

Ueber Gesteine des granitischen Kerns im östlichen Teil des Gothardmassivs

Autor(en): **Grubenmann, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **10 (1892)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-558816>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ueber Gesteine des granitischen Kerns im östlichen Teil des Gotthardmassivs.

Von
Dr. U. Grubenmann.

Im letzten Hefte dieser Mitteilungen publizierte ich eine kleine petrographische Arbeit über die Gotthardgranite, welche im mittlern und westlichen Teile dieses Massivs zu Tage treten. Seither veröffentlichte Professor Dr. *Heim* seinen Text zu Blatt XIV (Lieferung XXV der Beiträge) der geologischen Karte der Schweiz, versehen mit einem Anhang von petrographischen Beiträgen von Professor Dr. *C. Schmidt*. Angesichts dieser vortrefflichen und in so ausgezeichnete Weise sich ergänzenden Werke möchte es fast überflüssig erscheinen, die Resultate von früher schon begonnenen Untersuchungen über die granitischen Gesteine aus dem Ostflügel des Gotthardmassivs als Fortsetzung meiner obigen Mitteilungen hier noch folgen zu lassen. Aber abgesehen davon, dass *Heim*¹ besonders hinsichtlich der tektonischen Frage, in welcher Weise der granitische Kern am westlichen Ende des Ostflügels gegenüber den übrigen Gesteinen gelagert ist und untertaucht, selbst zu weitem Untersuchungen auffordert, ist auch der petrographische Charakter der Protogine und Konsorten trotz des die allgemeinen Verhältnisse sehr gut zeichnenden Résumés von *C. Schmidt*² einer weiteren, detaillirteren Prüfung nicht unwert. Hat doch neuerdings Professor *Duparc*³ in Genf zwei Untersuchungen petrographisch-chemischer Natur über Protogine des Mont-Blanc publizirt, in denen der Verfasser hin-

¹ Heim, l. c. p. 219—222.

² Schmidt, l. c. p. 23—25, auch 9 und 10.

³ *L. Duparc und L. Mrazec*: Recherches sur la Protogine du Mont-Blanc et sur quelques Granulites filoniennes; Archives des sc. ph. et nat. XXVII N° 6.

sichtlich der Genesis und Struktur solcher Gesteine in Uebereinstimmung mit dem hervorragenden französischen Petrographen *Michel Lévy*¹ in einzelnen Punkten zu wesentlich andern Resultaten gelangt. Die Frage über die Natur der „Alpengranite“ (Protogine Schmidt) scheint somit durch den Gegensatz der Meinungen erst recht wieder in Fluss zu kommen und dürfte eine vollständig befriedigende Lösung dieses die Geister schon so lange beschäftigenden Rätsels unserer Alpengeologie auch jetzt noch eine Zeit lang auf sich warten lassen!

1. Der „Protogin“ aus dem östlichen Teil des Gotthardmassivs.

K. v. Fritsch hat in seiner „geognostischen Karte des Gotthard“ diesen Protogin als „Granitgneiss“ von seinen „Graniten“ des westlichen Gotthardgebietes abgetrennt und ihn dem granitischen Gestein der Grimsel und Schöllenen gleichgestellt. In seinem Texte² beschränkt er sich auf folgende Angaben: „In diesem Gneisse erscheinen grosse Feldspatkristalle; dann wird das Gefüge mehr und mehr gleichmässig körnig; eine Tafelabsonderung lässt sich noch bei Alp Scheggia (unterhalb Santa Maria, Medels) erkennen mit Streichen h 7 bei 66° nördlichem Einfallen. Weiterhin nach Norden wird aber die Tafelabsonderung bald unklar. Die Masse erscheint ganz granitähnlich und zwar in einer dem Grimselgranit sehr nahe verwandten Varietät. Bis Acla hinab durchströmt der Mittelrhein diesen Granitgneiss, der sich besonders ostwärts noch weiter hinaus erstreckt, westwärts aber schon am Piz Ganneretsch wieder gneissähnlicher ist. Bei Acla schliesst sich nordwärts Gneiss an.“ — Der später hier zu besprechende Granit des Cristallinates, welcher im vorher erwähnten Profil östlich der Lukmanierstrasse vor und nach Alp Scheggia ausgiebig angetroffen wird, wurde von *K. v. Fritsch* in seiner Karte zum grössten Teil mit diesem „Granitgneiss“ zusammengezogen, zum kleineren Teil als gewöhnlicher Gneiss

¹ *Michel Lévy*: Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc; Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles Rouges; zwei Arbeiten, die ich leider nicht einsehen konnte.

² *K. v. Fritsch*: Das Gotthardgebiet, XV. Lieferung der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, p. 59.

oder quarzitischer Glimmerschiefer aufgefasst. Eine genauere Begehung der zwischen Santa Maria und Perdatsch an die erwähnte Poststrasse anstossenden Gebiete hat mich zu einer etwas anderen Abgrenzung der Protoginzone geführt als die genannte Karte sie angibt, abweichend auch von derjenigen auf Blatt XIV nach *Heim*, der zwar den Cristallinagranit besonders heraushebt, im übrigen aber für die Protogine westlich des Medels hauptsächlich an die Angaben von Fritsch's sich halten musste. Ueber einige Gipfelpartien der nördlichen Ausläufer des Scopi und über eine Stelle am Ostabhang des Piz Ganneretsch habe ich selber mir einstweilen noch nicht die wünschbare, volle Einsicht verschaffen können, zwei Mängel, denen ich gelegentlich abzuhelfen bestrebt sein werde.

Steigt man annähernd 1 km unterhalb Santa Maria an dem zwischen Val Rondadura und Val Vitgira sich hinziehenden Westabhang des Medels in die Höhe, so stösst man bald auf den anstehenden, unzweifelhaften, massigen Protogin mit sanft geneigter Bankung und steil nordwest fallender Klüftung. Nordwärts bleiben diese fast ununterbrochen bestehen; südwärts dagegen zeigt sich am mittleren Gehänge immer deutlicher eine Neigung zu Druckschieferung mit Lentikularstruktur, bald Augengneiss ähnlich, bald mehr als knotige Glimmerquarzitbreccie entwickelt, erst grob, dann immer feiner, je näher man auf Alp Vitgira dem schwarzen Bündnerschiefer tritt, der sich dort völlig concordant anschmiegt. Diese Schieferzone hat eine Mächtigkeit von über 100 m; auch der massige Protogin wird gelegentlich von dünnen Schieferzonen mit zirka 60° Nordnordwestfall durchzogen. Nach Bildung eines schmalen Terrassenbandes taucht der Protogin in der Höhe, ungefähr bei Punkt 2493 der topographischen Karte unter *etwas schwächer geneigte Platten von Biotitgneiss* (ähnlich dem Gurschengneiss an der Gotthardstrasse, erste Cantoniera).

Gegen diese Stelle hin drängen sich meterbreite Quarzitgänge in die Randpartien des Protogins; am mechanischen Kontakt selbst durchdringen die beiden Gesteine sich gegenseitig; Euritapophysen erstrecken sich parallel zur Schieferung oder diese durchsetzend, jedoch nicht ohne ein Austangiren, in den Gneiss hinein. Steigt man von obiger Stelle hinab zur ersten Hütte (bei 2190 m) im Val Rondadura, so findet sich Mitte Wegs am Abhang ein zweites schönes Beispiel

des mechanischen Kontaktes blossgelegt. Auch dort greifen die Gesteine mehrfach in einander, wobei aber stets der etwas flachere Gneiss (mit 50° Nordfall) sich mit seiner Schieferung der Protoginfläche anschmiegt. Von Punkt 2493 wendet sich die Kontaktlinie nordwärts durch das dortige Plateau, geht etwas über Punkt 2234 durch, durchquert die Mitte von Val Vitgira, dessen Nordhang westlich vom Felssturz getroffen wird, der dort im Protogin niedergiegt. Dann lässt sie sich leicht verfolgen bis an den Fuss (2290 m) des aus dunklem Biotitgneiss bestehenden Felskopfes am linken Talausgang, von wo sie sich in die östliche Gletschermulde der Piz Ganneretsch hinaufzieht. Kopf 2680 m schien mir nicht mehr aus Protogin, sondern aus Biotitgneiss zu bestehen. Von seinem Ostfusse streicht die Grenze in Nordostrichtung, entlang einem lentikular geschieferten Protogin, in ziemlich gerader Linie hinab nach Acla Fuorns im Medels, wo sie sich ostwärts wendet; über die Strecke Acla Perdatsch gibt *Heim* in seinem Texte (p. 220) ein detaillirtes Profil und konstatirt auch an dieser Stelle eine vollständige Gleichförmigkeit in der Lagerung von Protogin mit jüngern Gneissen und Glimmerschiefern, wie überall am Nordrand der Protoginezone.

Auf der rechten Talseite des Medels zeigen sich gegenüber dem Eingange des Val Rondadura ganz verwandte Verhältnisse: Dort stösst an 70° NNO fallende Bündnerschiefer (schwarze, glänzende Clintonitphyllite und graugrüne Zoisit führende Schiefer) *konkordant* ein körniger Quarzglimmerschiefer mit grober Linsenstruktur 6 m; hierauf folgt ein Quarzitgang 1 m, schiefriger Protogin 40 m und endlich massiger Protogin 400 m, mit einzelnen schmalen, schiefrigen Zwischenlagen und euritischen Adern. An diesen Protogin schliesst sich durch Vermittlung einer Reibungsbreccie Cristallinagranit in gneissiger Facies an. Wahrscheinlich gehört der zwischen Scopi und Piz Valatscha liegende Felskopf noch diesem Protoginstreif an, während die letztgenannte Spitze mit ihren nördlichen Vorbergen aus Cristallinagranit bestehen dürfte, wie ich bei günstiger Beleuchtung mit einem scharfen Feldstecher glaube unterschieden zu haben. Hieraus erklärt sich mir auch die weitere Tatsache, dass sich hinten im Cristallinatale bloss einige wenige Protoginblöcke auffinden liessen; anstehenden Protogin habe ich dort keinen getroffen.

Ueberall, wo man in dieser Zone am Westende des Ostflügels des Gotthardmassivs vom innern, massigen Protogin auswärts nach der Peripherie vorrückt, zum Kontakt mit den teils in schwacher Diskordanz, teils konkordant übergelagerten Gneissen oder Schiefeln, lässt sich wahrnehmen, *dass der Protogin nach aussen hin zunächst sich zerklüftet in grosse, flache Linsen; hierauf folgen in Konkordanz jene knotigen Quarzglimmerschiefer mit der Linsenstruktur, erst gröber, dann feiner, im Kleinen* (glimmerreicher Gneiss und quarzitische Glimmerschiefer nach der Kartirung von v. Fritsch), *als dynamometamorphe Randfacies des Protogins; dann taucht derselbe in mechanischem Kontakte unter den Gneiss, wobei eine dünne Reibungsbreccie gebildet wurde und Quarzit und Euritgänge sich ausgeschieden haben.*

Am Ostende des Massivs, im Hintergrunde des Val Somvix, endigt der Protogin¹, oben rundlich scharf abgeschnitten, und wird flach diskordant von sericitischen und amphibolitischen Gesteinen umhüllt. Eine druckschiefrige Randfacies des Protogins wird nicht erwähnt, dürfte aber sich finden lassen.

Wenden wir uns nun den innern Kontaktverhältnissen zu! Geht man von Santa Maria aus die Lukmanierstrasse nordwärts, so beachtet man etwa 100 m vor der neuen Brücke am rechten Flussufer eine Protoginbank, die sich ungefähr senkrecht zur Flussrichtung am Talgehänge bis zu einer Höhe von 2250 m verfolgen lässt; talaufwärts liegt konkordant der bereits erwähnte gneissige Cristallinagranit; zwischen beide schiebt sich eine schwache Reibungsbreccie und ein Euritgang von 1 m Mächtigkeit. Protogin bleibt nun in den charakteristischen Rundhöckern rechts der Strasse für annähernd 1 km das anstehende Gestein mit oft prächtig massiger Struktur; unterhalb Alp Scheggia steht dasselbe gangartig an und erinnert in seinem Habitus unwillkürlich an den Granit der Fibbia.² Am jenseitigen Ufer des Mittelrheins ist dort von den Gehängen des Piz Ganneretsch ein grösserer Felssturz noch in Protogin niedergegangen. Bald nachher aber rekrutieren sich die rechts an der Strasse liegenden Blöcke nur aus Cristallinagranit, $\frac{1}{2}$ km vor S. Gall auch am linken Flussufer, Beweis, dass die Kontaktlinie zwischen diesen beiden Gesteinen

¹ Heim, l. c. p. 221 und 232; Tafel VII, Profil 4.

² Vergleiche die Mitteilungen IX, p. 214.

an dem jenseitigen, steilen Berghang in die Höhe steigt. Ungefähr in der Gegend von Punkt 1638 überschreitet dieselbe wieder den Rhein und streicht am rechten Ufer desselben, dem Fusse des Mont Garviel folgend, oberhalb S. Gion vorbei, zum Eingang des Cristallinates. Dort liegt auf der östlichen Talseite, am prächtig konkordanten Kontakt mit Cristallinagranit, ganz am Anfang des Tales in der Nähe der Strassenkehre, abermals eine 15—20 m mächtige Zone des schiefrigen Protogins, welcher mit steilem Nordwestfall ostwärts nach Alp Puzeta hinüberzieht.

Dieser Darstellung zufolge kommt somit dem Protogin in der Umgebung des Medels teils eine grössere, teils eine beschränktere Verbreitung zu, als die heutigen geologischen Karten uns lehren, und ist seine Umgürtung des Cristallinagranites im Westen eine einfachere und weniger mächtige.

Ueber die petrographische Beschaffenheit dieser Protogine hat *C. Schmidt* (l. c. p. 24 und 25) ein völlig zutreffendes Bild gezeichnet, das ich hier nicht wiederholen will und dem ich im Einzelnen nur wenige neue Züge hinzufügen kann. Eine Vergleichung dieser Medelsergesteine mit ihren übrigen Verwandten im Gotthardmassiv¹ lehrt, dass sie ganz allgemein dem „Fibbiagneiss“ (Fritsch) oder „Gotthardgranit im engern Sinne“ am nächsten stehen; auch *K. v. Fritsch* hat dies gefühlt, indem er z. B. den Protogin im Val Rondadura zum Teil als „Fibbiagneiss“ kartirt hat, dem er in der Tat zum Verwechseln ähnlich sieht. Indessen ergibt ein genaueres Betrachten, dass in letzterem die gneissige Schieferung doch etwas stärker ausgeprägt ist und der grauviolette „Sandquarz“ mehr vor den sericitisch grünen, körnigen Partien hervortritt als im Rondaduraprotogin. Unterhalb Alp Scheggia und bei Perdatsch stehen sehr ähnliche Nüancen an; doch gibt es auch solche, z. B. in den Umgebungen von St. Gion, wo der Quarz weniger stark zertrümmert ist und noch ausgesprochener „Glasquarz“ geblieben ist. Dem Protogin der Schöllenen und der Grimsel gleicht er weniger.² — *Die lentikularen bis geschieferten Varietäten* lassen sich in ihrem Entstehen aus massigem Protogin so überzeugend in allen wünschbaren Uebergangsstadien verfolgen, dass für den angedeuteten Zusammen-

¹ Mitteilungen, Heft IX, p. 206—216.

² Siehe die Analysenresultate p. 133.

hang für mich kein Zweifel bestehen kann. Zuerst erscheint eine grobe, wellige Schieferungsfläche, auf welcher ausgeschiedene Sericite immer mehr einen grünlich silbergrauen Perlmutter- bis Fettglanz entwickeln; die Richtung der linearen Streckung tritt sichtlich hervor. Näher am massigen Protogin sind die blättrigen Aggregate des dunklen, schwärzlich-grünen Biotit noch reichlicher vertreten. Die schmutzig grünen Plagioklasflecken verwischen sich allmählig; Orthoklase, auch Karlsbader-Zwillinge sind zunächst noch wohl erkennbar und vertragen sich auf dem Querbruche als die Ursache der knotigen Anschwellungen; Nester zertrümmerten Glasquarzes legen sich in Abwechslung daneben; zwischen durch winden sich die sericitischen Fläsern. Dann wird die wellige Schieferungsfläche ruhiger, durchgehender sericitisch, die Biotitnester erscheinen seltener; die Feldspatlinen sind flacher ausgewalzt, die Quarze werden fein körnig. Schliesslich hinterbleibt für's gewöhnliche Auge ein feiner, lentikular geschieferter sog. „Gneiss bis Glimmerschiefer.“

Das *mikroskopische Bild*¹ des normalen Protogins ist das gewohnte und schon oft beschriebene. Unveränderte *Orthoklase* treten nur sehr spärlich auf; bald sind sie nur von einzelnen Albitlamellen durchzogen, bald mikroperthitisch entwickelt, bald felderweise in Mikroklin verwandelt: Die *Plagioklase* sind allgemein stärker angegriffen, besonders im Innern, lassen aber, namentlich randlich, die albitische Zwillinglamellirung oft noch erkennen; einzelne Lamellen zeigen Auslöschungsschiefen bis auf 14° und 17° ; Verbindungen, Verwerfungen und intensivere Zertrümmerung der Individuen werden an diesen Feldspäten häufiger getroffen, als beim Orthoklas. Zumeist sind sie in der bekannten Weise in ein wirres und trübes Aggregat von Sericit, Zoisit und Epidot verwandelt. Der spärliche, stark pleochroitische *Glimmer* (parallel der Basis braun, senkrecht dazu licht strohgelb) mit kleinem Axenwinkel enthält gelegentlich Sagenitgewebe von Rutil; er ist öfter epidotisiert und lässt auch Sericit neben

¹ *Ann.*: Zu den nachfolgenden mikroskopischen Studien stand mir neben zahlreichen eigenen Präparaten eine Serie sehr gut gelungener, zum Teil orientirter Dünnschliffe des Herrn *A. Bodmer-Beder* in Zürich zur Verfügung, wofür ich demselben an dieser Stelle meinen wärmsten Dank ausspreche. Genannter Herr hatte überdies die Freundlichkeit, mich diesen Sommer im behandelten Gebiete auf den Exkursionen zu begleiten.

sich erscheinen. — Die bald reinen, bald etwas wolkigen Felder des *Quarzes* bieten in geringerem oder höherem Masse das Bild mechanischer Zertrümmerung in Form einer gröbern oder feinern Mosaik mit gerad- und krummliniger Umgrenzung. Streifensysteme von gestreckten Quarzen und undulöse Auslöschungen kommen allgemein vor. Quarzränder, welche zuweilen sich um Orthoklase schlingen, sind oft stückweise noch unversehrt erhalten, anderswo aber in kleinere Felder zerfällt, die sich mehr oder weniger aneinander verschieben; wieder andere sind umringt von einem Kranze feinerer oder gröberer Quarztrümmer, die sich auch eindrängen in die Risse zwischen verbogene oder verschobene Kristalle; sie können sogar durch das ganze Bild des Feldspates gleichmässig zerstreut sein: offenbar sekundäre Quarze, die chemischen Produkte der dynamometamorphen Vorgänge, welche auch die vorher erwähnte mechanische Zertrümmerung erzeugt haben. Die Darstellung, welche *Duparc* (l. c.) von diesen Verhältnissen seiner Protogine gibt, ist mir durchaus unverständlich geblieben; weder aus seiner Beschreibung, noch aus seinen Abbildungen vermag ich mir für seinen „Quarz granulitique“ eine scharfe Diagnose zu machen; dieser sein Quarz „de la deuxième poussée, plus récente“, kann mir sowohl mechanisch zertrümmerten, als auch auf chemische Weise sekundär entstandenen Quarz bedeuten. Für ein „magma granulitique de la protogine, qui aurait imprégné toute la roche“, habe ich trotz vielen Suchens in den Gotthardprotoginen keine Anhaltspunkte finden können. Ich bin vielmehr in der Lage, die allgemeine Darstellung, welche *C. Schmidt* (l. c. p. 9 und 10) gegeben hat, nach meinen hauptsächlich an der Hand der Gotthardgesteine gesammelten Erfahrungen durchgehends bestätigen zu können. — In den Schliffen aus lentikular *geschiefertem Protogin* sind die Spuren dynamometamorpher Vorgänge noch deutlicher ausgeprägt, als in den normalen Protoginen. Die unregelmässig umgrenzten, verschobenen und verzogenen Felder des Orthoklas sind vorwiegend mikroperthitisch. Die fein lamellirten Plagiosklase haben sich stärker sericitisirt und zoisitisirt und die faserigen Produkte zeigen eine deutliche Tendenz zu paralleler und gewundener Lagerung. Glimmer ist mehr oder weniger stark in Epidot verwandelt, Quarz durchgehender und feiner zertrümmert.

Nachfolgend gebe ich noch die Resultate einer chemischen Analyse von massigem Protogin, die unter der verdankenswerten Mithilfe des Polytechnikers Herrn *E. Anderwert* im Laboratorium der thurgauischen Kantonsschule ausgeführt wurde. Leider verhinderte ein in letzter Stunde passirtes Missgeschick die Trennung der Alkalien. Zur Vergleichung setze ich daneben noch die Resultate einer meiner frühern Analysen des Fibbiagneisses¹ („Gotthardgranites“), sowie diejenige eines typischen Grimselgranites von der Stockstege, ausgeführt von *Dr. Rosicky*.²

	Protogin von Perdatsch	Fibbiagneiss (Gotthardgranit)	Grimselgranit v. d. Stockstege
Si O ₂	71,33	71,91	75,04
Al ₂ O ₃	16,03	16,65	10,14
Fe ₂ O ₃	0,98	0,23	2,24
Fe O	2,02	3,05	—
Ca O	2,28	1,68	1,72
Mg O	0,48	0,88	1,17
K ₂ O	7,90	2,73	5,50
Na ₂ O		4,07	4,08
H ₂ O (Glühverlust)	0,41	0,39	0,40
	101,43	101,59	100,29
Spezif. Gewicht	2,70	2,67	—

Die engere Uebereinstimmung der beiden Gesteine des Gotthardmassivs dürfte auch in dieser chemischen Zusammensetzung ihren entsprechenden Ausdruck finden. Druckschiefrige Protogine sind noch nicht analysirt.

2. Der Cristallinagranit.

Mit diesem Namen bezeichnete *Heim* (l. c.) ein Gestein, welches in besonders typischer Ausbildungsweise im Val Cristallina auftritt, das bei Perdatsch an der Lukmanierstrasse in südsüdöstlicher Richtung sich öffnet, mit einer Länge von 4,5 km. Protogin geht kaum 100 m in das Tal hinein. Zu hinterst desselben wird der Granit abgelöst von einem Quarzglimmerdiorit, der in östlicher Richtung dem Lauf des Ufirnbaches folgt. Der westlichste Punkt, an welchem das

¹ Mitteilungen IX, p. 216, Nr. VI.

² A. Baltzer, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 24. Lief., p. 20.

Granitgestein auftritt, liegt an der Lukmanierstrasse, 1,5 km unterhalb Santa Maria. Von dort an bleibt es für 3 km am rechten Ufer des Mittelrheins das herrschende Gestein (ausgenommen jene Strecke von zirka $\frac{1}{2}$ km, die sich von der neuen Brücke an über Alp Scheggia hinunterzieht, wo Protogin ansteht), und steigt vor S. Gall auch am linken Ufer noch etwas in die Höhe. Ueber den Mont Garviel und seine südliche Fortsetzung bis hinauf zum Piz Valatscha zieht sich die annähernd 4 km breite Gesteinszone hinüber auf das östliche Talgehänge von Cristallina, um dann, immer schmaler werdend, unter die Firn- und Gletschermasse des Piz Cristallina und Piz Medels unterzutauchen; *Heim* hat dasselbe weiter östlich zwischen dem Lavaz- und Valdrausgletscher nochmals konstatiert. — Die nördliche Begrenzung ist überall Protogin, welcher mit seiner schiefriegen Facies in mechanischem Kontakte durch Vermittlung einer schwachen Reibungsbreccie dem Cristallinagranit konkordant aufliegt. Dasselbe gilt im Bereiche des Val Medels auch für die westliche und südliche Umrandung. An der Nordabdachung von Val Ufirn folgt ihm der oben erwähnte Diorit; weiter nach Osten reihen sich nach *Heims* Angaben amphibolitische Gesteine oder Streifengneisse an. Indessen sind auch diesem Beobachter dort das östliche Untertauchen und die südliche Abgrenzung noch verborgen geblieben. Letztere wird in der Gipfelzone des Piz Ufirn, Piz Medel und Piz Gaglianera gesucht werden müssen. Ihr nachzugehen, wäre wohl eine etwas schwierige, aber sowohl petrographisch als geologisch höchst interessante und dankbare Aufgabe, die durchaus noch gelöst werden sollte.

Auch der Cristallinagranit selbst ist in mehr als einer Richtung ein sehr beachtenswertes, vielseitig lehrreiches Gestein; wenn ich nun im Nachfolgenden im Anschluss an die kürzern Angaben von *Heim* und *C. Schmidt*¹ noch einiges hinzufügen kann, bin ich mir doch sehr wohl bewusst, in der Kenntnis dieses so äusserst wechselvollen Gesteins für einstweilen noch manche Lücken offen zu lassen. Es ist in seinen typischen, massigen Varietäten sehr leicht erkennbar. Allein schon ein flüchtiger Besuch des Cristallinatales genügt, um eine *Menge Nüancen desselben zu sammeln, die man,*

¹ l. c. p. 222 und 224.

einzelnen für sich besehen, jede für eine besondere Felsart halten könnte, während ein zusammenhängendes, vergleichendes Betrachten unschwer belehrt, dass nur verschiedene mechanische Ausbildungsformen desselben Gesteinskörpers vorliegen, die, wie schon Heim es angedeutet hat, „dem allgemeinen Seitenschub zu verdanken sind, der die Centralalpen gefaltet hat.“ Im Streichen und Fallen ist es dem Protogin immer konkordant, der antiklinalen Lage entsprechend steil nord- oder südwärts fallend, angelagert, oft mit ausgezeichnet deutlicher Plattung.

Am Eingang des Tales, auch in Blöcken beidseitig der Strasse, liegt ein ausgesprochen massiges, weisses, mittelkörniges Gestein, an welchem der Reichtum an schwarzen Biotiten sofort in die Augen fällt. Wohlerhaltene sechsseitige Tafeln von bis 3 mm Durchmesser liegen in allen Richtungen im Gestein, oft hübsch zu Säulchen summirt oder zu grössern Putzen vereinigt. Quarz kann, besonders mit der Lupe, als grauer, rissiger Glasquarz erkannt werden. In ungefähr gleicher Menge erscheint der weisse, unregelmässig umrandete Feldspat. Grosse, gut umschriebene Kristalle, wie im Protogin, oder lebhaft aufblitzende Kristallflächen, bemerkt man nur selten. Er ist jedenfalls der am meisten der Veränderung unterworfenen Gemengteil. In den massigen Gesteinen, die näher der Mitte des Tales liegen, hat derselbe eine blaugraue Farbe angenommen und damit auch dem ganzen Gestein eine mehr hell bis dunkelgraue Färbung erteilt. Sowohl das weisse als das graue Gestein liegen nun noch in Abänderungen vor, die eine mehr oder weniger deutliche Schieferung zeigen, sodass gneiss- bis glimmerschieferartige Gesteine entstehen, die mit den zwei massigen Grundformen wiederholt wechsellagern. — Es ist aber schon mit der Lupe leicht zu verfolgen, wie solche schiefrige Nüancen successive entstehen. Man bemerkt, wie zuerst die sechsseitigen, säuligen Glimmeraggregate diese ihre Form einbüßen; die einzelnen Blättchen werden oval, treten mehr und mehr unter einander hervor und aus den ursprünglich isometrischen Säulchen und Putzen werden immer deutlicher in die Länge gezogene Linsen und dünne Striemen, die durch diesen Auswalzungsprozess in ihrem Verlaufe sich angeschmiegt haben an die ebenfalls ausgereckten, spröderen Feldspat- und besonders Quarzpartikel. So bilden sich all-

mällig jene prächtig lineargestreckten und deutlich geschiefertten Gesteinsformen aus, die im mittleren und hintern Teil des Crystallinates, sowie im obern Medels gefunden werden können, an denen nicht nur Quarz und Feldspat, sondern auch der Glimmer auf dem Querschnitte in körnigen und blättrigen, flachen Linsen erscheinen.

Für den angedeuteten Zusammenhang der massigen und schiefrigen Gesteinsvarietäten spricht noch eine weitere Erscheinung. Im weissen, besonders aber im grauen Gestein finden sich ziemlich oft graue, *biotitreiche Einschlüsse*, die in der Struktur mit ihrem Wirte völlig übereinstimmen. Im massigen Granit bleiben sie völlig massig; je deutlicher aber derselbe geschiefert wird, um so mehr erleidet auch der Einschluss eine Blätterung und lineare Streckung, die mit derjenigen des ganzen Gesteins einig geht. Wirt und Einschluss setzen stets scharf an einander ab. Die Einschlüsse bestehen aus dem gewöhnlichen braunen, rutilfreien bis rutilarmen Biotit des Gesteins, sowie unregelmässig umgrenzten Aggregaten von körnigem bis säuligem Zoisit und Epidot mit dazwischenliegendem, wahrscheinlich sekundärem Quarz. Dem übrigen Gesteine fremde Gemengteile lassen sich auch mikroskopisch darin nicht erkennen, so dass ich geneigt bin, diese Einschlüsse für primäre basische Ausscheidungen des Gesteinsmagmas zu halten.

Wo die pressenden und auswalzenden Kräfte mit noch höherer Intensität einsetzen, da wurde auch die Deformation des Gesteins entsprechend stärker. Man bemerkt sowohl von Auge als mit der Lupe, wie die plagioklastischen Feldspäte immer ausgesprochener sich blättern; ein sericitisch grüngrauer Perlmutterglanz und eine der Streckung parallel gerichtete, feine Schraffur stellt sich auf der Schieferungsfläche ein. Es lässt sich wahrnehmen, wie die Blätter durch Streckung und Auswalzung aneinander verschoben worden sind. Wir haben einen sericitischen Gneiss vor uns, der schliesslich in ein grünlichgraues bis weissliches sericitisch phyllitisches Gestein übergeht, wenn die mit der mechanischen Deformation verknüpfte Sericitisirung auch die Glimmerlinsen noch ergriffen hat. Derartig stärker geschieferte Zwischenlagen sind an den mittlern und hintern Talgehängen leicht zu konstatiren; sie entsprechen wohl den Zonen des maximalen Druckes. Im heutigen Relief erscheinen sie besonders in den Rüfzügen

und im Bette der Wildbäche, die rechts und links von den Bergen niedergehen, desgleichen hinten im Tale an den Zickzackwindungen des Ufirnpfades in der Nähe des Diorites.

Die Wahrnehmungen an Hand des Mikroskopes ergänzen das bisher Mitgeteilte in durchaus zutreffender Weise. In der *weissen, massigen Urform des Cristallinagranites* bemerkt man wohl in erster Linie die prächtig zonargebauten, breiter lamellirten *Plagioklase* an deren manigfacher Zwillingsbildung. Ihr Inneres ist wesentlich basischer (es konnte auf oP-Schnitten zu beiden Seiten der Zwillingsnaht $7-12^{\circ}$ schiefe Auslöschung gemessen werden) als der äussere, oft schmaler oder gar lamellirte Rand, mit wenig schiefer oder gerader Auslöschung. An den zonaren, vielfach angewitterten Schalenformen lässt sich die ursprüngliche breite Leistenform der Plagioklase meist noch erkennen. Das Innere ist gewöhnlich in der bekannten Weise erfüllt mit Körnern und Fasern von Epidot, Zoisit, Sericit, Sillimanit und Carbonat. *Orthoklase* und *Mikroclin* kommen weniger häufig und in durchaus unselbständiger Form und Entwicklung vor, bleiben aber frischer. Der *Biotit* mit dem herrschenden Pleochroismus (parallel der Basis braun, senkrecht dazu hellgelb) und einem kleinen Achsenwinkel ist bemerkenswert durch sein dicht gewobenes Sagenitgewebe von Rutil, das mit grosser Konstanz wiederkehrt. Seine Form ist sehr oft gut erhalten; mechanische und chemische Deformationen bleiben unbedeutend. Mehr untergeordnet tritt auch noch eine *Hornblende* auf, die nach a in gelber, nach b und c hingegen in grüner Farbe erscheint und 13° Auslöschungsschiefe zeigt. *Quarz* ist nicht auffallend zertrümmert, ziemlich rein und teilweise undulös auslöschend. Als *Accessoria* konnte ausser *Apatiten*, spärlichen *Zirkonen* und *Rutilen* auch ein *Allanit* beobachtet werden. Es liegt somit ein *hornblendehaltiger Biotitgranit* vor, der durch seinen stärkern *Plagioklasgehalt* zu den *Quarzglimmerdioriten* hinüberneigt.

Im *massigen Gestein grauer Farbe* lässt sich der zonare Bau und die Lamellirung der Plagioklase nicht mehr erkennen zufolge stärker durchgreifender Saussuritisirung. Sie bleiben oft von farblosen und prächtig klaren Rändern umhüllt, die ich bald für Albit, bald für Quarz halten möchte. In der Mehrzahl der Fälle wird dieser Rand in einzelne Stücke zerbrochen. *Orthoklase*, *Mikroclin* und *Glimmer* behalten die

oben erwähnten Eigenschaften; indessen tritt etwa Epidotisierung ein; Glimmer kann durch Wegfuhr von Eisen sich aufhellen, oder sich chloritisiren. Quarz ist etwas stärker in Trümmer zerdrückt.

Sobald nun *die Gesteine die druckschiefrige Gneissstruktur annehmen*, wird die Saussuritisirung der Plagioklase eine vollständige; parallel liegende Zoisit-, Epidot- und Sericitfasern winden sich immer deutlicher, oft stromartig um grössere Körner von Orthoklas oder Quarz herum, indessen der Glimmer im allgemeinen nur wenig verändert, meist nur mechanisch verbogen oder ausgefranst ist. Am Quarze hingegen zeigen sich die gewohnten Bilder mechanischer Zertrümmerung. Seine feine Mosaik drängt sich überall zwischen die verschobenen Stücke der Gemengteile, umrandet die unregelmässig geformten Orthoklase und begleitet die saussuritischen Fasern. Die noch restirenden, grössern Körner löschen wellig aus und sind von zahlreichen Rissen durchzogen.

Bei der *sericitisch gneissigen bis phyllitischen Facies* endlich bleiben selbständige Formen durchaus fern. Man erkennt die alten Glimmer noch an ihrem unveränderten Pleochroismus und an den eingelagerten Rutilen; allein sie bilden keine Blätter mehr, sondern nur noch mehr oder weniger in die Länge gezogene Streifen und Striemen, welche sich mit dem saussuritischen Flaserwerk, vermischt mit Körnern primären und sekundären Quarzes, an einzelnen Ruinen von Orthoklas und Mikroklin hinwinden oder streifige und trümmerige Quarzlinsen begleiten.

Wer sich die Mühe nimmt, solche Gesteinsserien aufmerksam vergleichend zu prüfen, für den dürfte es nach meiner Ueberzeugung ausser Zweifel liegen, dass wir es *hier nur mit verschieden weit vorgeschrittenen Stadien der dynamometamorphen Umwandlung eines hornblendehaltigen Biotitgranites zu tun haben*.

Selbstverständlich ist es von höchstem Interesse, die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Abarten des Cristallinagranites kennen zu lernen. Einstweilen habe ich zusammen mit Herrn *E. Anderwert* das massige blaue Gestein analysirt, allerdings bloss einmal. Zu einer chemischen Analyse der übrigen Varietäten fehlte mir leider bis heute die Zeit.

Cristallinagranit (graublau, massig)

aus dem Cristallinatal.

Si O ₂	. . . . .	66,97
Al ₂ O ₃	. . . . .	17,20
Fe ₂ O ₃	. . . . .	3,27
Fe O	. . . . .	1,26
Ca O	. . . . .	3,94
Mg O	. . . . .	2,08
K ₂ O	. . . . .	0,69 (?)
Na ₂ O	. . . . .	5,48
H ₂ O (Glühverlust)	. .	0,11
		101,00
Spezifisches Gewicht	. .	2,76

3. Der Diorit des Val Ufirn.¹

Im Hintergrunde des Cristallinatalles öffnet sich gegen Osten hin das Ufirntal² bis zur Höhe des Ufirnpasses in einer Länge von 4 km. In seiner untern Hälfte hat sich der Ufirnbach in eine schmale Zunge von massigem Diorit eingefressen, welcher am Nordabhänge des Tales etwas über 100 m über die Talsohle aufsteigt und dort eine dünne Plattung und Klüftung zeigt, sodass der Fels backsteinartig abgesondert ist; ebenso auf gleicher Höhe gegenüber am jenseitigen Ufer. An der Einmündung des Ufirnbaches in den von Val Casaccia herkommenden Bach tritt der Diorit, wie sich im Bachbette beobachten lässt, mit unzweifelhaftem Cristallinagranit in direkten Kontakt. Eine zwischengelagerte Breccie konnte ich nicht wahrnehmen; hingegen *zeigt der Diorit in einer schmalen Zone die Tendenz, eine konkordant steil stehende Druckschieferung anzunehmen*. Etwas höher am Nordgehänge stösst derselbe an eine helle, gneissig sericitische Facies des Cristallinagranites, deren Schichten nahezu senkrecht stehen; einige scheinen sogar den Diorit überwölben zu wollen. Bis wie weit sich dieser letztere südlich des Ufirntales erstreckt, konnte noch nicht ermittelt werden. Gesteinsproben, die ich auf dem Wege von der Ufirnbrücke über Alp las Tuors nach

¹ Heim l. c. p. 226 und 227; C. Schmidt l. c. p. 25.² Ufirn, ital. inferno, Hölle, Ort der Qual.

dem Lago Lagez gesammelt habe, und die in der Karte als südliche Gneisse und Gneissglimmerschiefer aufgefasst sind, zeigen nach Art und Association der Gemengteile so starke Anklänge an den Diorit einer- und an den amphibolitischen Schiefer von Lagez andererseits, dass der Gedanke an einen innern Zusammenhang unter einzelnen Gesteinen der „südlichen Gneisszone“ sich fast unwillkürlich aufdrängt. Durch genauere und engere Probenahme im Felde und vergleichendes Studium unter dem Mikroskope dürfte ein hier ziemlich naheliegender dynamometamorpher Zusammenhang sich unzweifelhaft aufklären und damit wahrscheinlich auch die Frage nach der jetzt noch rätselhaften Herkunft der amphibolitischen Gesteine aus der Gipfelzone des Piz Medel-Gallinario (Valdraus) sich beantworten lassen. Serpentinisirte Blöcke dieser Gesteine können im Gerölle des Cristallinatales gefunden werden. Weitere Mitteilungen hierüber bei anderer Gelegenheit!

Es gibt Proben eines glimmerreichen, weissen und massigen Cristallinagranites, die man bei flüchtiger Betrachtung sehr leicht mit den feldspatreicheren Nüancen des Ufirndiorites verwechseln kann. Sonst zeigt das Gestein gewöhnlich den üblichen Habitus eines mittelkörnigen Diorites, an welchem das Auge neben einzelnen glänzenden Glimmerflittern und matter, schwarzgrüner Hornblende schmalere Leisten des weissen Feldspat nur selten unterscheiden kann. Am typisch massigen Gestein halten sich die weissen und die gefärbten Gemengteile das Gleichgewicht. In den geschieferten Abarten aber herrscht die dunkle Farbe vor und besteht im Aussehen oft eine grosse Aehnlichkeit mit manchen Biotitgneissen und amphibolitischen Schiefen.

Das massige Gestein des Dioritstockes zeigt unter dem Mikroskope die entsprechende, richtungslos körnige Struktur. Vom Cristallinagranit her erkennt man als alten Bekannten sofort den *Biotit* wieder an dem üblichen Pleochroismus und den vielen als Sagenitgewebe eingewachsenen Rutilen; allein seine Blätter sind unregelmässig geformt, an den Rändern und auf der Fläche oft durch Corrosion angefressen. Abgesehen von untergeordneter Epidotisirung und Chloritisirung besteht namentlich gegenüber der *Hornblende*, besonders hinsichtlich der Menge, eine gewisse Reciprocität, sodass bald der eine, bald der andere Gemengteil überwiegt. Bei schwä-

cherem Auftreten zeigt die Hornblende nach a graugelbe, nach b graugrüne und nach c braungrüne Färbung, bei einer Auslöschungsschiefe von 17° . Wo sie aber in der Menge stark hervortritt, wird sie schwach pleochroitisch und erscheint in allen Schnitten mit einer lichtgrünen Farbe; Auslöschungsschiefe bloss 9° . In den Amphiboliten des Lagez kommt neben bisherigem spärlichem Glimmer *nur* diese Hornblende vor. Glimmer scheint in Hornblende überzugehen. Dabei wird neben Quarz titanhaltiges, schwarzes Eisenerz ausgeschieden, wie der Leukoxenrand verrät; auch Titanitkörner stellen sich ein. Der *Feldspat* ist stets ein stark saussuritisirter Plagioklas mit schmaler Leistenform, feiner Lamellirung und annähernd gerader Auslöschung, also wohl als Oligoklas anzusprechen; der frischere Rand könnte Orthoklas sein. Zwillinge nach dem Karlsbadergesetz sind nicht selten. In den Zwischenräumen zwischen den kreuz- und quergestellten Feldspatleisten hat als letztes Kristallisationsprodukt ein körniger, aber reiner *Quarz* sich niedergesetzt, während als älteste Ausscheidung kurzsäulige *Apatite* und spärliche *Magnetite* genannt werden können. Einzelne *karbonatische Körner* sind der Verwitterung des Plagioklases zu verdanken.

In den *schiefrigen Abarten* dieses *Quarzglimmerdiorites* verlieren die Feldspatleisten ihre deutlichen Umrise und nehmen ihre saussuritisch entwickelten Aggregate aus Nadeln und Körnern von Zoisit, Epidot und Sillimanit mehr oder weniger Linsenform und annähernd parallele Richtung an; die Hornblende wird graugrün und dünnfaserig; die Glimmerblättchen werden kleiner und immer seltener und der Quarz schiebt sich in der Form kleiner Körner keilförmig dazwischen. Dabei erhält das Gestein eine unglaubliche Zähigkeit.

Mit einigen andern Dioriten, die an der Nordperipherie des Gotthardmassivs bei Curaglia in einzelnen schmalen Zonen zu Tage treten, zeigen die vorliegenden Gesteine wenig Aehnlichkeit, ebensowenig mit denjenigen an der Russeibrücke bei Disentis am Südrand des Finsteraarhornmassivs.

Ueber die Ufirndiorite wären angesichts der oben angedeuteten genetischen Verhältnisse wiederum eine Reihe chemischer Gesteinsanalysen wünschenswert. Für das nordwärts der Ufirnbrücke anstehende massige Gestein fanden

Herr *E. Anderwert* und ich nachfolgende chemische Zusammensetzung:

Massiger Diorit des Val Ufirn.

Si O ₂	. . . . .	58,00
Al ₂ O ₃	. . . . .	18,87
Fe ₂ O ₃	. . . . .	4,81
Fe O	. . . . .	1,01
Ca O	. . . . .	7,92
Mg O	. . . . .	3,84
K ₂ O	. . . . .	2,40
Na ₂ O	. . . . .	3,50
H ₂ O (Glühverlust)	. . . . .	0,60
		100,95

Spezifisches Gewicht 2,96.

* * *

Wie aus den bisherigen Ausführungen ersichtlich, stehen Schichtung und Schieferung der behandelten Gesteine durchgehend sehr steil; ihre Streichungsrichtung fällt zusammen mit dem Streichen des Gotthardmassivs überhaupt. Die geologische Karte, sowie die *Heim'schen* Profile (l. c. Tafel I, 2—5) belehren uns, dass diese Region granitischer Felsarten im Streichen einer Antiklinale, in einer Zone stärkster Faltung liegt, in welcher dieselben mit einer Längserstreckung von 18 km und einer Breite von 6 bis 2 km zu Tage treten, einen schiefen Fächer bildend. Ihre Längsaxe verläuft parallel der Streichungsrichtung des Massivs; beidseitig ist sie von konkordant überlagernden jüngern Gesteinen begleitet.

Tatsachen, die für ein *aktives*, eruptives Hervorbrechen dieser Gesteine sprechen würden, sind keine getroffen worden; keines derselben wurde in Gangform wahrgenommen. *Euritgänge*¹, welche sowohl an der Peripherie gelegentlich ins Nebengestein überstrahlen, als auch an internen Kontakten auftreten, oder wie z. B. im Cristallinagranit parallel der Schieferung denselben durchsetzen, sind nicht durch *aktives*

¹ Grob- bis feinkörnige Gemenge von Orthoklas, Mikroklin, sericitisirten sauren Plagioklasen und Quarz mit dem Stempel einer in allen Stadien vorliegenden mechanischen Zertrümmerung, vermischt mit spärlichen Resten eines grünlichen Biotites und wenigen Aggregaten gelbgrüner Epidotkörner.

Hervordringen in ihre heutige, zum Teil sekundäre, Lage gelangt.

Die Beobachtungen drängen vielmehr zu dem Schlusse, dass alle diese *granitischen Gesteine* als *ursprüngliche Tiefengesteine erst später in ihre jetzige Stellung* gebracht worden sind, nicht durch Eruption, sondern, wie schon *Heim* es ausgesprochen, *durch die Gebirgsfaltung*. Die erlittene Schieferung, Quetschung und Streckung, verbunden mit, teilweise von blossem Auge, sichtlicher Zertrümmerung einzelner Gemengteile, sind Zeugen für die völlig *passive* Rolle, die sie selbst dabei gespielt haben.

Schreitet man von Norden nach Süden, resp. von aussen nach innen vor, so bemerkt man eine Zunahme in der Basizität dieser aufgefalteten Tiefengesteine. Der Diorit des Ufirtales repräsentirt die basische Mitte und bleibt zugleich tektonisch am meisten in der Tiefe. Körnige bis schiefrige Protogine und südliche Gneisse (in einzelnen Formen, z. B. im Streifengneiss, vielleicht Aequivalente des Protogins) bilden die saure Umrandung; Cristallinagranit im Norden und entsprechende graue Gneisse im Süden erfüllen die zwischenliegende Zone.

Der chemische Charakter der drei lokal so nahe liegenden Gesteine ist, wie der Gehalt an Kieselsäure, Eisen, Kalk und Magnesia beweist, so verschieden, dass sie trotz der grossen Uebereinstimmung in den Alkalien als *drei völlig getrennte Gesteinsformen* betrachtet werden müssen. Uebergänge oder Zwischenformen konnten auch am gegenseitigen Kontakte nirgends gefunden werden. Dem gegenüber bleibt es immerhin eine auffallende Tatsache, dass ein mit Rutil-Sagenitgewebe durchspickter brauner Biotit durchgehends getroffen wird, quantitativ am stärksten allerdings im Cristallinagranit.

Die chemischen Beziehungen dieser aufgefalteten Tiefengesteine lassen nach *Rosenbusch*¹ im Protogin das rein granitische Magma γ , im Cristallinagranit und Ufirndiorit hingegen eine saure und eine basische Form des gemischten granitdioritischen Magmas δ erkennen. Der Umstand, dass im Gerölle des Cristallinatales Stücke von serpentinisirtem Gabbro in ziemlicher Menge gefunden werden können, die wohl am

¹ Ueber die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine; *Tschermak's mineralogische und petrographische Mittheilungen*, XI. Bd. 144.

ehesten den „amphibolitischen Gesteinen“ des Piz Medel-Gallinario entspringen, würde dafür sprechen, dass in dieser antiklinalen Gesteinszone auch Repräsentanten des noch basischeren Gabbro-Magmas ψ zur Auffaltung gekommen sind.

Welcher Art aber die chemische und mineralische Zusammensetzung aller dieser Gesteine auch sein möge, so bleibt ihnen allen übereinstimmend aufgeprägt eine ganze, reiche Serie gröberer und feinerer struktureller Umbildungen und chemischer Umsetzungen, die entsprungen sind aus jenen Kräften, welche diese ursprünglichen Gesteine der Tiefe in ihre jetzige Stellung aufgefaltet haben, *der Stempel der Dynamometamorphose.*
