

Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine¹⁾.

Von
U. GRUBENMANN.

Drei bis vier Kilometer nördlich von Bellinzona öffnet sich vom Tale des Tessins aus in westlicher Richtung das kurze, steil ansteigende Alpenthal von Gorduno, dessen Bach sich in die Ostwest streichenden und steil Süd fallenden Schichten eines aplitisch stark injizierten Biotitgneisses von wechselnder Beschaffenheit tief eingeschnitten hat. Am Ausgange des Tales liegt das kleine Dorf Gorduno, von wo man auf rauhen und steilen Bergpfaden, an grösseren und kleineren Gruppen von Alphütten vorbei, der linken Talseite folgend in 3—4 Stunden nach der Alpe di Arrami (1440 m) aufsteigt. Dort ist man überrascht, das bisherige Grauweiss der injizierten Gneisse in auffallender Weise unterbrochen zu sehen durch den gelbbraunen Farbenton vieler Blöcke, die im Gelände westlich der Alphütten unregelmässig zerstreut liegen. Beim Anschlagen mit dem Hammer erkennt man in ihnen sofort einen gelbgrünen körnigen Olivinfels und ist erfreut, unter ihnen auch Stücke zu finden, die erbsen- bis haselnussgrosse Granaten von leuchtend rubinroter bis blutroter Farbe einschliessen. Felstrümmer dieser Art stürzen gelegentlich durch Lawinen und Rufenen ab in den Bergbach, der der Talschlucht entströmt, und führten als Gerölle zur Entdeckung dieses hübschen Vorkommens. Im Granat einen Edelstein vermutend, ging Herr Ernesto Mancini von Gorduno, Postbeamter in Bellinzona, im Jahre 1904 dem Bache nach aufwärts. Nach langem und infolge schwieriger Terrainverhältnisse mühsamem Steigen und Klettern stiess er im Hintergrunde des Tales auf eine grössere Felsmasse, die aus dem gesuchten Gestein bestand, und gelangte höher schliesslich zu den

¹⁾ Vergl. das Sitzungsprotokoll vom 10. Dezember 1906.

erwähnten Felsblöcken von Arrami. Er unterliess nicht, sich sofort das ausschliessliche Ausbeutungsrecht des Gesteinsvorkommens zu sichern, da die Sage ging, schon die Mailänder Herzöge aus dem Hause Sforza hätten aus der Talschaft von Gorduno kostbare Rubine bezogen¹⁾. — Im Frühjahr 1905 sandte Herr Bezirksförster Albisetti von Bellinzona einige schöne Belegstücke an das eidgenössische Polytechnikum, und im Herbst 1906 gelang es mir endlich, mit den Herren Albisetti und Mancini die obgenannte Lokalität kurz zu besuchen. Ein Jahr später verbrachte ich dort einige Tage, um das ganze Vorkommen genauer zu studieren, wobei wieder die Familie Mancini mich in meinen Bestrebungen in der entgegenkommendsten und wirksamsten Weise unterstützte, sodass ich gerne den Anlass benutze, sowohl ihr, als auch Herrn Albisetti, für ihre wertvollen Hülfeleistungen meinen aufrichtigsten Dank zu bezeugen.

Der östliche Kontakt zwischen den injizierten Gneissen und dem Olivinfels liegt unter der Rasenbedeckung der Alpe di Arrami verborgen; das erste anstehende Olivingestein trifft man etwa 150 m weiter westlich in ungefähr 1470 m Höhe, Ostwest streichend und eine steil gegen Süd fallende Bankung zeigend. Diese ersten Felsenriffe sind zuckerkörnig, von geringer Kornfestigkeit und zeigen eine deutlich erkennbare Schieferungstendenz, nebst schwachen Spuren von Serpentinisierung. In unmittelbarer Nähe finden sich Blöcke mit kelyphitisierten Granaten, deren Individuen, weil sie der Verwitterung besser widerstehen, als grüne warzenförmige Erhöhungen aus der rostigen Gesteinsoberfläche herausragen. Es lassen sich auch viele Stücke finden, in denen die Granathülle, statt aus den dunkelgrünen Strahlen des Kelyphits, aus feinen grünlichweissen Schuppen besteht. Nur im allerfrischesten Gestein legt sich das Grün des Olivins unmittelbar an das leuchtende Rot des Granats, einen prächtigen Farbenkontrast erzeugend. Verfolgt man den Viehweg, der gegen den im Westen liegenden Gipfel des Gaggio aufsteigt, so erreicht man nach etwa 1 km in 1520 m Höhe ein eklogitisches Gestein von mittlerem Korn und gelegentlich schlieriger Verteilung von Granat und Augit. Auch lose Blöcke von Granatamphibolit, neben seltenem gewöhnlichem Amphibolit, lassen sich dort finden. Auf den Eklogit folgt hier eine schmale Lage von Serpentin mit Chloritknollen, deren Blätterung mit dem Streichen und Fallen der anliegenden Gneisse in Kon-

¹⁾ Hier liegt wahrscheinlich eine Verwechslung mit dem tessinischen Campo lungo vor, wo bekanntlich s. Z. grössere Rubine gefunden und ausgebeutet wurden. Das mineralogische Museum des Polytechnikums besitzt eine Reihe prächtiger Exemplare von dort. Vergl. A. Kenngott, Minerale der Schweiz. — L. Lavizzari, Escursioni nel Cantone Ticino.

kordanz steht. Nordwärts höher aufsteigend kommt man bei 1560 m zum Kulminationspunkt des Granatolivinfelses, der dort deutlich Ostwest streicht und mit 60 Grad südlich einfällt. Seine Absonderung in etwa 1 cm dicke Blätter entspricht der in der Umgebung herrschenden Schieferung. Unmittelbar über ihm liegt Eklogit in einer Mächtigkeit von 25 m; bei 1585 m stellen sich wieder injizierte Gneisse ein, in konkordanter Lagerung. Weiter nördlich am Abhang folgen nun steile und tiefe Abstürze in ein grosses Blockmeer von Granatolivinfels, dessen untere Grenze bei zirka 1380 m liegt. In diesem drohend ausschauenden Felssturz lassen sich die frischesten Gesteinsproben schlagen. Der obere von den beiden Wegen, die von Arrami nordwestwärts nach Alpe d'Aspra hinüberführen, stösst nach Überquerung des Blockmeeres wiederum auf Serpentin, der sichtlich aus dem Olivinfels hervorgeht; daneben kann man auch Serpentin finden, welcher grüne, rundliche Schuppenkomplexe einschliesst, die wohl aus Granat hervorgegangen sind. Schliesslich folgt in konkordanter Anlagerung ein Biotitgneiss, welcher viele schokoladebraune Glimmerschuppen führt. Nordwärts blickend sieht man das rostige Olivingestein mehr und mehr sich ausspitzen und endlich gänzlich sich verlieren. Am Fussweg, der die Alpe d'Arrami mit der südlich liegenden Alpe di Crovechio verbindet, kann, bevor man an den Eklogit gelangt, auch unterhalb des Weges in den tieferen Partien eines dort niedergehenden steilen Grabens noch anstehender Granatolivinfels gefunden werden, gelegentlich mit nussgrossen Granaten. Das mag die Stelle sein, von wo seine Blöcke besonders leicht in den Bach des Gordunotales abstürzen.

Unter Benutzung aller sichtbaren Ausbisse und Kontaktstellen kommt man dazu, dem ganzen Vorkommen des Granatolivinfelses die intrusive Form eines Stockes oder einer Linse zuzuschreiben, deren Dicke in Ostwestrichtung zirka 800 m und deren Nordstüd verlaufende Längserstreckung vielleicht annähernd 1 km beträgt; auch dürfte man kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass es ringsum von aplitisch injiziertem Biotitgneiss umgeben ist. — Das ganze Vorkommnis gehört ohne Zweifel zur Zone der sogenannten Pietre verdi, welche westlich von Locarno in den gewöhnlichen Amphiboliten über Ascona ziemlich mächtig entwickelt sind, am Ausgange des Verzascatales zum Teil als gewöhnliche, zum Teil als Granat-amphibolite nochmals auftauchen und auch nördlich Bellinzona über Sementina am Monte Carasso sichtbar werden.

Neben den Hauptgesteinen, dem Granatolivinfels und dem gewöhnlichen Olivinfels, beteiligen sich am Aufbau des Vorkommens besonders noch der mehr randlich auftretende Eklogit. Als Um-

wandlungsprodukte dieser Gesteine müssen gelten die sie begleitenden Serpentine, Strahlsteine und Chloritschiefer, sowie ein Teil der spärlichen Amphibolite. Diese im Verhältnisse zu den Erstgenannten sekundären Gesteine bilden jedoch, mit Ausnahme eines Teiles des Serpentins, keine selbständigen Gesteinskomplexe, sondern sind jenen in verschiedenen geformten, meist unregelmässigen, kopfgrossen bis zu mehreren Kubikmetern umfassenden Massen eingeschaltet. Die Hauptgesteine und deren Umwandlungsprodukte sollen nun zunächst noch eingehender betrachtet werden.

1. Der Granatolivinfels.

Der Granatolivinfels bildet die Hauptmasse der kleinen Linse; seine Bankung streicht gleichsinnig mit der der umgebenden Gneisse Ostwest und fällt gegen Süden ein. Das frische Gestein ist massig; nur stellenweise wird eine undeutliche Schieferung parallel der Baukung wahrnehmbar. In einer mittelkörnigen scheinbaren Grundmasse, deren Farbe an Hand der internationalen Farbenskala von Radde als Blaugrüngrau i bestimmt wurde, liegen Pseudoeinsprenglinge von Granat, welche am häufigsten Erbsengrösse, zuweilen Haselnussgrösse besitzen; sogar faustgrosse Granaten wurden gefunden. Trotz einer einheitlichen Kelyphithülle derselben bleibt es aber zweifelhaft, ob hier nicht körnige Aggregate vorliegen. Die Farbe des Granats ist etwas wechselnd, meist blutrot, manchmal auch lichter rubinrot. Besonders die Knollen sind heller und weniger durchsichtig, was für ihre Aggregatnatur spricht. Die Menge des Granats wechselt fast von Schritt zu Schritt; er reichert sich zuweilen in Streifen so an, dass fast keine grüne Zwischenmasse mehr vorhanden ist; oft auch ist er wieder nur mehr spärlich eingestreut. Kristallformen wurden an ihm nicht beobachtet; er bildet nur runde Körner. — In der „Grundmasse“ wird schon makroskopisch neben dem Olivin noch ein Pyroxen wahrnehmbar, von derselben Farbe wie jener, aber durch aufblitzende Spaltflächen markiert. Im ganz unveränderten Gestein berühren sich Granat und Zwischenmasse unvermittelt; solches ist aber nur durch das Zertrümmern grosser Quader aus deren Kern hervorzuholen. Gegen die Oberfläche der Blöcke hin umkleiden sich die Granaten mit der erwähnten grünen Hülle, welche radialstrahlig gebaut ist und aus einem meist sehr feinfaserigen Mineral besteht. Bei ganz grossen Granaten, deren Hülle alsdann auch gröber entwickelt ist, wird es schon dem unbewaffneten Auge möglich, in der faserigen Umhüllung eine strahlsteinartige Hornblende zu erkennen. Parallel mit der Entwicklung

dieser Hülle geht ein Dunklerwerden der Olivinpyroxenzwischenmasse, was deren beginnender Serpentinisierung zuzuschreiben ist. Die Breite der Hülle ist abhängig von der Grösse des Granatkorns und vom Stadium ihrer Entwicklung. Die faustgrossen Granaten besitzen Hüllen von mehreren cm Breite, die kleinen entsprechend schmalere. Im Innern von Blöcken können sie fehlen und beginnen dann nach Aussen hin zunächst in mikroskopischer Kleinheit, gegen die Oberfläche zu allmählich die Granatsubstanz mehr und mehr verdrängend. Bei der vollständigen Zersetzung der Zwischenmasse zu einer bläulichen, lehmartigen Substanz bleiben die grünen Kugeln noch gut erhalten und lassen sich dutzendweise aus der losen Masse herauslesen. Zerschlägt man sie, so gewahrt man überall ihren radialstrahligen Bau und meist noch einen grösseren oder kleineren Granatkern in ihrer Mitte. Die grüne Hülle solcher Granaten innerhalb von Serpentin erhielt von dem Wiener Mineralogen Schrauf den Namen Kelyphit (*κέλυφος* Nusschale). Die Erscheinung ist aus einer ganzen Zahl granatführender Serpentine des sächsischen und böhmischen Erzgebirges, aus Niederösterreich und seinem Waldviertel, aus den Vogesen und von anderwärts zur Kenntnis gelangt und schon eingehend untersucht worden. Überall wird der Serpentin als ein Olivinserpentin beschrieben. Zwischen solchen Vorkommnissen und dem des Gordunotales besteht also zunächst nur der Unterschied, dass hier die Olivinmasse noch zum grössten Teil erhalten, dort aber vollständig der Serpentinisierung anheimgefallen ist.

Unter dem Mikroskop ist der Olivin farblos und ohne kristallographische Begrenzung. Er erscheint stark rissig und vielfach zu kleinen Trümmern zerdrückt, auch undulös auslöschend. Die beginnende Serpentinisierung äussert sich in den frischesten Stücken darin, dass entlang den Rissen beidseitig schwächer doppelbrechende Bänder entstehen; daneben zeigen sich aber auch schon überall deutlich faserige Stellen. — Pyroxen ist in wechselnder Menge vorhanden und kann zuweilen ebenso stark vertreten sein wie Olivin. Meist ist er gleichmässig dem Olivin zwischengestreut, manchmal wechseln die beiden Mineralien streifenweise. Auch der Pyroxen ist farblos und gewöhnlich ohne Umgrenzung durch Kristallflächen, aber nicht isometrisch entwickelt wie der Olivin, sondern eher kurzsäulig. Nur gelegentlich konnten (110), (100) und (010) beobachtet werden; die prismatische Spaltbarkeit ist meist gut wahrnehmbar. Die Doppelbrechung des Pyroxens ist im allgemeinen nur wenig schwächer als die des Olivins; die meisten Körner beider Komponenten lassen gar keinen Unterschied in der Polarisationsfarbe erkennen. Die Auslöschungsschiefe wurde auf einem Schnitte mit nahezu senk-

rechtem Austritt der optischen Normalen mit 40 Grad c:c gemessen; auf (001) tritt die positive, auf (100) die negative Bisectrix aus. Nach diesen Kennzeichen muss Diopsid oder gewöhnlicher Augit vorliegen. Die auf Seite 138 folgende Analyse des ganzen Gesteins spricht für ersteren, da der gefundene Tonerdegehalt ohnehin sehr gering ist und, wie aus der Seite 135 mitgeteilten Granatanalyse hervorgeht, hauptsächlich diesem Mineral zugeschrieben werden muss. Auch am Diopsid sind Anfänge von Serpentinisierung bemerkbar, ebenfalls von Rissen ausgehend, aber immer viel schwächer entwickelt als beim Olivin. Kleines Trümmerwerk von Diopsid ist selten, häufig dagegen undulöse Auslöschungen und Brüche. Die chemische Untersuchung der beiden grünen Gemengteile musste nach vielen resultatlosen Versuchen aufgegeben werden, da ihre Trennung durch schwere Flüssigkeiten sich als unmöglich herausstellte. — In etwas alterierten Stücken ist der Diopsid gerne von einer so lichtgrünen Hornblende begleitet, dass ihr Pleochroismus (c grünlich, b gelblich, a farblos) kaum wahrnehmbar wird. Sie zeigt auf (010) eine Auslöschungsschiefe c:c von 20 Grad und ist nach ihrer Doppelbrechung, welche der des Diopsids gleichkommt, als Strahlstein anzusprechen. Offenbar ist sie ein Umwandlungsprodukt der diopsidischen Komponente oder des Olivins, da sie an ganz frischen Stellen fehlt. Es ist diese Umwandlung ein Vorgang, welcher für beide Mineralien schon oft beobachtet wurde und, wie später gezeigt werden wird, auf der Alpe di Arrami in der Entstehung von Strahlsteinschiefern gipfelt. — Auch ein schwach doppelbrechendes, farbloses, blätteriges Mineral ist selbst in recht frischen Stücken des Granatolivinfelses spärlich eingestreut. Dasselbe löscht zu seinen Spaltrissen etwas schief aus (2—3 Grad), bildet häufig Zwillinge nach (001), hat optisch positiven Charakter, mit ganz kleinem Winkel der optischen Axen und zeigt die Polarisationsfarben des Quarzes. Nach diesen Merkmalen wurde es als Klinochlor bestimmt, der zweifellos ebenfalls als sekundäres Mineral anzusprechen ist. — Der Granat erscheint mikroskopisch farblos, besitzt oft ganz buchtige Formen und in seiner Umgrenzung niemals irgend eine Kristallfläche. Er ist wenig einschlussreich und führt als Gäste gewöhnlich nur Olivin und Diopsid, selten Magnetit und Rutil. Besonders in grösseren Granatknohlen sind erstere zwei etwa perlschnurartig in netzförmiger Verzweigung angeordnet; dadurch werden vielleicht die Grenzen einzelner Granatkörner bezeichnet.

Die Analyse eines makroskopisch tiefblutroten Granates, in meinem Laboratorium ausgeführt von E. Gutzwiller, ergab, nachdem vorher durch sorgfältige Auslese von reinen Körnern und durch

Kontrolle derselben mittelst einer stark vergrößernden Loupe einwandfreies Material gewonnen worden war, folgende Resultate:

		Wasserfrei auf 100 nm- gerechnet	Molekular- Propor- tionen	Aus der Formel berechnet	
Si O ₂	41,85	41,67	69,2	} 41,95	44 1/2 (Si O ₄) ₃ Al ₂ Mg ₃ } Pyrop
Ti O ₂	0,20	0,20	0,3		
Al ₂ O ₃	24,00	23,86	23,3	23,28	1 1/2 (Si O ₄) ₃ Cr ₂ Mg ₃ }
Cr ₂ O ₃ ¹⁾	1,09	1,08	0,7	0,76	14 (Si O ₄) ₃ Al ₂ Fe ₃ Almandin
Fe O	9,80	9,74	13,6	10,05	10 (Si O ₄) ₃ Al ₂ Ca ₃ Grossular
Ca O	5,41	5,38	9,6	5,58	} = 9 Pyrop : 3 Almandin : 2 Grossular
Mg O	18,23	18,07	45,2	18,38	
H ₂ O unter 110°	0,10	—	—	—	
Glühverlust	—	—	—	—	
	100,68	100,00	—	100,00	
Spez. Gewicht	3,70				

Aus diesen Resultaten lässt sich obige Formel berechnen, unter deren Anwendung sich die in der letzten Kolonne aufgeführten Werte ergeben. Der Granat ist demnach vorwiegend Pyrop, mit etwelcher isomorpher Beimischung von Almandin und Grossular.

Die den Granat umgebende Kelyphithülle erscheint unter dem Mikroskop zweigliederig. Sie zerfällt in eine innere radialstrahlige Faserzone und in eine äussere Körnerzone, welche von farblosen und grünen Körnern gebildet wird und sich sehr inkonstant zeigt, d. h. sie ist bei schmalen Hüllen gar nicht, bei breiteren oft nur stellenweise vorhanden. Beiden Zonen gemeinsam ist spärlicher Pyrit. Die innere radiale Hülle schneidet gegen den Granatkern mit ganz scharfer Grenze ab, während sie an jenen Stellen, wo die Körnerzone fehlt oder nur wenig entwickelt ist, baumförmig in die angrenzenden Olivin-Diopsidkörner hineinzuwachsen scheint, indem einzelne Strahlen sich vielfach verzweigen. Das einzige hier die innere Zone zusammensetzende Mineral ist eine stark doppelbrechende strahlsteinartige Hornblende, wie auch aus einer Seite 136 folgenden Analyse des Kelyphits hervorgeht. Bei Berechnung derselben ergibt sich, dass in ihr neben dem Strahlsteinmolekül das Tschermak'sche Molekül im Verhältnis von 14 : 9 vorhanden ist. Die äussere Zone besteht aus blaugrünen, stark lichtbrechenden, isotropen Körnern von Pikotit und aus kleinen, rundlichen Augiten von etwas schwächerer Doppelbrechung als die der Diopside in der umgebenden Zwischenmasse. Gewöhnlich geht dieser augitische Körnerkranz un-

¹⁾ Kolorimetrisch bestimmt nach W. F. Hillebrand, Analyses of silicate and carbonate Rocks. U. S. Geol. Survey, Bull. No. 305, p. 124.

scharf in das Olivin-Diopsidgewebe über; manchmal aber ist er gegen den Olivin scharf abgeschnitten. Besonders da, wo ein Olivinkorn von der wachsenden Kelyphithülle erreicht und umgeben wird, bildet sich um dasselbe ein perlschnurartiger Kranz von Augit. — Die chromführenden Spinelle der äussern Hülle sind niemals enge gereiht, sondern treten in unregelmässigen Häufchen und Striemen an den Berührungsstellen von Kelyphit und Zwischenmasse auf. Manchmal ist nur Augit, zuweilen nur Pikotit in der Körnerzone vorhanden.

Dass die Kelyphitrinde sich auf Kosten des Granates bildet, geht zweifellos daraus hervor, dass der Granatrest um so kleiner wird, je breiter sich die Hülle entwickelt, bis sie schliesslich den Granat völlig verdrängt. Das bäumchenartige Hineinwuchern des Kelyphits in den Olivin und Diopsid verrät aber, dass auch diese Komponenten Substanz zur Erzeugung der Hülle liefern werden, der Kelyphit somit durch gegenseitige Reaktion der drei genannten Mineralien auf einander zu stande kommt.

Zur Aufklärung dieses chemischen Prozesses wurde der Kelyphit eines grossen Granataggregates isoliert und der chemischen Analyse ¹⁾ unterworfen mit folgenden Resultaten:

		Wasserfrei auf 100 um- gerechnet	Molekular- Propor- tionen	
Si O ₂	38,28	38,77	64,3	Daraus berechnet sich für den Kelyphit die Zusammensetzung: 14 (Si O ₂) ₄ Ca (Mg, Fe) ₃ } strahlsteinartige 9 Si O ₆ Al ₂ (Ca, Mg, Fe) } Hornblende 14 (Al, Cr, Fe) ₂ O ₄ Mg } Pikotit
Ti O ₂	0,19	0,19	0,2	
Al ₂ O ₃	21,25	21,52	21,1	
Cr ₂ O ₃	0,39	0,40	0,3	
Fe ₂ O ₃	3,12	3,16	1,9	
Fe O	3,44	3,49	4,8	Dies entspricht ungefähr dem Verhält- nis von 79,25 % strahlsteinartige Horn- blende neben 20,75 % Pikotit, was mit dem mikroskopischen Bilde des Kely- phites ziemlich gut übereinstimmt.
Ca O	8,99	9,12	16,3	
Mg O	23,07	23,35	57,9	
H ₂ O unter 110°	0,13	—	—	
Glühverlust	1,42	—	—	
	100,28	100,00	—	
Spez. Gewicht	3,20			

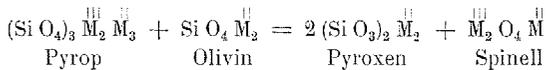
Bei seiner sorgfältigen und interessanten Untersuchung des Kelyphits aus dem Serpentin von Prabsch im südlichen Böhmerwald berechnete A. Schrauf²⁾ aus seiner Analyse die Gleichung:



¹⁾ Wo nichts weiter bemerkt ist, rührt die Analyse von Frl. Dr. L. Hezner, meiner Assistentin, her, der ich für die sorgfältige Ausführung zu Dank verpflichtet bin.

²⁾ A. Schrauf, Beiträge zur Kenntnis des Assoziationskreises der Magnesia-silikate. Groths Zeitschrift VI 1882.

Die Komponenten seines Kelyphits wurden von ihm, wohl wegen der ausserordentlichen Feinheit der Gemengteile, nicht festgestellt. — J. Mrha¹⁾ untersuchte den Mineralbestand der Kelyphite verschiedener Lokalitäten aus dem niederösterreichischen Waldviertel mikroskopisch und chemisch in eingehender Weise und kam als erster dazu, ebenfalls eine innere Faserzone und eine äussere Körnerzone festzustellen. Die beiden Zonen scheinen in den beschriebenen Vorkommnissen jeweilen aus denselben Mineralien gebildet zu werden und bestehen aus einem eisenarmen rhombischen und einem monoklinen Pyroxen, aus einer Hornblende und aus Pikotit, welcher sich meist in der Faserzone anreichert, der Körnerzone aber spärlicher eingestreut ist. Hornblende und Bronzit lösen in der Menge einander ab. Die Kelyphitvorkommnisse des niederösterreichischen Waldviertels unterscheiden sich also von dem des Gordunotales durch ihren Gehalt an rhombischen Pyroxenen, während die morphologischen Verhältnisse, sowie die Abgrenzung gegen den Granatkern und die Zwischenmasse nach der Beschreibung von Mrha ganz ähnliche sind. An der Hand seiner Beobachtungen und Analysen denkt er sich die Entstehung des Kelyphits nach folgender Gleichung:



Schrauf kam dazu, eine pyrogene Entstehung der Kelyphitrinde anzunehmen; er schloss aus der überall gleichen Dicke der Granathülle, dass der im Olivinmagma schwimmende feste Pyrop in Wechselwirkung mit Olivinmolekülen getreten sei, denn „nur eine Schmelzrinde kann die ausgezeichnete Eigenschaft besitzen, in allen Fällen auf einem Terrain alle Pyrope gleich dick einzuhüllen“. Im Gegensatz zu ihm gelangt Mrha zu der Ansicht, dass die Umwandlung im festen Gestein vor sich gehe.

Für den Kelyphit des Gordunotales ist eine pyrogene Entstehung schon dadurch ausgeschlossen, dass im frischen Gestein die Hülle um den Granat fehlt. Die Umwandlung der ursprünglichen Bestandminerale zu Kelyphit muss also im festen Gestein erfolgen. (Weiteres über die Kelyphitbildung siehe Seite 155.)

Als Nebengemengteile erscheinen im Granatolivinfels nur Pikotit und Magnetit, beide als Einschlüsse im Olivin und Diopsid; bei stärkeren Vergrösserungen erkennt man gelegentlich auch noch Rutil in Gestalt feinsten Nadelchen, welche allen Hauptgemengteilen eingelagert sind, in der Regel scharenweise und parallel angeordnet.

¹⁾ J. Mrha, Beiträge zur Kenntnis des Kelyphits. T. M. P. M. 1900.

Die Struktur des Granatolivinfelses ist von derjenigen eines gewöhnlichen Dunites kaum verschieden, indem ja auch bei diesem die Hauptkomponenten, besonders der Olivin, gewöhnlich keine kristallographische Umgrenzung besitzen.

Der Chemismus des Gesteins ergibt sich aus nachfolgender Analyse, die an einem Stück ausgeführt wurde, dessen Frische mittelst eines Dünnschliffes kontrolliert werden konnte. Sie zeigte folgende Resultate:

		Molekular- Prozente		Daraus liessen sich nach A. Osann ¹⁾ folgende Werte berechnen:	
Si O ₂	43,47	38,1		s = 38,2	
Ti O ₂	0,15	0,1		A = 0,0	
Al ₂ O ₃	2,97	1,8		C = 1,8	
Cr ₂ O ₃	0,43			F = 58,2	Typenformel d. Granatolivinfelses:
Fe ₂ O ₃	4,42	1,5		n = --	$s_{38} a_0 c_{0.5} f_{19.5}$
Fe O	4,48	3,3		m = 9,8	
Mn O	Sp.	--		k = 0,6	
Ca O	3,30	3,1		M = 1,3	
Mg O	39,44	52,1		T = 0,0	
H ₂ O unter 110°	--	--			
Glühverlust	1,87	--			
	100,53	100,0			
Spez. Gewicht	3,30				

Die chemische Zusammensetzung ist die eines typischen Peridotites und zeigt in ihrer Typenformel nächste Verwandtschaft mit dem Osann'schen Typus Dun Mountains ($s_{35} a_0 c_0 f_{20}$).

Nach der in der „Quantitative Classification of igneous Rocks“ von den Amerikanern Cross, Iddings, Pirsson und Washington 1903 vorgeschlagenen Methode verrechnen sich die Analysenresultate folgendermassen:

	Molekular- Proport.	Anorthit	Magnetit	Chromit	Ilmenit	Olivin	Hypersthen	Diopsid
Si O ₂	43,47	725	58	--	--	378	229	60
Ti O ₂	0,15	2	--	--	2	--	--	--
Al ₂ O ₃	2,97	29	--	--	--	--	--	--
Cr ₂ O ₃	0,43	3	--	3	--	--	--	--
Fe ₂ O ₃	4,42	28	--	28	--	--	--	--
Fe O	4,48	62	--	28	3	2	20	9
Ca O	3,30	59	29	--	--	--	--	30
Mg O	39,44	986	--	--	--	756	209	21
Glühverlust	1,87	--	--	--	--	--	--	--
	100,53	1694						

¹⁾ Osann, A., Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine, T. M. P. M. XIX. 1900.

²⁾ Grubenmann, U., Die kristallinen Schiefer. II. Teil, S. 13. Berlin 1907.

Norm:

Sal. 811	Anorthit	29 × 278	8,1			
	{	Magnetit	28 × 232	6,5	M = 7,5	
		Chromit	3 × 224	0,7		
		Ilmenit	2 × 152	0,3		
		Olivin	756 × 70	52,9		O = 52,9
Fem. 91,7	{	Hypersthen	20 × 132	2,6	H = 23,5	
			209 × 100	20,9		
			30 × 116	3,5		P = 30,3
		Diopsid	9 × 132	1,2		
		21 × 100	2,1			

Class: V	Order: 1	Sektion: 4
$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}} = \frac{8,1}{91,7} < \frac{1}{7}$	$\frac{\text{P} + \text{O}}{\text{M}} = \frac{83,2}{7,5} > \frac{7}{1}$	$\frac{\text{P}}{\text{O}} = \frac{30,3}{52,9} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$
Perfemane	Maorare	Gorduniare

Rang: 1	Subrang: 1
$\frac{\text{Ca O} + \text{Mg O} + \text{Fe O}}{\text{Na}_2 \text{O}} = \frac{1107}{0} > \frac{7}{1}$	$\frac{\text{Mg O}}{\text{Fe O}} = \frac{986}{62} > \frac{7}{1}$
Gordunase	Gordunose

Für die Sektion, den Rang und Subrang sind in der amerikanischen Classification die systematischen Kennzeichen und Orte genau vorgesehen, doch fehlen dazu die einschlägigen Benennungen, weil ein zuständiges Vorkommnis den genannten Verfassern noch nicht bekannt gewesen war. Die im Obigen dafür aufgenommenen Namen sind in der üblichen Weise gebildet worden aus dem Fundorte unter Anhängung der vorgeschriebenen Suffixe.

Die ursprüngliche Massengesteinsnatur des Granatolivinfelses aus dem Gordunotal ist sowohl nach der geologischen Lagerung, als auch nach den chemischen Verhältnissen des Gesteins keinem Zweifel unterworfen; dasselbe ist, wie später gezeigt werden wird, auch von einem kleinen Kontakthof umgeben. Dagegen ist es fraglich, ob im frischen Granatolivinfels ein unveränderter primärer Peridotit vorliegt, denn das Auftreten von Pyrop ist in einem solchen zum mindesten ungewöhnlich und ruft den Gedanken wach, das Vorkommnis möchte vielleicht eher als ein Gestein aus der tiefsten Zone der kristallinen Schiefer zu taxieren sein. — Für die Beantwortung einer solchen Frage bietet in den meisten Fällen die Gesteinsstruktur das beste Kriterium, indem bei Massengesteinen die kristallographische Entwicklung der Komponenten in der Regel bekanntlich eine solche ist, dass eine Ausscheidungsfolge festgestellt werden kann, während bei metamorphen Gesteinen eine gleichzeitige Bildung aller Gemengteile angenommen werden darf. Leider aber versagt hier dieses Kenn-

zeichen, weil auch in echten Peridotiten (z. B. Duniten), ebenso wie im vorliegenden Granatolivinfels, besonders beim Olivin die Ausbildung einer kristallographischen Umgrenzung mangelt. Bei magmatischen Gesteinen schliessen die jüngeren Ausscheidungsprodukte oft die älteren ein, bei kristallinen Schiefern können alle Komponenten einander einschliessen. Nun besitzt allerdings im Granatolivinfels der Granat Einschlüsse von Olivin oder Diopsid, während umgekehrt diese niemals den Granat beherbergen. Daraus dürfte aber zunächst nur hervorgehen, dass ein Teil jener beiden Mineralien bei der Granatbildung schon vorhanden war. Daneben mag nicht unerwähnt bleiben, dass Granat als eingeschlossenes Mineral in den meisten kristallinen Schiefern selten ist. Aus dem Gestein selbst lassen sich also nach dem Bisherigen zunächst keine sichern Kennzeichen gewinnen bezüglich der Frage, ob es primärer Natur sei oder schon einer Metamorphose unterlegen ist.

2. Der Olivinfels.

Kleinere Felsköpfe, welche westlich der Alphütten von Arrami aus dem Rasen hervorstechen, ebenso einzelne herumliegende Blöcke, bestehen aus ziemlich frischem, granatfreiem Olivinfels. Auch im Nordwesten der Alpen begegnet man auf dem dem Hange entlang führenden schmalen Wege kurz nach der Überquerung des grossen Absturzes ähnlichen Gesteinen, die dort aber dunkel und unfrisch sind und bald in schwarzen Serpentin übergehen. Welcher Art der Gesteinsverband des granatführenden und granatfreien Olivingesteins sich gestaltet, lässt sich wegen der Bedeckung mit Rasen oder Wald nicht sicher konstatieren. An der zweitgenannten Stelle scheint das Gestein allmählich granatärmer zu werden, in den erstbezeichneten Vorkommnissen dagegen sind granatreiche Felsköpfe den granatfreien ganz benachbart, so dass der Übergang wenigstens ein sehr rascher sein müsste.

Der Olivinfels ist ebenfalls beinahe massig, mit derselben undeutlichen Bankung und dem gleichen Streichen und Fallen, wie der Granatolivinfels; aber er ist heller als dieser (Blaugrüngrau o nach Radde's Farbenskala) und weniger fest gefügt. Schon ein leichter Hammerschlag macht ihn zu Sand zerfallen. Für das unbewaffnete Auge scheint er allein aus Olivin zu bestehen.

Unter dem Mikroskop erkennt man, dass diopsidischer Pyroxen wohl vorhanden ist, aber sehr zurücktritt und nur in kleinern Körnern zwischengestreut ist. Es wurde aber auch ein Stück gefunden, in welchem breite Streifen von Pyroxen mit schmälereu von Olivin, der

schon stark in Talk umgewandelt war, abwechselten. Dieser letztere Pyroxen erschien viel schwächer doppelbrechend, als der gewöhnliche diopsidische, und auch seine Auslöschungsschiefe geringer; 25 Grad c:c war der höchste Wert unter vielen Messungen. Spärliches Erz und einzelne Klinochlorschuppen vervollständigen den Mineralbestand des Olivinfelses. — Anfänge von Serpentinisierung machen sich von den Rissen des Olivins aus ganz in derselben Weise geltend, wie im granatführenden Gestein. Wie in letzterem, sind auch im reinen Olivinfels seltene kleinste Körnchen von dunkelölgrünem Pikotit und stäbchenförmiger Rutil in den Hauptkomponenten eingeschlossen; dazu treten noch reichlichere dunklere, zum Teil braunschimmernde Erzkörner, wohl Magnetit und Chromit. — Die beiden Olivingesteine unterscheiden sich somit nur durch das Fehlen des Granats und durch das Zurücktreten des Diopsids in der granatfreien Form; in ihrem optischen Verhalten sind die Komponenten beider ganz gleich.

Die Struktur des Olivinfelses stimmt vollkommen mit derjenigen eines Dunits überein; auch bei ihm ist stellenweise starke Katalase eingetreten. Die schwache Andeutung von Schieferung verschwindet unter dem Mikroskop.

Eine chemische Analyse des frischen Olivingesteins ergab folgende Resultate:

	Molekular-Prozente		Daraus berechnen sich nach Osann (l. c.) folgende Werte:	
Si O ₂	42,73	36,4	s = 36,5	Typenformel des Olivinfelses: $s_{36,5} a_0 c_0 f_{20}$
Ti O ₂	Sp.	—	A = 0,0	
Al ₂ O ₃	0,61	0,3	C = 0,5	
Cr ₂ O ₃	0,54	0,2	F = 62,5	
Fe ₂ O ₃	3,43	1,1	n = —	
Fe O	4,99	3,5	m = 9,97	
Mn O	—	—	k = 0,6	
Ca O	0,93	0,8	M = 0,3	
Mg O	45,21	57,7	T = 0,0	
H ₂ O unter 110°	0,09	—	} Aut. l. c.	
Glühverlust	1,75	—		
	100,28	100,0		
Spez. Gewicht	3,19			

Der chemische Charakter des Gesteins zeigt die vollkommenste Übereinstimmung mit dem des typischen Dunits. Seine Typenformel fällt auch, abgesehen von dem Plus im s, mit dem Osann'schen Typus Dun Mountains zusammen.

Die Berechnung und Klassifikation nach der amerikanischen Methode gestaltet sich folgendermassen:

		Molekular- Proport.	Anorthit	Magnetit	Chromit	Olivin	Hypersthen	Diopsid
Si O ₂	42,73	712	12	—	—	489	200	11
Ti O ₂	Sp.	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,61	6	6	—	—	—	—	—
Cr ₂ O ₃	0,54	4	—	—	4	—	—	—
Fe ₂ O ₃	3,43	21	—	6	—	—	—	—
Fe O	4,99	69	—	6	4	38	16	5
Ca O	0,93	17	6	—	—	—	—	11
Mg O	45,21	1130	—	—	—	940	184	6
H ₂ O unter 110°	0,09	—	—	—	—	—	—	—
Glühverlust	1,75	—	—	—	—	—	—	—
	100,28	—						

Norm:

Sal.	Anorthit	6 × 278	1,67	} M = 2,3
	Magnetit	6 × 232	1,39	
	Chromit	4 × 224	0,90	
Fem.	Olivin	{ 940 × 70	65,80	} O = 69,7
		{ 38 × 102	3,88	
	Hypersthen	{ 184 × 100	18,40	} P = 23,1
		{ 16 × 132	2,11	
	Diopsid	{ 11 × 116	1,28	
	{ 6 × 100	0,60		
	{ 5 × 132	0,66		

Class: V	Order: 1	Sektion: 4
$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}} = \frac{1,7}{95,1} < \frac{1}{7}$	$\frac{\text{P} + \text{O}}{\text{M}} = \frac{92,8}{2,3} > \frac{7}{1}$	$\frac{\text{P}}{\text{O}} = \frac{23,1}{69,7} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$
Perfemane	Maorare	Gorduniare

Rang: 1	Subrang: 1
$\frac{\text{Ca O} + \text{Mg O} + \text{Fe O}}{\text{Na}_2 \text{O}} = \frac{1216}{0} > \frac{7}{1}$	$\frac{\text{Mg O}}{\text{Fe O}} = \frac{1130}{69} > \frac{7}{1}$
Gordumase	Gordunose

Vergleicht man den chemischen Bestand der beiden olivinführenden Gesteine miteinander, so mag zunächst nochmals darauf hingewiesen werden, dass sie beide einen ausgesprochen peridotitischen Chemismus besitzen und darin einander so ähnlich sind, dass sie nach der amerikanischen Klassifikation sich vollständig decken, in den Osann'schen Werten nur sehr kleine Abweichung zeigen. Vom Granatolivinfels unterscheidet sich das reine Olivingestein, wie zu erwarten war, wesentlich nur durch einen etwas geringeren Kalk- und Tonerdegehalt und man wird darum kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass in ihnen bloss schlierige Abänderungen eines und desselben peridotitischen Magmas vorliegen.

3. Strahlsteinschiefer, Chloritschiefer und Talkschiefer.

Diese Schiefergesteine treten, wie bereits früher bemerkt, nicht als selbständige Gesteinskörper auf, sondern sind in faustgrossen Knollen, bis zu mehreren Kubikmetern haltenden Massen, streifen- und schlierenweise mit den beiden Olivingesteinen verknüpft, teils mit scharfer Grenze gegen dieselben absetzend, teils durch allmähliche Übergänge mit ihnen verbunden. Auch als Kluftausfüllung kommt der Strahlstein- und Chloritschiefer, besonders ersterer, vor, der überdies in Bändern auftritt, die wie schmale Gänge aussehen. Das Hervorgehen aller dieser Gesteine aus den Olivinfelsen lässt sich schon makroskopisch gut beobachten.

a) Die Strahlsteinschiefer.

Oben wurde gezeigt, dass die Kelyphitisierung des Granats hauptsächlich in einer Umwandlung in Strahlstein besteht und ferner darauf hingewiesen, dass der Granat in den Granatolivinfelsen öfter streifen- und fleckweise so stark sich angereichert, dass nur mehr ganz wenig Olivinzwischenmasse bleibt. Ist die Aktinolithisierung solcher Granatstreifen vollendet, was sich mit einem Größerwerden des Strahlsteinkornes verknüpft, so ist an Stelle des granatreichen Olivinschiefers ein Strahlsteinschiefer getreten. Die Olivinzwischenmasse ist gleichzeitig entweder in Serpentin übergegangen, oder es hat sich aus ihr ebenfalls Strahlstein gebildet, der dann etwas heller ist, als der aus Granat entstandene. So kann auch der granatfreie Olivinfels in Strahlsteinschiefer übergehen. Die wechselnde Farbe des Strahlsteins von hellgrün nach dunkelbraungrün ist also wohl hauptsächlich dieser verschiedenen Herkunft zuzuschreiben.

Makroskopisch ist in den einzelnen Streifen und Knollen meist nur Aktinolith zu erkennen; die Schieferung, gewöhnlich recht un- deutlich, fehlt oft ganz. — Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass der Strahlstein in der Regel nur von Rutil, wenig Magnetit und Quarz begleitet ist; ausnahmsweise treten noch Talk, Chlorit und Serpentin, auch Olivinrelikte hinzu. Im ersteren Falle ist er kristallographisch schlecht entwickelt, von körnigem oder kurzstengeligem Habitus; sobald er aber in Talk oder Chlorit eingebettet liegt, sind dagegen Prismenflächen und ein schmales seitliches Pianakoid fast immer vorhanden. Die Doppelbrechung des Aktinoliths ist sehr hoch und übersteigt die des Olivins. Sein Auslöschungswinkel auf (010) beträgt 21 Grad c:c. Zerbrochene Individuen und solche mit wandernden Schatten sind regelmässig vorhanden.

Für den dunklen, aus Granat hervorgegangenen Strahlstein kann die aus der Kelyphitanalyse berechnete Hornblende als chemisches

Beispiel dienen. Daneben wurde ein etwas hellerer Strahlsteinschiefer analysiert mit nachfolgenden Ergebnissen:

		Molekular- Prozente			
Si O ₂	54,06	49,9	Daraus berechnen sich folgende systematische		
Ti O ₂	0,69	0,5	Gruppenwerte:		
Al ₂ O ₃	1,22	0,6	S = 50,4		
Cr ₂ O ₃	0,18	0,1	A = 0,0		
Fe ₂ O ₃	2,19	3,5	C = 0,7		
Fe O	2,65		F = 48,2		
Ca O	12,81	12,5	M = 11,8		
Mg O	23,83	32,9	T = 0,0		
H ₂ O unter 110°	—	—	K = 1,0		
Glühverlust	2,83	—			
	100,46	100,0			
Spez. Gewicht	3,01				

Aus der Analyse geht, wie aus dem mikroskopischen Befund hervor, dass in der hellen Schiefervarietät fast reiner Strahlstein vorliegt. Es lässt sich berechnen, dass auf 11 Strahlsteinmoleküle 1 Tschermak'sches Molekül kommt und dass im Gestein 94,46 % Strahlstein (wovon 4,20 % Tschermak'sches Molekül), 3,35 % Quarz, 1,44 % Magnetit und 0,75 % Rutil enthalten sind. — Systematisch gehört der Strahlsteinschiefer unter die Magnesiasilikatgesteine (5. Gruppe der kristallinen Schiefer). In seinen Gruppenwerten zeigt er eine starke Annäherung an die charakteristischen Mittelwerte dieser Gruppe¹⁾; sein Projektionspunkt fällt genau in den f-Pol des Osann'schen Dreiecks, also auf den theoretischen Punkt für typische Peridotite und deren Derivate.

b) Die Chloritschiefer.

Durch zunehmenden Chloritgehalt geht der Strahlsteinschiefer in Chloritschiefer über; auch die Entstehung des letzteren aus den Olivin-gesteinen ist schon makroskopisch zu beobachten. Betrachtet man die aus der verrosteten roten Oberfläche des Granatolivinfelses hervorragenden kelyphitisierten Granaten, so sieht man an vielen Stellen, dass sich an der Oberfläche der grünen Hülle feine, fast silberweisse, glimmerähnliche Schüppchen bilden. Weiter gewahrt man, dass diese Schüppchen den Kelyphit mehr und mehr ersetzen und dabei zugleich an Grösse zunehmen, bis zuletzt an die Stelle des kelyphitisierten Granats ein Knöllchen jener blättrigen Substanz getreten ist. Dabei ordnen sich die Blättchen ziemlich parallel an und die runde Gestalt

¹⁾ l. c. II. Teil, Seite 102.

des Aggregates geht oft in eine eiförmige, ja langgestreckte über, deren Längsrichtung mit der Lage der Schieferungsebene des ganzen Gesteinskomplexes übereinstimmt. Die Olivin-Diopsid-Zwischenmasse kann sich bei diesem Prozesse gleichzeitig entweder serpentinisieren oder sie geht ebenfalls in die blätterige Substanz über, so dass die ursprünglichen Granaten im Verlaufe des Prozesses sich immer weniger von der Zwischenmasse abheben und schliesslich an Stelle des zusammengesetzten Gesteins ein einfaches tritt, das in Knollen und Streifen abgesondert ist.

Die Farbe des blättrigen Minerals ist wechselnd von farblos bis dunkelblaugrün, wobei Schuppen verschiedener Farbenintensität in dem selben Handstücke vorkommen können; selbst in einzelnen Blättchen machen sich Variationen in der Farbe bemerkbar. Die Härte der Blättchen ist 1—2, da sie sich mit dem Fingernagel leicht ritzen lassen; es kann daher nur Chlorit oder Talk vorliegen.

Unter dem Mikroskop erkennt man sofort den Chlorit: die Polarisationsfarben sind annähernd diejenigen des Quarzes, die Doppelbrechung ist somit schwach, und die auf (001) austretende Halbbirende des kleinen Axenwinkels = ϵ , der optische Charakter also +. Eine ganz kleine Auslöschungsschiefe gegenüber den Tracen der Spaltbarkeit parallel (001), sowie die häufige Zwillingbildung nach derselben Fläche sprechen für Klinochlor. Sein Farbenwechsel verschwindet fast vollkommen unter dem Mikroskop; höchstens ein ganz leichter Stich ins Graugrüne ist vorhanden, ohne wahrnehmbaren Pleochroismus. — Der Klinochlor der Chloritschiefer ist nicht verschieden von jenem, welcher accessorisch in den Olivingesteinen gefunden wurde; doch ist in den ersteren die Anordnung der Blätter deutlich parallel und Verbiegungen kommen in ihnen häufig vor. — Ausser Klinochlor sind im Chloritschiefer noch Magnetit und Titanomagnetit vorhanden; der letztere charakterisiert sich durch seine nelkenbraune Farbe. Beide Erze fallen auf durch ihre schöne Ausbildung als kleinste Oktaederchen, die sich zu Häufchen scharen.

Die chemische Natur des Chloritschiefers wurde durch zwei Analysen festzustellen versucht. Zunächst wurden mittelst sorgfältiger mechanischer Analyse die farblosen muskovitähnlichen Blättchen abgetrennt und chemisch analysiert (Analyse I) und ausserdem wurde ein Klinochlorschiefer, bei welchem die dunkelgrüne Farbe stark dominierte, als Ganzes der chemischen Analyse unterworfen (Analyse II).

Analyse I.

Ausgeführt von Herrn G. Hradil.

	Auf 100 nm-gerechnet	Molekular- Proportionen	Aus der Formel berechnet	Aus den Resultaten berechnet sich:
Si O ₂	31,02	31,28	52,2	30,83
Ti O ₂	Sp.	—	—	—
Al ₂ O ₃	18,93	19,10	18,8	19,05
Cr ₂ O ₃	Sp.	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0,97	0,98	0,6	1,40
Fe O	1,63	1,65	2,3	2,01
Ca O	0,12	0,10	—	
Mg O	33,78	34,07	85,3	33,97
H ₂ O unter 110°	0,63	—	—	—
Glühverlust	12,70	12,82	71,2	12,74
	99,78	100,00	—	100,00
Spez. Gewicht	2,51			

20 Si O₃ (Al, Fe)₂ (Mg, Fe) H₄
 = 20 Amesitsilikat
 16 Si₂ O₉ Mg₃ H₄
 = 16 Serpentsilikat
 oder abgekürzt:
 = 5 Amesit : 4 Serpentin
 (Klinochlor)
 woraus die Werte der letzten Kolonne sich ergeben, welche mit den gefundenen eine ziemlich gute Übereinstimmung zeigen.

Analyse II. Klinochlorschiefer.

	Molekular- prozent	Daraus berechnen sich folgende systematische Gruppenwerte:	Projektionswerte nach Osann
Si O ₂	31,70	32,3	S = 32,3
Ti O ₂	Sp.	—	A = 0,0
Al ₂ O ₃	15,85	9,5	C = 0,6
Cr ₂ O ₃	1,35	0,6	F = 57,0
Fe ₂ O ₃	2,20	4,6	M = 0,0
Fe O	3,67		T = 9,5
Ca O	0,43	0,6	K = 0,5
Mg O	34,11	52,4	
H ₂ O unter 110°	—	—	
Glühverlust	11,36	—	
	100,67	100,0	
Spez. Gewicht	2,73		

a = 0
 c = 0
 f = 20

Auch dieser Schiefer fällt naturgemäss in die 5. Gruppe der „Kristallinen Schiefer“ und sein Projektionspunkt deckt sich wieder genau mit dem f-Pol des Osann'schen Dreiecks. Abweichend von allen früheren Gesteinen ist der hohe Tonerdegehalt, was im Verein mit der relativ grossen Prozentzahl für Cr₂ O₃ darauf hinweist, dass bei der Bildung dieses Schiefers eine starke Stoffzufuhr von Seite des Granats stattgefunden hat.

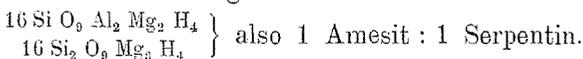
Der Klinochlorschiefer besteht aus:

89,30 % Klinochlor

4,85 % Magnetit

5,85 % Olivin (Relikt).

Für den Klinochlor ergibt sich die Formel:



Er unterscheidet sich somit von dem helleren, wie die Formeln zeigen, durch eine etwas stärkere Beteiligung des Serpentinmoleküls. Sein grüner Farbenton erklärt sich wohl aus dem vermehrten Chrom- und Eisengehalt.

c) Der Talkschiefer.

Von den hydrosilikatischen Umwandlungsprodukten der Olivin-gesteine scheint der Talk auf der Alpe di Arrami das seltenste zu sein. Makroskopisch ist er vom hellen Klinochlor nicht zu unterscheiden; unter dem Mikroskop dagegen wird er sofort erkannt an seiner höheren, negativen Doppelbrechung, sowie an dem veränderten Axenbild auf (001), mit c in der Richtung der optischen Axenebene. Stücke, die wesentlich aus Talk bestehen, wurden nicht gefunden; nur in dem schon Seite 12 und 13 angeführten Pyroxengestein tritt er in schmalen Streifen auf und scheint an die Stelle von Olivin getreten zu sein. Er ist dort sehr feinschuppig und von einem Netz von Magnetitkörnchen so durchzogen, dass ein bienenwabernartiges Bild hervorgebracht wird. Diese Erzausscheidungen markieren sichtlich die Korngrenzen des ursprünglichen Olivins. Inmitten einzelner solcher Talkfelder liegt etwa noch ein Pyroxenrest, der der Umwandlung länger widerstanden hat, als der Olivin. Es zeigt sich dadurch, dass Pyroxen und Olivin auch hier wieder derselben Umwandlung unterlagen.

Strahlstein, Klinochlor und Talk bilden auch sehr oft Mischgesteine, und zwar so, dass die einzelnen Komponenten flecken- und streifenweise in demselben Handstücke und Schiffe wechseln. Dass in einem grossen Klinochlorknollen z. B. kleinere Nester von Strahlstein liegen, ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung; ebenso sind in solchen gemischten Stücken sehr vielfach noch Relikte von Augiten, weniger von Olivin vorhanden, während Granatüberbleibsel niemals gefunden wurden. Serpentin tritt oft sehr reichlich ein.

4. Der Serpentin.

Von allen Umwandlungsprodukten der Olivingesteine bildet nur der Serpentin auf Alpe di Arrami eine grössere zusammenhängende Felsmasse, die man quert auf dem Wege am Nordhang, kurz vor dem Kontakt mit dem aplitisch injizierten Biotitgneiss, an den sie heranreicht. Kleinere serpentinisierte Massen werden noch an vielen Stellen innerhalb des Granatolivinfelses angetroffen, ja es lässt sich sagen, dass die Hauptmasse der vorkommenden Olivin-gesteine schon Übergangsgesteine zu Serpentin darstellt, unter welchen alle möglichen Stadien des Serpentinisierungsprozesses angetroffen werden können. Selbst im frischesten Gestein finden sich schon

Spuren davon und umgekehrt führen auch die fortgeschrittensten Umwandlungsstadien noch Reste von Olivin und mehr noch von Pyroxen. — Der Serpentin ist ein fast schwarzes, dichtes bis feinkörniges, splitterig brechendes, massiges Gestein, das zunächst an einen Melaphyr oder Basalt erinnert. Eine eigentümliche Abänderung kommt dadurch zustande, dass in der dunklen Gesteinsmasse rundliche Knöllchen, oder aber linsen- und streifenförmige, parallel angeordnete Partien von hellerem Klinochlor liegen. Es sind dies die früheren Granaten, welche in Klinochlor umgewandelt und zugleich z. T. deformiert wurden, während die Pyroxen-Olivin-Zwischenmasse der Serpentinisierung anheimfiel.

Unter dem Mikroskop sind folgende Komponenten wahrnehmbar: Serpentin und Magnetit als Hauptgemengteile, Klinochlor, etwa auch Strahlstein und Talk als Accessoria, Olivin und Pyroxen als Relikte. — Der Serpentin ist kurzfasrig entwickelt und zeigt die typischen niedrigen, blaugrauen Interferenzfarben. In den reliktreicheren Stücken entsteht eine ausgezeichnete Maschenstruktur, indem zellig angeordnete Schnüre von Magnetitfetzchen die Korngrenzen der Ursprungskomponenten und deren Risse bezeichnen, auf denen alsdann in üblicher Weise die Serpentinfasern senkrecht stehen. Durch diese Anordnung wird zweifellos der makroskopisch etwas körnige Habitus des Gesteins erzeugt. Mit dem Verschwinden der Relikte verliert sich auch die ausgesprochene Maschenstruktur mehr und mehr; denn es tritt an Stelle der orientierten Serpentinfasern ein ungeordnetes Gewirr von Fasern und Blättchen, wobei auch die netzartige Anordnung der Magnetitkörnchen Einbusse erleidet. — Die mehr accessorischen Neubildungen von Klinochlor, Strahlstein und Talk unterscheiden sich in ihrer Art nicht von den im vorigen Kapitel beschriebenen Komponenten. Sie fehlen oft ganz und sind, wo sie eintreten, ebenfalls meist in Knollen und Fetzen angehäuft. An nur sehr untergeordneten Stellen macht sich bereits auch Magnesitbildung bemerkbar, indem dieses Carbonat etwa Rissen und Maschen des Serpentinnetzes erfüllt.

5. Der Eklogit.

Über das geologische Auftreten dieses Gesteins wurde im einleitenden Kapitel das Nötige mitgeteilt und dargetan, dass es für das ganze stockförmige Auftreten der Olivingesteine als randliche Bildung erscheint und seinerseits vom aplitisch injizierten Gneiss überdacht wird. Seine Blöcke ziehen sich, grosse Schuttstreifen bildend, den Berghang hinunter. — Der Eklogit ist ein mittelkörniges, massiges

Gestein, das makroskopisch einen lichtbläulichroten Granat und einen blassgraugrünen Pyroxen erkennen lässt. In der Regel herrscht der Granat vor; oft auch reichert er sich stellenweise so an, dass der Augit nur mehr interstitiell auftritt.

Unter dem Mikroskop erkennt man neben den beiden Hauptkomponenten noch Hornblende, Zoisit, Quarz, Rutil, Zirkon, Apatit, Magnetit und Pyrit. Der Granat erscheint farblos und ohne Kristallform; gewöhnlich hat er die Gestalt ovaler Knollen, öfter ist er ausgebuchtet. Im Gegensatz zum Granat der meisten andern Eklogite zeigt er wenig Einschlüsse. Ausser Rutil in Säulchen und Körnern beherbergt er nur Pyroxen, wieder in Rissen. — Der Pyroxen, ebenfalls farblos, hat hier eine Auslöschungsschiefe von 45 Grad ($c:c$), und scheint demnach mehr zum gewöhnlichen Augit zu gehören. Seine Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ beträgt 0,028. Auch hier ist er stellenweise von denselben parallelliegenden, stäbchenförmigen Interpositionsscharen von Rutil erfüllt, wie sie im Granatolivinfels beschrieben wurden. An seinen Rändern ist überall die an fast allen Eklogiten bekannt gewordene, feinste Ausfransung bemerkbar, welche nach den Untersuchungen von S. Franchi¹⁾ und L. Hezner²⁾ eine randliche Umwandlung des Pyroxens in Hornblende und einen Plagioklas bedeutet, in kryptodiablastischer Verwachsung. Im Eklogit des Gordunotales steht dieser Prozess noch in den Anfangsstadien und die Fasern sind darum noch so ausserordentlich fein und dicht geschart, dass nur an wenigen Stellen deren einer, stärker lichtbrechender Bestandteil, als Hornblende erkannt werden kann, während die andere, schwächer lichtbrechende Komponente selbst mit den stärksten Vergrößerungen nicht fassbar wird. Es ist jedoch bei der vollkommenen Analogie der Erscheinung mit der „Feldspaturalitisierung“ nicht zweifelhaft, dass auch hier ein Plagioklas vorhanden ist. Die zu seiner Bildung nötigen Alkalien müssen ursprünglich als Jadeitmolekül dem Pyroxen beigemischt sein, denn unter allen Komponenten des frischen Eklogits kann der in seiner Analyse (siehe später) auftretende Alkali-gehalt nur diesem Gemengteil zugeschrieben werden. — Neben der faserigen Hornblende tritt im Eklogit auch eine bräunlichgrüne, körnige auf, allerdings nur in ganz kleinen Partikeln und so mit den Fasern verbunden, dass dieselben in sie hineinzuwachsen scheinen. Auch diese körnige Hornblende dürfte demnach aus dem Augit hervorgegangen sein, ganz wie in den Eklogiten des Oetztals; der Pleo-

¹⁾ S. Franchi, Über Feldspaturalitisierung der Natron-Tonerde-Pyroxene. N. J. f. Min. Geol. etc. 1902 II. S. 112.

²⁾ L. Hezner, Ein Beitrag zur Kenntnis der Eklogite und Amphibolite. T. M. P. M. Bd. XXII 1903. S. 437.

chromismus ist deutlich bräunlichgrün nach c, gelblichgrün nach b, gelblich nach a; die Absorption $a > b > c$, die Auslöschungsschiefe auf (010) von c : c ca. 22° , die Doppelbrechung $(\gamma - \alpha) = 0,026$ (?). — Zoisit ist nur in einigen ganz vereinzelt Stengelchen gefunden worden. Der Quarz erscheint als seltener Einschluss oder auch in Nestern, letztere wohl sekundär infiltriert. Sehr reichlich ist Rutil vorhanden, öfter in der charakteristischen Zwillingsform; er tritt auch als Einschluss im Apatit auf.

Die Struktur des vorliegenden Eklogits ist die typische granoblastische der meisten Eklogite; ebenso normal ist seine chemische Zusammensetzung, welche durch die folgende Analyse erläutert wird:

		Molekular- prozente		
Si O ₂	45,41	48,2	Daraus berechnen sich die systematischen Gruppenwerte (l. c.):	
Ti O ₂	1,76	1,4		
Al ₂ O ₃	14,26	9,5	S = 49,6	
Cr ₂ O ₃	—	—		
Fe ₂ O ₃	4,14	1,7	A = 3,5	Projektionswerte nach Osann: a = 1,5 c = 3,0 f = 15,5
Fe O	9,03	8,0	C = 6,0	
Ca O	11,32	12,9	F = 31,4	
Mg O	9,26	14,8	M = 9,6	
K ₂ O	0,95	0,6	T = 0,0	
Na ₂ O	2,79	2,9	K = 0,8	
P ₂ O ₅	1,52	—		
H ₂ O unter 110°	0,06	—		
Glühverlust	0,30	—		
	100,80	100,0		
Spez. Gewicht	3,44			

Der Eklogit vom Gordunotal gehört nach seinem chemischen Charakter, wie die Mehrzahl aller chemisch untersuchten Vertreter dieser Gesteinsart unter die Derivate von Massengesteinen der Gabbroreihe. Seine Projektionswerte kommen denen des Osann'schen Typus Keewenaw ($s_{5,1}$ a_1 c_3 $f_{1,4}$) sehr nahe.¹⁾

Wegen dieser unzweifelhaft gabbroiden Abstammung wurde die Berechnung der Analyse auch nach amerikanischer Weise ausgeführt und auch darnach reiht sich der Eklogit allen jenen Abteilungen ein, welchen die meisten Gabbrogesteine angehören.

¹⁾ Auffallend ist die Tatsache, dass Chrom vollständig fehlt, während es in den meisten vorher behandelten Gesteinen ziemlich stark vertreten ist; dagegen ist der Gehalt an Ti O₂ und P₂ O₅ merklich hoch. Es scheint diese Tatsache dafür zu sprechen, dass in Gesteinen der gabbroperidotitischen Reihe das Chrom sich in den ultrabasischen, die Titansäure und Phosphorsäure dagegen in den gabbroiden Formen zu konzentrieren pflegt.

	Molekular- Proport.	Ortho- klas	Albit	Anorthit	Apatit	Ilmenit	Magne- tit	Aker- mannit	Hyper- sthen	Olivin
Si O ₂	45,41	757	60	270	170	—	—	63	79	115
Ti O ₂	1,76	22	—	—	—	22	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	14,26	140	10	45	85	—	—	—	—	—
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	4,14	26	—	—	—	—	26	—	—	—
Fe O	9,03	125	—	—	—	22	26	—	27	50
Ca O	11,32	202	—	—	85	33	—	84	—	—
Mg O	9,26	232	—	—	—	—	—	—	52	180
K ₂ O	0,95	10	10	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	2,79	45	—	45	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	1,52	11	—	—	—	11	—	—	—	—
H ₂ O unter 110°	0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glühverlust	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—

100,80 1570

Norm:

$$\begin{array}{l}
 \text{Sal. } 52,77 \left\{ \begin{array}{l} \text{Orthoklas} \dots\dots 10 \times 556 \dots\dots 5,56 \\ \text{Albit} \dots\dots\dots 45 \times 524 \dots\dots 23,58 \\ \text{Anorthit} \dots\dots\dots 85 \times 278 \dots\dots 23,63 \end{array} \right\} F = 52,77 \\
 \text{Fem. } 47,72 \left\{ \begin{array}{l} \text{Apatit} \dots\dots\dots 11 \times 310 \dots\dots 3,41 \\ \text{Ilmenit} \dots\dots\dots 22 \times 152 \dots\dots 3,34 \\ \text{Magnetit} \dots\dots\dots 26 \times 232 \dots\dots 6,03 \\ \text{Akermannit} \dots\dots\dots 21 \times 404 \dots\dots 8,48 \\ \text{Hypersthen} \dots\dots \left\{ \begin{array}{l} 27 \times 132 \dots\dots 3,56 \\ 52 \times 100 \dots\dots 5,20 \end{array} \right\} H = 8,76 \\ \text{Olivin} \dots\dots\dots \left\{ \begin{array}{l} 180 \times 70 \dots\dots 12,60 \\ 50 \times 102 \dots\dots 5,10 \end{array} \right\} O = 17,70 \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \text{Class: III} \\
 \frac{\text{Sal}}{\text{Fem}} = \frac{52,77}{47,72} < \frac{5}{3} > \frac{3}{5} \quad \left| \quad \begin{array}{c} \text{Order: 5} \\ \frac{Q}{F} = \frac{0,00}{52,77} < \frac{1}{7} \end{array} \right. \\
 \text{Salfemane} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{Gallare} \\
 \\
 \text{Rang: 4} \\
 \frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{Ca O}} = \frac{55}{202} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7} \quad \left| \quad \begin{array}{c} \text{Subrang: 3} \\ \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{10}{45} < \frac{3}{5} \end{array} \right. \\
 \text{Auvergnase} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{Auvergnose}
 \end{array}$$

Als „kristalliner Schiefer“ fällt der Eklogit des Gordunotales, wie die übrigen, in die 4. Gruppe und zeigt eine sehr grosse Annäherung an die mittleren Werte derselben (l. c. Seite 80).

Fast alle bekannt gewordenen Eklogitvorkommnisse sind von einer oft sehr grossen und wechselvollen Menge von Amphiboliten begleitet. Solche Gesteine fehlen auch im Gefolge des vorliegenden Beispielen nicht ganz; doch ist ihr Auftreten so geringfügig, dass sie nur als Anhang zum Eklogit betrachtet werden können. Man kann zwei Arten von Amphiboliten unterscheiden:

- a) Eklogitamphibolite,
- b) Gewöhnliche Feldspatamphibolite.

a) Der Eklogitamphibolit tritt fleckenweise innerhalb des Eklogites auf und ist aus demselben dadurch entstanden, dass die ausfasernde Hornblendisierung des Pyroxens weiter fortgeschritten ist, so dass in dem kryptodiablastischen Feldspaturalitgewebe nur noch grössere oder kleinere Kerne von Pyroxen neben den Granatkörnern zurückbleiben, ein Übergang, der schon wiederholt eingehend beschrieben worden ist.

b) Der gewöhnliche Feldspatamphibolit wurde nur in einzelnen Blöcken im Trümmerfeld des Eklogites gefunden. Er zeigt die üblichen Komponenten Plagioklas und grüne Hornblende, annähernd massige Textur und eine verwischte Gabbrostruktur. Ein direkter genetischer Zusammenhang dieses Amphibolits mit dem Eklogit ist kaum anzunehmen. Nach Analogie mit andern Vorkommnissen (Oetzthal, Allalengebiet, Gebiet des Mont blanc etc.) liegen in den beiden Gesteinen chemisch gleichartige Substanzen vor, welche aber durch die Metamorphose in verschiedener Weise umgestempelt wurden.

6. Der Kontakthof.

Der den Granatolivinfels und seine Begleitgesteine umfassende kleine Stock ist, wie bereits früher erwähnt, von aplitisch injiziertem Gneiss umgeben, der direkte an der Berührungsstelle mit jenen Gesteinen eine ganz schmale, aber intensive Kontaktzone aufweist. Die Kontaktmetamorphose äussert sich in folgenden Erscheinungen:

Makroskopisch. Die Lagentextur des injizierten Gneisses wird gegen den Kontakt hin undeutlicher, ebenso die Schieferung, die Farbe des Gneisses dunkler durch reicheres Auftreten von Biotit. Zu ihm gesellt sich mehr und mehr Hornblende, so dass nahezu amphibolitische Partien entstehen. Das Korn des Gneisses ist am Kontakt gröber geworden; zudem sind helle, schmale, zuckerkörnige Lagen eingetreten, welche aus einer farblosen Komponente, aus hellgrünem Augit und etwas Biotit bestehen.

Mikroskopisch. In weniger verändertem Gneiss hat der Biotit die typisch rotbraune Farbe des gebrannten Tones angenommen; Granat, siebartig von Einschlüssen durchsetzt, tritt ein. Die stärker umgewandelten, amphibolreicheren, und besonders die zuckerkörnigen Partien schneiden gegen diesen schwächer modifizierten, noch parallel texturierten Gneiss ziemlich unvermittelt ab und zeigen neben einem sehr veränderten Mineralbestand eine ganz andere Struktur. Die neuen Mineralien sind: grosskörniger Skapolith, Titanit, Salit und

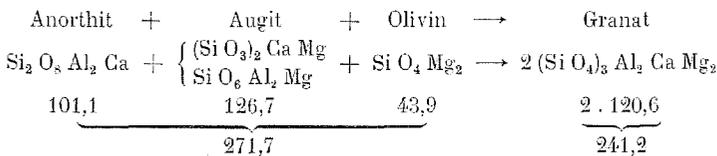
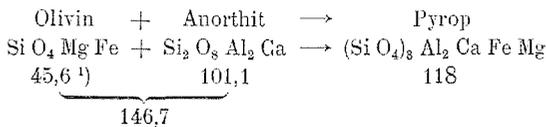
grüne Hornblende, letztere zwei oft in Parallelverwachsung. Alle diese Komponenten bilden neben rotem Biotit, Granat und wenig Plagioklas grosse lappige Körner und liegen als Einschlüsse im farblosen Skapolith, der vermöge seiner schwachen Lichtbrechung wie der Untergrund eines Teppichs wirkt. So entsteht eine ganz ausgezeichnete Siebstruktur, womit gleichzeitig die Schieferung verloren geht. — Durch den neuen Mineralbestand der stark veränderten Partien offenbart sich ein gegenüber dem normalen Gneiss wesentlich verschiedener Chemismus, welcher wohl einige substantielle Beeinflussung von Seite des Intrusivgesteins voraussetzen lässt. Ob und in welcher Art eine solche stattgefunden, soll durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

7. Genetische Schlussbetrachtungen.

In der Geschichte des Granatolivinfelses vom Gordunotal und seiner Begleitgesteine lassen sich nach Zusammenfassung aller Beobachtungen drei Perioden unterscheiden:

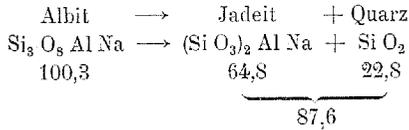
Die erste Periode umfasst die Intrusion und Verfestigung eines basischen Magmas, sowie die Spaltung desselben in einen ultrabasischen peridotitischen Hauptzweig, der durch die Olivingesteine repräsentiert wird, und in einen peripherisch gelegenen Nebenzweig, den die Gesteine mit gabbroidem Chemismus vertreten. Bei der Intrusion wurde das Nebengestein, der aplitisch injizierte Gneiss, in einer schmalen Zone kontaktmetamorph verändert. Die basischen Massengesteine müssen also jünger sein, als der Gneiss, und auch jünger, als der Vorgang seiner aplitischen Injektion.

Die zweite Periode wird zunächst markiert durch die Umwandlung des gabbroiden Gesteins in den Eklogit und Feldspatamphibolit. Bei der Eklogitbildung findet ein Übergang des anorthitischen Anteils des Plagioklases in Granat statt, unter gleichzeitiger Substanzabgabe durch den Olivin oder Augit des Gabbro, nach den Gleichungen:



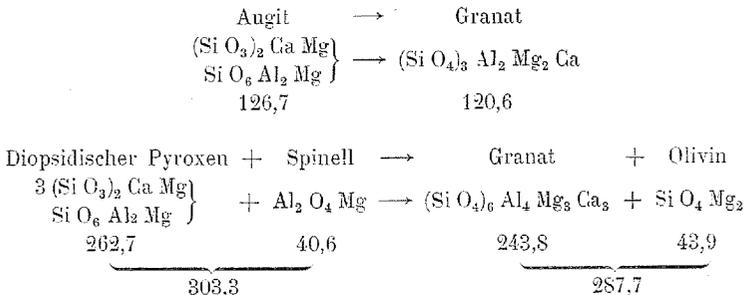
¹⁾ Die Zahlen bedeuten das Molekularvolumen $\left(= \frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Spezifisches Gewicht}} \right)$.

Der albitische Anteil des Plagioklases geht über in das Jadeitmolekül, welches dem Pyroxen (Omphacit) des Eklogites beigemischt ist.



Alle diese Umwandlungen sind mit Volumenverkleinerung verbunden, werden also unter Mitwirkung von Druck vor sich gehen. Die Eklogite gelten nach Mineralbestand, Struktur und Textur als kristalline Schiefer, deren Ausbildung sich in grösserer Tiefe der Erdrinde vollzog. Darnach charakterisiert sich die zweite Periode durch den Vorgang einer Metamorphose innerhalb der tiefsten Zone.¹⁾ Die Umwandlung von Gabbro in Feldspatamphibolit setzt ein einfaches Zusammentreten zweier Augitmoleküle zum polymeren Hornblendemolekül voraus, womit zugleich wieder eine ganz kleine Volumenverminderung verbunden ist, ein Vorgang, der sich ebenfalls in grösserer Erdtiefe abspielen kann.

Die Eklogitisierung des gabbroiden Gesteins mit ihrer Neubildung von Granat macht es nun in hohem Grade wahrscheinlich, dass auch der so enge mit ihm verbundene Granatolivinfels ein metamorphes Gestein darstellt, dessen Granat als ein Umwandlungsprodukt aus Augit allein, oder aus diopsidischem Pyroxen und Spinell betrachtet werden kann. Darnach müsste das ihm ursprünglich zu Grunde liegende Gestein ein Augitperidotit gewesen sein.²⁾ Folgende Gleichungen geben ein Bild dieser Vorgänge:



¹⁾ Grubenmann, U. Kristalline Schiefer II. Teil. S. 81.

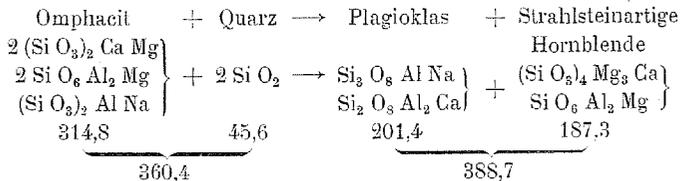
²⁾ Ein allerdings schon etwas carbonatisierter Augitperidotit, welcher ebenfalls in injizierten Gneiss eingedrungen ist, liegt 16 km. nördlicher, am Ausgang des Blenio-tales und wird als dekorativer Baustein ausgebeutet. Seine Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

Die Struktur und nahezu massige Textur des Granatolivinfelses sind der Annahme, dass er in grösseren Tiefen entstanden sei, nicht entgegen.

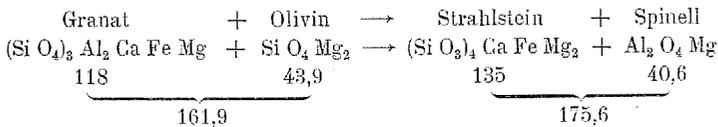
In die dritte Periode der Gesteinsausbildung fallen die Prozesse der Feldspaturalitisierung, die Kelyphit- und Strahlsteinbildung, sodann die Entstehung des Klinochlorschiefers und Talkschiefers, sowie endlich die Serpentinisierungsvorgänge.

Zur Erklärung der drei erstgenannten Prozesse mögen nachfolgende Gleichungen dienen:

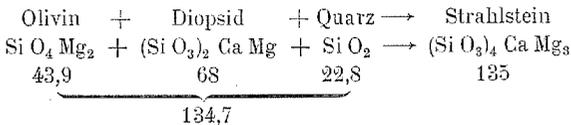
1. Feldspaturalitisierung:



2. Kelyphitbildung.



3. Bildung von Strahlsteinschiefer.

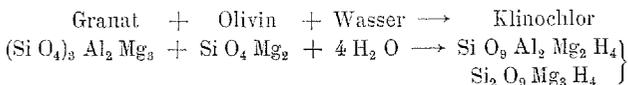


Diesen drei Vorgängen ist gemeinsam, dass sie sich unter schwacher Volumenvermehrung, also wohl unter abnehmendem Druck vollziehen; zugleich erfolgen sie ohne wesentliche Änderung des Chemismus.

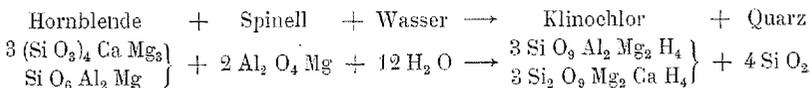
Im Gegensatz hiezu realisiert sich die Entstehung von Klinochlor- und Talkschiefer, sowie die Serpentinisierung unter Zufuhr von Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure, wie aus folgenden Gleichungen hervorgeht:

4. Bildung von Klinochlorschiefer.

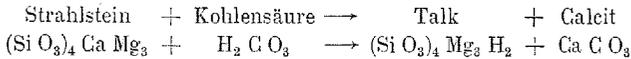
a) aus Granatolivinfels:



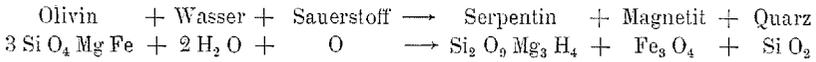
b) aus Kelyphit:



5. Bildung von Talkschiefer.



6. Bildung von Serpentin.



Die während der dritten Periode neugebildeten Mineralsubstanzen gelten als solche, die in der Erdrinde in höheren Niveaus entstehen. Ein Teil derselben, besonders die stark wasserhaltigen Komponenten, wie Klinochlor, Talk und vor allem Serpentin, werden auch als Verwitterungsprodukte angesehen, während die Phänomene der Feldspatualitisierung, Kelyphitisierung und Strahlsteinbildung als solche taxiert sind, die noch unterhalb des Verwitterungsgürtels sich vollziehen.

Daraus darf geschlossen werden, dass der ganze, aus den beiden Olivinfelsen und dem Eklogit bestehende Gesteinskomplex durch gebirgsbildende Prozesse aus der Tiefe allmählich in ein höheres Niveau versetzt worden ist, worauf auch die gegenwärtigen Lagerungsverhältnisse der Gesteine hinweisen (Konkordanz in der steil südfallenden Schieferung und Bankung bei den Olivinfelsen und den sie umgebenden Gneissen). — In den Mineralbildungen während der dritten Periode äussert sich demgemäss ein Bestreben jener Gesteine, sich den neuen Gleichgewichtslagen anzupassen. Damit hängt auch zusammen die Ausbildung kataklastischer Erscheinungen (undulöse Auslöschung, verschiedengradige Trümmerstruktur), sowie die Entstehung der Schieferung (Paralleltexur) und der gestreckten Knollen von Klinochlor.

So bietet der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine durch den mannigfachen petrographischen und mineralischen Inhalt ein interessantes und lehrreiches Beispiel dafür, wie im Lichte petrogenetischer Prozesse bestimmte Mineralassoziationen sich gegenseitig bedingen und in ihrem notwendigen Nebeneinander-vorkommen verständlich werden.

