus *Delaware Fr. D. Chester*⁴ eine Serie von grösstentheils basischen, theilweise auch sauren Eruptivgesteinen (Tiefengesteinen) beschrieben, welche nahe genetische Relationen zeigen. Die wichtigsten der basischen sind verschiedene Gabbrogesteine, namentlich Norite, Hornblende-Gabbros, und wahrscheinlich als Faciesbildungen theils Gabbro-Granite, theils ultrabasische Gesteine, Pyroxenite (Websterite) und Peridotite (Lherzolite etc.). Jünger als alle diese Gesteine sind saure Granite (Biotitgranite, Granitite). Also auch hier die Reihenfolge: zuerst basische, zuletzt saure Gesteine, — aber wieder keine hinreichende Feststellung der genaueren genetischen Relationen.

Wenige Eruptivgebiete sind wohl so gründlich durchforscht als der *Harz*, namentlich durch *Lossen's* vieljährige Untersuchungen. Und

¹ Amer. Journ. of Science, B. 35, Juni 1888, S. 448.

² *G. H. Williams* brauchte als Bezeichnung der Gesamtheit dieser Gesteinstypen den Terminus «Series»; nach meiner Definition des Serie-Begriffs liegen jedoch hier nicht eine einzelne, sondern wenigstens drei verschiedene Serien vor (W. C. Br.).

³ «The Gabbros and associated Hornblende Rocks occurring near Baltimore»; Bull. of the U. S. Geol. Survey, No. 28, Washington 1886 und: Outline of the geology of Maryland, Baltimore 1893 (S. 39).

⁴ «The Gabbros and associated Rocks in Delaware», Bull. of the U. S. Geol. Survey, No. 59, Washington 1890.

doch, — wie wenig wissen wir eigentlich noch mit voller Sicherheit im Einzelnen über die genetischen Beziehungen der Harzer Eruptivgesteine! Nach den vorliegenden Angaben¹ lässt sich im Harz unterscheiden: 1) eine antegranitische Eruptionsreihe, wesentlich von basischem Charakter (Hauptrepräsentant: Diabas, daneben jünger als dieser Keratophyre, und wieder Diabase); darnach 2) eine Gabbro- bis Granit-Serie mit entsprechenden gleichalterigen porphyrischen Gliedern; der Gabbro (Norit) vom Radauthal mit allen Faciesbildungen ist nach *Lossen* als genetisch zusammenhangend mit dem Brocken-Granit zu betrachten und ist wohl im grossen Ganzen nur als eine (zuerst abgespaltete) Randfacies aufzufassen. Zwischen den extremen Gliedern finden sich alle Übergänge. Jünger als diese Gabbro- und Granit-Serie ist nach *Lossen* 3) eine postgranitische Gangformation von rothen, grauen und schwarzen Porphyren und eine postgranitische Deckenformation von Melaphyren, Porphyriten, Quarzporphyren etc.; diese zeigen in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge eine einfache im SiO_2 -Gehalt zunehmende Reihe (Jahrbuch der preuss. geol. Landesanstalt, 1883, S. 495). Ob nähere genetische Relationen der antegranitischen und der postgranitischen Eruptionen zu der Haupt-Serie der Gabbro-Granit-Gesteine stattfinden, lässt sich aus der Harzer Litteratur schwierig ausfinden. Ein klares Bild über die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Reihen lässt sich trotz der reichen petrographischen Litteratur von dem Harzgebiet nur theilweise ableiten.²

So könnten wir das eine Beispiel nach dem anderen vorlegen, wo ein reiches Material von geologischen und petrographischen Beobachtungen uns viele interessante und lehrreiche Details mittheilt, nicht aber einen klaren Einblick in den genetischen Zusammenhang der einzelnen Gesteins-Typen gestattet, zum grossen Theil eben weil die Altersfolge derselben und namentlich die schärfere Abgrenzung der einzelnen Eruptionsabschnitte (Eruptionsepochen) nicht immer mit genügender Sicherheit festgestellt werden konnte.

Wir wollen uns nun zu einer Anzahl Vorkommen wenden, bei welchen die Altersfolge der genetisch zusammengehörenden Gesteinstypen sicherer bestimmt werden konnte.

In erster Linie sind hier die äusserst interessanten Untersuchungen von *I. P. Iddings* über das Gebiet von Electric Peak und Sepulcre

¹ Siehe ausser *Lossen's* schon oben (S. 63) erwähnten Abhandlungen z. B. *I. H. Kloos*: «Entstehung und Bau der Gebirge», etc. Braunschweig 1889, P. 65.

² Cfr. z. B. *Lossen* in Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1880, S. 214, sowie seine zahlreichen Abhandlungen im Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt etc.

Mountain im Yellowstone National Park zu erwähnen.¹ Es ist gewiss der Inhalt dieser ausgezeichneten Abhandlung jedem Petrographen bekannt; es genügt hier nur darauf hinzuweisen, wie innerhalb der zweiten Eruptions-epoche des Gebietes die aufgedrückten Magmen zuerst etwas basisch, dann nach und nach immer saurer, schliesslich ganz sauer wurden. «The whole series — — is more correctly a single, irregularly interrupted succession of outbursts of magma that gradually changed its composition and character» Das Spatium des SiO₂-Gehaltes der analysirten Stufen von Electric Peak liegt zwischen 56.28 und 69.24 Procent; sehr basische sowie sehr saure Gesteine sind somit in der Serie nicht vertreten, selbst die am meisten basischen Gesteine repräsentiren noch eine mittel-saure Diorit-Zusammensetzung, die sauersten eine Quarz-Glimmer-Diorit-Zusammensetzung. Die chemische wie die petrographische Untersuchung zeigt, dass alle Übergänge zwischen den extremen Gliedern vorhanden sind.

Eine sehr interessante Untersuchung hat *I. R. Dakyns* und *I. I. H. Teall* über die plutonischen Gesteine von Garaball Hill und Meall Breac in der Nähe von Loch Lomond publicirt.² Es finden sich hier auf kleinem Gebiet eine Reihe verschiedener Tiefengesteine gesammelt, welche alle genetisch zusammengehörig gewesen sein müssen. Die ältesten Eruptionen waren ultrabasische Peridotite, darnach mit stetig wachsendem SiO₂-Gehalt Diorite, Quarzdiorite, Granite verschiedener Art und schliesslich ultrasaure Gänge von Aplit; die Gesteine bilden petrographisch wie chemisch eine ausgezeichnete Serie mit SiO₂-Gehalten zwischen 38.6 und 75.8 Procent. Die Verfasser betrachten alle die verschiedenen Gesteinstypen als «the result of the consolidation of a large plutonic reservoir». Für weitere Einzelheiten muss auf die wichtige Abhandlung selbst hingewiesen werden.

Teall hatte übrigens schon 1885 ein anderes Gebiet von Eruptivgesteinen, dasjenige von «Cheviot Hills» in Bezug auf die Altersfolge der einzelnen Eruptionen untersucht und schon damals wichtige Schlussfolgerungen über eine genetische Verwandtschaft der auf einander folgenden Gesteine aus seinen Beobachtungen gezogen.³ Die ältesten Gesteine des Cheviot-Hills Eruptivgebietes sind nach *Teall*: «Andesite und Porphyrite»; wahrscheinlich entsprechen diesen als Tiefenfacies quarzführende Augitsyenite (*Teall* nennt sie auf Grund des Quarzgehaltes

¹ In 12th ann. report of the U. S. Geol. Survey, Washington 1892; namentlich S. 651.

² Quarterly Journ. of the Geol. Soc. 1892, (B. 48), S. 104—121.

³ «On some Quartz-Felsites and Augit-granites from the Cheviot district», Geol. Mag. 1885, P. 106—121.

«Augitgranite», die Analysen zeigen aber nur ca. 62 % SiO_2 , also eine basischere Mischung). Die jüngsten Eruptionen sind durch saure Quarzporphyre repräsentirt, welche die genannten basischeren Gesteine durchsetzen. Das Alter dieser Eruptionsepoche wäre Old red sandstone, also ziemlich gleichzeitig mit den Eruptionen des Kristianiagebietes.

Die bis jetzt zum Vergleich angeführten Beispiele beziehen sich meistens auf Vorkommen mit einer mittleren Zusammensetzung von relativ alkaliarmer, kalkreicherer Mischung. Im folgenden sollen ein Paar Beispiele von Eruptivgebieten mit vorherrschenden Alkaligesteinen erwähnt werden.

Ein derartiges Beispiel liefert unter anderem die von *M. E. Wadsworth* beschriebene Gesteinsreihe von Massachusetts.¹ Betreffs der gegenseitigen Altersfolge der hier auftretenden Gesteinstypen sagt er: «If the succession of all the dykes cutting one another be taken, numerous epokes of eruption can be found, but speaking broadly the general order of arrangement would from the present evidence appear to be as follows: 1) schistose rocks which seem to form the basis and to be of sedimentary origin. 2) The older basaltic rocks — gabbro, diabase and diorite — which have been intruded trough the schists and occupy large areas of the country. 3) Syenite. 4) Elæolite (zirkon)-syenite. 5) Granite. 6) Felsite. 7) The later basaltic rocks — diabase and melaphyre. 8) Trachyts».

Vom Syenit wird angegeben, dass derselbe demjenigen vom Plauenschen Grunde bei Dresden ähnlich, also ein echter Kali-Syenit sei; ausserdem wird das Vorkommen eines Nephelinsyenits «like that from Fredriksværn, Norway» erwähnt.² Von dem Granit wird angegeben, dass er makroskopisch in den Syenit überzugehen scheint, aber jünger als dieser wäre.

Diese Serie ist zum Vergleich mit dem Kristianiagebiet und Predazzo sehr interessant; die Reihenfolge: 1) Gabbro und Diabas, 2) Syenit und 2a) Nephelinsyenit, 3) Granit und Quarzporphyr (Felsit) ist ja nahe entsprechend auch im Kristianiagebiet vorhanden. Die jüngsten Eruptionen 4) Melaphyre und 4a) Trachyte etc. könnten wohl als complementäre Eruptionsproducte, entsprechend den Camptonit- und Liebeneritporphyr-Gängen bei Predazzo (den Proterobas- und Diabas- etc. Gängen im Kristianiagebiet), aufgefasst werden.

¹ «Syenite and Gabbro in Massachusetts», Geol. Mag. 1885.

² Später hat *John H. Sears* (Bull. of the Essex institute B. 25, 1893) nachgewiesen, dass in Essex County in Massachusetts Augit-Syenite eine sehr weite Verbreitung haben; er bestätigt die Beobachtung von *Wadsworth*, dass der «hornblende-granitite» jünger ist.

Aus den meisten anderen Nephelinsyenit-Gebieten (Arkansas, Ditro, Foya, Miask, Kangerdluarsuk, Alnö, Crazy Mountains, den brasilianischen Vorkommen, den westafrikanischen Vorkommen etc. etc.) finden sich keine genügenden Angaben über die Altersfolge und die genetischen Beziehungen der zusammen auftretenden Eruptivgesteine.

Über die Altersfolge der Gesteine des sehr interessanten Nephelinsyenitgebietes von Umptek und Lujaur Urt auf der Kola-Halbinsel bemerkt *W. Ramsay*¹: «Die ältesten Bildungen der Massive sind die Augitporphyrite in den losen Blöcken am Poutelitschorr. Dann folgen die Hauptgesteine des Umptek und des Lujaur-Urt und so die Varietäten von Nephelinsyenit, Nephelinsyenitporphyr und Tinguait und zuletzt die basischen Ganggesteine; es ist dieselbe Reihenfolge wie im Kristiania-gebiet, obgleich die Reihe hier sehr lückenhaft ist.» —

So könnten wir noch eine bedeutende Anzahl Beispiele vorlegen; in den meisten Fällen zwar mit wenigen Gliedern. Von Beispielen, wo nur zwei oder drei genetisch verbundene Gesteinstypen auftreten, würden wir noch zahlreiche Fälle anführen können, in welchen allen die ältesten Gesteine basisch, die späteren sauer sind.² So namentlich zahlreiche Vorkommen von Gabbro oder Diorit mit nachträglichem Durchbruch von Granit, und oft zuletzt eine letzte Phase von basischen Gängen.

Diese Reihenfolge: «basisch, weniger basisch, sauer» scheint in der That bei den Tiefengesteinen so häufig wiederzukehren, dass wir diese Reihenfolge als eine normale ansehen müssen; der plötzliche Sprung zurück nach basisch ist bei vielen Vorkommen bekannt, scheint aber eben so häufig zu fehlen.

Diese Reihenfolge steht im besten Einklang mit der Erklärung des genetischen Zusammenhanges der einzelnen Tiefen-Gesteinstypen einer Eruptionsepoche als Differentiationsprodukte aus einem gemeinsamen Magmabassin; sie steht ferner im besten Einklang mit der Erklärung der Differentiation durch eine von der Krystallisationsfolge regulirte Diffusion nach der Abkühlungsfläche des ursprünglichen Magmabassins. Diese Analogie der Krystallisationsfolge, der Differentiationsfolge und der Eruptionsfolge wird auch durch das nähere Studium der Grenzfaciesbildungen der Tiefenmassen und der Gänge bestätigt.

¹ «Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola», *Fennia* B. 11, No. 2, S. 96 (1894).

² Um nicht zu unterlassen eines der best studirten und interessantesten Beispiele zu erwähnen, mag hier nur hingewiesen werden auf «the gabbro bosses» und «the granophyr bosses» tertiären Alters von den inneren Hebriden, welche namentlich *A. Geikie* so meisterhaft beschrieben hat. (Siehe namentlich seine letzte Abhandlung *Quart. Journ. of the geol. soc.* May 1894).

Die hier nur kurz referirte Auffassung der Ursache der Gesetzmässigkeit der Eruptionsfolge wurde wohl zuerst von *Teall* (1885) angedeutet; ich hatte ungefähr gleichzeitig durch meine Studien im Kristianiagebiet die Analogie zwischen Krystallisationsfolge und Eruptionsfolge beobachtet, aber erst später etwas darüber publicirt (1886). Im Jahre 1890 gab ich eine kurze Übersicht über diese Auffassung, beleuchtet durch das Beispiel der Eruptionsfolge des Kristianiagebietes (Zeitschr. f. Krystall. B. 16, I). Eine vortreffliche Darstellung gab *Teall* in seiner kleinen Abhandlung: «The Sequence of Plutonic Rocks» (in *Natural Science*, Vol. I, No. 4, June 1892) und gleichzeitig auch in der citirten Abhandlung über die Gesteine von Garabal Hill etc. Seine kurze Zusammenfassung des Gesetzes der Eruptionsfolge verdient citirt zu werden: «Given one reservoir and continous cooling there should be one sequence. The basic rocks should precede the acid rocks. This has been the case in many regions, but the rule is by no means without exceptions. The exceptions may be due to the existence of two or more reservoirs, or to the accession of heat or fresh material during the process of consolidation. Taking all the facts into consideration, it does not seem unreasonable to suggest, that with one reservoir undergoing continous consolidation there will be one definite sequence». Abgesehen davon, dass der Ausdruck consolidation wohl besser mit Abkühlung vertauscht werden könnte, dürfte diese kurze Zusammenfassung mit einiger Reservation als zutreffend angesehen werden können.

Es muss nämlich nicht vergessen werden, dass die der Krystallisationsfolge analoge Differentiationsfolge im Magmabassin längs dessen Abkühlungsfläche nicht der einzige Factor ist, welcher die oben als die normale angesehene Eruptionsfolge bedingen musste. Hierfür müsste auch noch als weitere Bedingung eine ziemlich regelmässige zeitliche Folge der Eruptionen erforderlich sein.

Nach der von mir vertretenen, oben näher dargelegten Auffassung ist jedenfalls in vielen Fällen als die wesentliche Ursache des Aufpressens der Tiefenmagmen ein Einsinken von überlagernden Massen längs Spalten in das Magmabassin anzusehen.

Es ist nun einleuchtend, dass wenn das Einsinken der auflagernden Schollen in das Magmabassin bald mit grösseren Zwischenräumen, bald ziemlich häufig — also mit unregelmässigen Intervallen — stattgefunden hat, die Eruptionsfolge keine regelmässigen Intervalle der einzelnen Glieder der Serie der in höheres Niveau aufgedrückt Tiefengesteinsmischungen zeigen kann.

Bei einem sehr bedeutenden Intervall müsste es sich auch wohl treffen können, dass nach einer saureren Masse wieder eine relativ basischere folgte.¹

Nun dürfte allerdings das Einsinken der Schollen in das Magmabassin (ich setze fortfahrend voraus, dass es sich um Eruptionen in nicht gefaltetem Gebirge handelt) in den meisten Fällen nicht durch plötzliche Katastrophen, sondern ganz allmählich, vielleicht mittels zahlreicher kleinen Verwerfungen in derselben Richtung und durch lange Zeiträume stattgefunden haben.

In sofern ist es auch wahrscheinlich, dass die meisten Eruptionsfolgen der grossen stockförmigen oder lakkolithischen Massen ziemlich regelmässige Intervalle (oder sogar alle Übergänge) der Eruptionsprodukte aufweisen müssen, also übereinstimmend mit der Erfahrung der Serie: «basisch, weniger basisch, immer saurer, sauer».

Wie gross das SiO₂-Spatium der Endglieder werden konnte, musste dann zum Theil von der Dauer der Eruptionsepoche abhängen; wie im Übrigen die Zusammensetzung der abgespalteten Tiefengesteine der Eruptionsfolge sich erweist, müsste natürlich in erster Linie von der Zusammensetzung des Stammmagmas des ganzen Magmabassins abhängig gewesen sein, wie ich es auch oben beim Vergleich der Beispiele der Eruptionsfolgen im Kristianiagebiet und in Südtirol nachzuweisen versuchte.

Im Obigen ist nur von der Eruptionsfolge der *Tiefengesteine* die Rede gewesen. Es ist nach meiner Ansicht absolut nöthig, bei der Ableitung der gesetzmässigen Beziehungen der Altersfolge der einer Eruptionsepoche zugehörigen Eruptivgesteine, nicht ohne weiteres die Erfahrungen von den Verhältnissen der Tiefengesteine auch auf die *Ergussgesteine*, und umgekehrt, zu übertragen.

Bei den *Ganggesteinen* ist es schon jetzt eine allgemeine Erfahrung, dass Gruppen von basischen und sauren Ganggesteinen als complementäre Gänge den verschiedenen Eruptionen der Tiefenmassen entsprechen. Innerhalb der Geschichte der ganzen Eruptionsepoche würden wir somit für die Ganggesteine, wenn diese allein berücksichtigt werden sollten, eine oft wiederholte Aufeinanderfolge von basischen und sauren Gesteinen als die normale Eruptionsfolge bezeichnen müssen.

So können wir im Kristianiagebiet, um nur einige wenige Gruppen der dort auftretenden complementären Gänge zu berücksichtigen, folgende Altersfolge notiren:

¹ Dieser Fall, welcher als eine Wiederholung einer bestimmten Eruptionsfolge sich kund geben musste, findet sich z. B. öfters in Gegenden, wo mehrere zeitlich getrennte, von einander unabhängige Eruptionsepochen nachweisbar sind (z. B. England, Harz, Tyrol).

<i>Tiefengesteine.</i>	<i>Entsprechende complementäre Ganggesteine.</i>
Granitite	{Minetten} Aplite
Natrongranite	{Minetten} Grorudite Aplite
Nordmarkite	{Minetten} Kersantite Sölvbergite Lindöite
Nephelinsyenite (Laurdalite)	& Nephelinminetten Tinguaitite Hedrumite
Augitsyenite (Laurvikite)	Alkaliminetten Camptonite Syenitaplite
Olivingabbrodiabase	Camptonite Bostonite

Es liegt auf der Hand, dass diese vielmals wiederholte Altersfolge: «basisch-sauer», uns an und für sich (wenn wir nicht die complementären Gänge sicher mit bestimmten Tiefengesteinen verknüpfen könnten) über die Altersfolge der Eruptionen der grossen Massen und über die Differentiationsgeschichte des Stammmagmas leicht eine ganz falsche Vorstellung geben könnte.

Nun ist es aber selbstverständlich nicht nur denkbar, sondern im Allgemeinen sogar sehr wahrscheinlich, dass dieselben Spaltungsmagmen, welche in den Gangspalten als hypabyssische Gesteine erstarrt sind, *theilweise auch die Tagesoberfläche erreichen konnten und hier oft mit anderer Mineralienzusammensetzung und Structur, als Ergussgesteine, als Decken und Ströme etc. erstarrten.*

In derartigen Fällen würden wir bei der Bestimmung der gegenseitigen Altersbeziehungen der einer bestimmten Eruptionsepoche angehörigen *Ergussgesteine* wieder eine Altersfolge von basisch — sauer, basisch — sauer etc. mit mehrmals wiederholtem Wechsel erhalten können.

Die Altersfolge der primären Differentiationen, die Reihenfolge der primären Aufpressungen der differenzirten Magmen aus dem Magma-bassin selbst würden wir aber wieder *nicht* erhalten. Diese lässt sich allein durch das Studium der Altersbeziehungen der grossen Massen der Tiefengesteine ableiten.

Aus diesem Grund müssen die Untersuchungen über die relativen Altersbeziehungen der Ergussgesteine immer mit kritischer Vorsicht benutzt werden, wenn man die Differentiationsgesetze der Tiefenmagmen und ihren Einfluss auf die Altersfolge der Eruptionen einer Eruptionsepoche studiren will; in der obigen kurzen Übersicht wurden deshalb auch fast ausschliesslich bekannte Beispiele der Altersfolge *plutonischer* Gesteine berücksichtigt, während die Altersfolge der Ergussgesteine *als zum grossen Theil von relativ sekundären Differentiationen abhängig*, vorläufig ausser Acht gelassen wurde.

Die meisten Verfasser, welche — auch in neuester Zeit — über die Altersfolge der Eruptivgesteine einer Eruptionsepoche geschrieben haben,

waren nicht auf dies fundamentale Verhältniss hinreichend aufmerksam, sondern haben ohne Unterschied die Reihenfolge der Tiefengesteine und der Ergussgesteine zusammen besprochen. So hat z. B. auch *F. Zirkel* in seiner Zusammenstellung der verschiedenen beobachteten Altersfolgen ohne Unterschied seine Beispiele von abyssischen Gesteinen oder von Ergussgesteinen genommen¹ und deshalb auch ganz natürlich als Resultat gefunden, dass «es kaum eine Möglichkeit giebt, welche nicht durch ein Beispiel belegt werden könnte». Trotzdem konnte es ihm nicht entgehen, dass «ein progressives Steigen der Acidität» am häufigsten aufzutreten scheint.

Auch *Iddings*, welcher doch im Übrigen so ausserordentlich bedeutende und lehrreiche Beiträge zum Studium der Differentiation und der genetischen Beziehungen der Eruptivgesteine überhaupt geleistet hat, scheint nicht dies Verhältniss genügend berücksichtigt zu haben, dass die aus dem Studium der Ergussgesteine abgeleiteten Erfahrungen über die Eruptionsfolge nicht ohne weiteres für die Reihenfolge der Eruptionen aus dem Magmabassin selbst maassgebend sein können.

Nach *Iddings*² sollte das allgemeine Gesetz der Eruptionsfolge das sein, dass die ältesten Eruptionen Gesteine von mittlerer Acidität wären, die folgenden abwechselnd kieselsäureärmere und kieselsäurereichere Glieder, stets mit einer Steigerung der Differentiation, bis schliesslich sehr basische und sehr saure Glieder die Eruptionsepoche abschliessen sollten.³ «The general succession is from a rock of average composition through less silicious and more silicious ones to rocks extremely low in silica and others extremely high in silica — that is, the series commences with a mean and ends with extremes. — This law of succession, expressed in its most general terms, is of very wide application» etc.

Iddings hat seine Beispiele fast ausschliesslich aus Beobachtungen über Ergussgesteine geholt. Auch für diese trifft sein «general law of succession» aber bei weitem nicht ohne viele Ausnahmen zu; so ist z. B. im Kristianiagebiet auch für die Ergussgesteine die Reihenfolge nicht vereinbar mit diesem Gesetz, da hier die ältesten Decken ohne Ausnahme sehr basische Augitporphyrite, Labradorporphyrite, Melaphyre etc. sind (mit ca. 44 bis 49 % SiO₂), gar nicht intermediäre Gesteine.

¹ Lehrb. d. Petrogr., II. Aufl., B. I, S. 810 ff. (1893).

² «The origin of igneous rocks». Bull. of the phil. soc. of Washington, Vol. 12, S. 145 ff.

³ Siehe auch die Abhandlung von *Iddings*: «The volcanic rocks of the Andes», Journ. of Geology, Vol. I, No. 2, Febr. March 1893, S. 169 ff.

Auf weitere Beispiele hinzuweisen, kann ich hier wohl verzichten; sie sind allbekannt und zahlreich.

Es ist nicht überflüssig hervorzuheben, dass die Zusammensetzung des *Stammagmas* grösserer, stark differenzirter Eruptivgebiete gewiss sehr häufig eine intermediäre Zusammensetzung besessen hat, wie ich z. B. früher für das Kristianiagebiet und oben für das Tyroler-Gebiet nachzuweisen versuchte; daraus folgt aber keineswegs, dass die von *Iddings* abgeleitete Eruptionsfolge im Allgemeinen mit intermediären Eruptionen anfangen müsse. Im Gegentheil wäre es, wie oben erwähnt, wahrscheinlicher, dass unter normalen Verhältnissen die ältesten Eruptionen ziemlich basisch sein würden. Ein Anfang mit intermediären Tiefengesteinen würde im Allgemeinen voraussetzen, dass die Eruptionen angefangen hätten, ehe eine grössere Differentiation stattfinden konnte, was natürlich an und für sich sehr möglich wäre, aber erfahrungsgemäss bei Eruptionsfolgen von Tiefengesteinen relativ selten eingetroffen sein dürfte.

Auch für Ergussgesteine findet man sehr häufig die bei den Tiefengesteinen normale Eruptionsfolge mit im Anfang basischen, nach und nach immer saureren Eruptionen wieder; häufig endet die Reihe, wie bei den Tiefengesteinen, mit einem basischen Rücksprung, welcher sich vorläufig schwierig zu erklären scheint, wenn man nicht die von mir früher angedeutete Erklärung¹ acceptiren dürfte. Auch die bekannte sogenannte *Richthofen'sche Serie*, welche, wohl zu merken, nur für *Ergussgesteine beschränkter Gebiete abgeleitet wurde*, passt mit der normalen Reihenfolge der Tiefengesteine ganz gut, indem es auch bei diesen gar nicht erforderlich wäre, dass die ältesten Eruptionen immer ultrabasisch oder sehr basisch sein müssten.

Im Allgemeinen kann man aber wohl sagen, dass je weiter sich die Magmenmassen von dem Stammagma entfernt haben, je mehr sie auch sekundären Differentiationen unterworfen gewesen sind, desto weniger wird in der Eruptionsfolge noch eine gewisse Regelmässigkeit nachweisbar sein. Müssen schon bei den Tiefengesteinen häufige Ausnahmen von der regelmässigen Reihenfolge erwartet werden, so muss dies noch in bei weitem höherem Grade von den Ergussgesteinen gelten. Die auf empirischem Wege abgeleiteten Gesetze der magmatischen Differentiation, welche in hervortretendem Grade auch die Eruptionsfolge regulirt haben, sind aber deshalb nicht weniger gut begründet.

Je mehr diese Gesetze studirt werden, je genauer wir die Vorgänge der Differentiation und ihre ersten Ursachen im Einzelnen kennen lernen,

¹ Zeitschr. f. Krystallogr. B. 16, I, S. 88.

um so schärfer werden wir auch die gesetzmässigen Beziehungen der einzelnen Eruptivmassen eines Eruptivgebietes abgrenzen können, um so klarer wird sich in jedem einzelnen Falle die ganze Eruptionsgeschichte selbst enthüllen. Die *ersten* Vorgänge, die Bildung des Magmabassins selbst, wenn das Vorhandensein solcher angenommen werden darf, entziehen sich dabei vorläufig noch jeder einfachen und besser begründeten Erklärung; wie so häufig in der Wissenschaft ist die erste Grundlage eines grösseren Baues noch ein Räthsel. Wir müssen uns damit begnügen ein Stück des Weges im Licht zu wandern.

Bis jetzt sind wir aber nur am ersten Anfang der Wanderung und kennen ihre Länge noch gar nicht; es sind noch viele mühsame Schritte zu gehen, — «durch Wüsten und auf trockenen Stellen». —

Nachtrag.

Nachdem die oben vorliegende Abhandlung schon gedruckt war, erhielt ich durch die Freundlichkeit des Verfassers Herrn *H. W. Turner* das Blatt «Jackson» des Geol. Atlas of the Unit. States, Washington 1894; in dem beigefügten Text ist der früher von Dr. *A. Schmidt* (Neues Jahrb. f. Min. 1878, S. 716—719) beschriebene, mit dem Tonalit zusammengestellte Quarz-Glimmer-Diorit vom Yosemite-Thal in Sierra Nevada von Herrn *G. F. Becker*, als «Granodiorit» bezeichnet. *Becker* charakterisirt das Gestein als einen mit Granit nahe verwandten Quarz-Glimmer-Diorit mit vorherrschendem Plagioklas.

Dasselbe Gestein ist auch näher erwähnt in der Abhandlung *Turner's*: «The rocks of the Sierra Nevada» (14th ann. rep. of the Unit. States geol. survey, Washington 1894, S. 478 u. 482); die beigefügten Analysen zeigen, dass das Gestein, obwohl stark variirend, doch durchgehends der Familie der Quarzdiorite (z. Th. der Diorite) zugehörig ist, indem der vorherrschende Gehalt an Na_2O unter den Alkalien in Verbindung mit dem CaO -Gehalt ein Vorherrschen des Plagioklases bedingt.

Im demselben Bericht ist auch ein Gestein von dem Goldbezirk von Ophir, Californien, unter dem genannten Namen Granodiorit in einer Abhandlung von Herrn *Waldemar Lindgren* erwähnt. Dieser charakterisirt das Gestein als vorherrschend ein plagioklasreiches Gestein, jedoch «between a diorite and a granite» (l. c. S. 255); die Analyse des typischen Granodiorits, von *Hillebrand* (SiO_2 65.54, TiO_2 0.39, Al_2O_3 16.52, Fe_2O_3 1.40, FeO 2.49, MnO 0.06, MgO 2.52, CaO 4.88, Na_2O 4.09, K_2O 1.95, P_2O_5 0.18, H_2O 0.59, Summa 100.73) zeigt aber evident, dass das herrschende Gestein der Quarzdioritfamilie (oder besser der kleinen Übergangsfamilie zwischen den Dioriten und den Quarzdioriten) und nicht der Familie der Adamellite oder der Banatite (Quarz-Monzonite) angehörig ist. (Doch müssen in demselben Gebiete nach *Lindgrens* Beschreibung auch Gesteine der Quarz-Monzonit-Reihe vorkommen).

Wie aus der ganzen Darstellung der genannten amerikanischen Geologen hervorgeht, ist somit der Name Granodiorit nicht in demselben Sinne wie die Bezeichnungen Banatite, Adamellite, Quarz-Monzonite in der hier vorliegenden Abhandlung, sondern eher als ein Synonym für Tonalit gebraucht.

Derselbe inhaltsreiche Band enthält auch eine äusserst interessante Abhandlung von *Whitman Cross*: «The laccolitic mountain groups of Colorado, Utah and Arizona» (l. c. S. 165—241); ich empfind die selbe leider zu spät um das darin enthaltene reichliche Material zur Beleuchtung der Lakkolith-Hypothese in Bezug auf die «Granitfrage» benutzen zu können. Ich hoffe bei einer späteren Gelegenheit auf die hierher gehörigen Fragen ausführlicher eingehen zu können. —

Der Haupttitel dieser Abhandlung wird wohl manchem Leser auffällig sein; ich wollte damit speciell hervorheben, dass meine Reise nach Predazzo nur als eine Exkursion vom Kristianiagebiete aus, zum Vergleich mit diesem, unternommen wurde. Wenn ein solcher Vergleich nicht die Hauptabsicht sowohl meiner Reise als dieser Publikation gewesen wäre, hätte ich selbst die Veröffentlichung einer Abhandlung über die Predazzogegend nach so kurzem Besuch als ein unberechtigtes Eindringen in fremdes Gebiet auffassen müssen.

Beim Durchlesen der fertig gedruckten Arbeit sehe ich, dass die Kritik von *Reyer's* «Predazzo» stellenweise vielleicht eine unnötige Schärfe in der Form erhalten hat; es ist dies unabsichtlich geschehen, da ich ja nur seine Richtung, seine Ansichten bekämpfen wollte. Ich will deshalb nicht unterlassen, als Schlusswort mit Dankbarkeit daran zu erinnern, dass es mir ohne die in *Reyer's* Abhandlung vorhandenen Vorarbeiten und ohne seine verdienstvolle Karte kaum möglich gewesen wäre, in der kurzen Zeit von nur 8 Tagen eine genügende Übersicht über die Predazzogegend zu erhalten.

Kristiania, im September 1895.

Dr. W. C. Brögger.
