

2. Ueber die Contactbildungen bei Predazzo.

Von Herrn J. LEMBERG in Dorpat.

Hierzu Tafel XI.

Die zahlreichen geologischen Arbeiten über das Fleimsthal beschränken sich mit wenigen Ausnahmen auf Untersuchung der geotektonischen und petographischen Verhältnisse, während die chemischen kaum oder garnicht berücksichtigt werden, obwohl sich, seit BISCHOF's bahnbrechender Thätigkeit, gerade von der Chemie am meisten Aufschluss über die Genesis der Mineralien und Gesteine erwarten lässt. Vorliegende Arbeit bezweckt, die vielbesprochenen Producte des Contacts von Silicaten und Carbonaten am Canzocoli und auf der Margola einer detaillirten chemischen Untersuchung zu unterwerfen und auf Grundlage der Analyse die Zulässigkeit der gegenwärtigen Hypothesen über die Entstehung dieser Contactproducte zu prüfen. Indess ist die Analyse noch lange nicht die letzte Instanz, weil wir nicht im Stande sind, den Process des Werdens, wie bei den Organismen, zu verfolgen; die Metamorphose kann nur aus dem Anfangs- und Endproduct erschlossen werden. Hier muss das chemische Experiment eintreten als Stütze und Controlle der aus den Analysen gezogenen Schlüsse. Lässt sich nachweisen, dass dieselben Bedingungen, unter denen das Experiment angestellt wurde, auch in der Natur vorhanden waren, dann, aber auch nur dann kann die Frage als gelöst betrachtet werden. Leider setzt derselbe Umstand, der in der Natur eine directe Beobachtung der Metamorphose unmöglich macht, sehr bald der experimentalen Untersuchung eine schwer zu überschreitende Grenze: die grosse Widerstandsfähigkeit der meisten Mineralien gegen chemische Agentien. Es konnte deshalb nur für einen kleinen Theil der im Folgenden zu behandelnden Fragen die Antwort durch das Experiment geliefert werden. Sehr erschwert wurde die Untersuchung durch die Feinheit des Kornes der Gesteine, welche eine mechanische

Isolirung der einzelnen Mineralien nicht gestattet; es konnten nur Bauschanalysen ausgeführt werden, welche die Umwandlung des Gesteins als Ganzes kennen lehrten, nicht aber die Metamorphose seiner einzelnen Bestandtheile. Wohl am empfindlichsten machte sich der fast völlige Mangel an älteren Analysen fühlbar, um so empfindlicher, als die geologischen Verhältnisse bei Predazzo höchst complicirt sind. Sollen die Handstücke nicht bloß zu einer Beschreibung des Gesteins dienen, sondern aus ihrer Untersuchung auch die Antworten auf bestimmte genetische Fragen ermittelt werden, so müssen diese Fragen schon beim Einsammeln der Proben möglichst präcisirt werden. Dazu ist aber eine annähernde Kenntniss der chemischen Zusammensetzung durchaus erforderlich. Der angeführten Umstände wegen konnte nur ein kleiner Theil der aufgestellten Fragen beantwortet werden, die Erledigung der übrigen muss künftigen Untersuchungen überlassen bleiben, denen die vorliegende Arbeit wenigstens ein reicheres chemisches Material an die Hand giebt, als es mir zu Theil wurde.

Die Hauptmasse des Canzocoli und der Margola besteht aus Monzonit, einem Gestein, das seiner Constitution nach zwischen Syenit und Diorit zu stellen ist. Eine systematische Classification dieser Felsart und ihrer Varianten liegt nicht im Plane dieser Arbeit, es soll nur so viel erörtert werden, als zum Verständniss des Folgenden nöthig ist. Die Feldspäthe des Monzonits sind: Orthoklas, Oligoklas, Labrador und wahrscheinlich auch Anorthit. Folgende Feldspäthe wurden durch die Analyse nachgewiesen:

No. 1. Oligoklas aus dem analysirten Monzonit No. 2.

No. 1 a. Weisser Labrador aus dem Monzonit in der Nähe des Kalks; von Canzocoli.

No. 1 b. Anorthit aus dem Monzonit vom Fusse der Margola (in der Nähe des Fahrweges). Ausser grosskrystallinischem Anorthit enthält das Gestein grosskrystallinische Hornblende und Glimmer; die weissen Anorthitkrystalle zeigen Zwillingstreifung, sind aber matt wie unglasirtes Porzellan.

	No. 1.	No. 1 a.	No. 1 b.
H ₂ O	1,00	1,62	1,88
Si O ₂	62,07	51,23	45,23
Al ₂ O ₃	21,87	27,65	34,24
Fe ₂ O ₃	1,49	1,40	1,16
Ca O	6,96	11,17	11,83
K ₂ O	0,66	2,90	3,38
Na ₂ O	5,29	4,03	1,22
Mg O	0,66	Spur	0,20
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>99,14</u>

Sauerstoffverhältniss von

	Si O ₂ :	R ₂ O ₃ :	(R O, R ₂ O)
in No. 1	9,60 :	3 :	1,04
in No. 1 a	6,15 :	3 :	1,06
in No. 1 b	4,44 :	3 :	0,79

Die Zusammensetzung dieses Anorthits stimmt mit der des Feldspaths im Kugeldiorit von Corsica überein, doch weist der grössere Wassergehalt auf eine vorgeschrittene Zersetzung hin, daher weicht auch das Verhältniss der Sesquioxyde zu den übrigen Basen stark von dem normalen ab. *) Um über den Grad der Zersetzung des Anorthits Aufschluss zu erlangen, wurde eine Portion mit concentrirter Salzsäure behandelt, wobei die Kieselsäure sich theils flockig, theils gallertartig abschied.

No. 1 c. Anorthit mit H Cl behandelt.

No. 1 d. In H Cl unlöslicher Rückstand auf 100 berechnet.

*) Rammelsberg deutet in seinem Handbuch der Mineralchemie S. 591 den Feldspath im Diorit von Corsica als nicht ganz frischen Labrador, weil das Verhältniss von R : Si = 1 : 5,75 eher für Labrador als für Anorthit spricht; indess muss berücksichtigt werden, dass bei der Zersetzung der Kalk mehr als irgend ein anderer Stoff ausgeschieden wird, während die Thonerde am stabilsten ist. Deshalb kann man nur die Menge der Thonerde als Vergleichseinheit wählen, nicht aber die des Kalks.

	No. 1 c.	No. 1 d.
H ₂ O	1,88	
Si O ₂	33,62	44,62
Al ₂ O ₃	23,83	39,97
Fe ₂ O ₃	0,90	0,99
Ca O	11,18	2,49
K ₂ O	0,65	10,48
Na ₂ O	0,84	1,45
Mg O	0,20	
R *)	26,76	
	<u>99,86</u>	<u>100</u>

In dem durch HCl zerlegbaren Antheil ist das Sauerstoffverhältniss von Si : R̄ : (R̄R̄) = 4,71 : 3 : 0,93; der durch HCl unaufschliessbare Antheil zeigt eine auffallende Aehnlichkeit mit manchen Kaliglimmern, auch muss hinzugefügt werden, dass er äusserlich einen thonigen Habitus besass. Gestattet somit die weit vorgeschrittene Zersetzung keine sichere Bestimmung des Feldspaths, so ist doch sehr wahrscheinlich, dass derselbe, wenn nicht Anorthit, so doch ein zwischen letzterem und Labrador stehendes Glied der Feldspathreihe ist.

Die übrigen Bestandtheile des Monzonits sind: Hornblende, Augit und Glimmer. Accessorisch treten auf: Schwefelkies, Apatit, Magnetit, Titanit und Spinell. Die Menge des letzteren variirt sehr, bisweilen fehlt er ganz, ist indess nie beträchtlich. Man kann Spinell leicht in einem Gestein nachweisen, wenn man eine sehr feingepulverte Probe mit verdünnter Flussssäure bei 40° behandelt; hierbei werden alle Silikate aufgeschlossen, Spinell und etwaiger Quarz aber wenig angegriffen, und erfordern zu ihrer Lösung eine nochmalige Behandlung mit concentrirter Säure.**)

Einige Bauschanalysen sollen die wechselnde Zusammensetzung des Monzonits darthun.

No. 2. Monzonit vom Südabhang des Mulatto, nicht weit von der Grenze des Turmalingranits, enthält rothen Orthoklas, grünlichen Oligoklas No. 1, Hornblende, Glimmer und etwas

*) R = in HCl unlöslicher Rückstand.

**) Auch Magneteisen wird durch HF und H₂ SO₄ langsam zerlegt, geht aber durch HCl leicht in Lösung.

Quarz. Dieses kieselsäurereichste Endglied, welches in seiner Zusammensetzung mit der von KJERULF*) analysirten Probe übereinstimmt, kann den Syeniten zugezählt werden.

No. 3 Feinkörniger Monzonit vom Fusse des Canzocoli; nach dem hohen Kalk- und geringen Alkaligehalt zu schliessen, ist der Feldspath wohl grösstentheils Anorthit.

No. 3a. Dasselbe Gestein zersetzt, braungelb gefärbt, weich, zwischen den Fingern zerreiblich. Der Feldspath ist stärker angegriffen als die Hornblende.

No. 4. Wie No. 3, nur reicher an Alkalifeldspath.

No. 4a. Das Gestein No. 4 im zersetzten Zustande; der Feldspath nicht so leicht zerreiblich wie bei No. 3a und weiss gefärbt. Die dunkelgrüne Hornblende hat eine eigenthümliche Umwandlung erlitten: ihre Umrissse gegen den Feldspath sind verwaschen, sie zeigt serpentinantigen Fettglanz und eine gelbgrüne oder schwarze Farbe. Stellenweise hat auch der anliegende Feldspath eine ölgrüne Farbe angenommen. Man sieht, es sind Stoffe der Hornblende entzogen und theilweise auf dem Feldspath abgesetzt worden. Besonders charakterisirt wird diese Zersetzungsweise dadurch, dass die verwaschenen Hornblendepartien nach einer Richtung stärker ausgedehnt sind und dass diese Längsrichtungen einander parallel sind. Dadurch erhält das Gestein ein striemig schuppiges Aussehen und lässt sich leicht spalten. Unter der Lupe zeigen diese veränderten Hornblendepartien sehr feine, erhabene Riefen, die gleichfalls der längsten Ausdehnung der ersteren parallel laufen, wie Fig. 1 veranschaulicht. Diese Umbildung erreicht übrigens höchstens eine Dicke von 1 Centim., meist tritt sie nur oberflächlich als dünner Anflug auf, während das Gestein im Innern völlig frisch ist. Nicht selten wird das unveränderte Gestein auch im Innern von mehreren zersetzten, aber scharf abgegrenzten Lagen durchsetzt, die beim Zerschlagen des Gesteins zu Tage treten; auch hier findet der oben beschriebene Parallelismus der Längsrichtung der veränderten Hornblende statt. Man trifft bisweilen im Innern vollkommen frische Monzonitstücke, die sich leicht aus der Masse des Gesteins loslösen und deren ganze Oberfläche von solchen ein-

*) TSCHERMAK, Die Porphyrgesteine Oesterreichs. 1869. p. 112.

ander parallelen Striemen bedeckt sind. Da der unzersetzte Monzonit keinen Parallelismus der Hornblendekristalle zeigt, so kann die Erscheinung nur durch die Annahme erklärt werden, dass das Gestein nach einer Richtung das Wasser besonders leicht durchliess, etwa wie Holz in der Richtung der Fasern*); in dieser Richtung mussten die der Hornblende entzogenen Stoffe auf dem Feldspath abgesetzt werden, daher der oben beschriebene Parallelismus.

	No. 2.	No. 3.	No. 3a.	No. 4.	No. 4a.
Ca O CO ₂	1,95				
H ₂ O	0,70	1,29	8,29	1,93	7,59
Si O ₂	57,66	48,15	44,60	49,40	49,46
Al ₂ O ₃	17,23	15,51	14,08	16,77	15,73
Fe ₂ O ₃	7,28	14,46	15,61	12,71	10,61
Ca O	4,13	11,44	9,31	9,25	8,02
K ₂ O	4,61	1,41	1,40	2,57	2,69
Na ₂ O	3,41	1,94	1,09	2,77	2,33
Mg O	2,20	5,93	5,54	4,49	3,71
	<u>99,17</u>	<u>100,13</u>	<u>99,92</u>	<u>99,89</u>	<u>100,14</u>

Die chemische Metamorphose ist nicht so stark, als man nach dem veränderten Aussehen zu schliessen berechtigt ist; es wird Kieselsäure, Kalk, Natron und Magnesia ausgeschieden, Wasser dagegen aufgenommen. Die Analyse bestätigt, was der äussere Anblick lehrt, dass in 3a mehr der Kalk-Natronfeldspath, in 4a mehr die magnesiaführende Hornblende verändert sind; in beiden Proben ist der Kalifeldspath garnicht angegriffen worden.

Wir wenden uns jetzt zu den Contacterscheinungen und theilen zuerst die Thatsachen mit, um sie später im Zusammenhang zu besprechen. Am Fusse des Canzocoli (Fig. 2**) die mit A bezeichnete Stelle***) stösst gegen den Monzonit ein

*) Eine ähnliche, erst bei der Zersetzung zu Tage tretende Parallelstructur konnte auch am Turmalingranit von Predazzo beobachtet werden, worüber in einer anderen Arbeit berichtet werden soll.

**) Die auf den Figuren befindlichen Zahlen beziehen sich auf die Nummer der Analyse.

***) Diese Localität ist sehr leicht wiederzufinden, da die hier anstehenden Schichten von einem Wasserfalle durchschnitten werden.

Profil gut geschichteter, sedimentärer Lagen von Carbonaten und Silikaten, die regellos mit einander abwechseln. Dieser Schichtencomplex wird allgemein der unteren Trias zugezählt und als „Seisser- und Campilerschichten“ bezeichnet, obwohl er versteinierungsfrei ist und bis jetzt ein anderer Beweis für diese Classification noch nicht geliefert worden. Leider hat man diesem Profil nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt und die in ihm vorkommenden Silikatzonen kurzweg als Quarzite oder verkieselte Kalke bezeichnet, ohne die chemische Analyse zu Rathe zu ziehen; wir werden sehen, dass dieser Complex höchst interessant ist und mehr als irgend eine andere Partie des Canzocoli im Stande ist, uns über die Bildung der kalkreichen Contactzonen Aufschluss zu geben. Fig. 3 veranschaulicht die Schichtenfolge. Die tiefste zu Tage tretende Schicht 5 ist ein dunkelgrauer, feinkörniger Predazzit; unter der Lupe sieht man eine blassgraue, krystallinische Masse von schwarzen, stecknadelkopfgrossen Körnchen durchsetzt. Die schwarze Farbe der Körnchen wird, wie später dargethan werden soll, durch feinvertheiltes Schwefeleisen, nicht durch organische Substanz, hervorgerufen, und zwar ist das Eisensulfid nicht Pyrit, sondern entweder Magnetkies oder einfach Schwefeleisen, da es durch sehr verdünnte, kalte Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung zerlegt wird. Wo atmosphärisches Wasser an Spalten Zutritt hatte, ist die Farbe des Gesteins blassgelb; unter der Lupe sieht man die weissliche Masse von schwach braunen (eisenoxydhaltigen) Körnchen durchsetzt: das Schwefeleisen ist oxydirt worden.

Oft sind die dunklen Körnchen völlig verschwunden, das Gestein ist porös. Dieser Verwitterungsprocess findet bei allen dunkelgefärbten Predazziten statt. Ueber der Schicht 5 folgt eine ca. 3 Meter mächtige Predazzitlage 6, 6a, die aschgrau ist und von schwarzen, höchstens $\frac{1}{2}$ Centim. breiten Striemen durchsetzt ist, wie die Abbildung Fig. 3a veranschaulicht. Alle diese Striemen, die dem Gestein ein Aussehen verleihen, das man füglich mit dem des Venenplexus auf der Handrückenfläche vergleichen kann, laufen der Hauptsichtung des Profils parallel; indessen ist das Gestein in der Richtung dieser Striemen nicht leichter spaltbar als anderswo, was schon PETZOLD hervorgehoben hat.*) Nach oben zu verschwinden

*) Beiträge zur Geognosie von Tyrol. 1843.

diese Striemen, das Gestein wird gleichmässig dunkelgrau oder schwarz und ist nach der Analyse (7) ein mit Silikaten innig vermengter Kalkstein, welcher von vielen, oft nur wenige Centimeter dicken, graugrünen Silikatbändern (7 d) parallel der Schichtung des Profils durchzogen wird. Am Fusse der Cascade, ca. 10 Meter über der Schicht 5, tritt die dunkle Predazzitlage 8 zu Tage. 15 Meter höher*) ruht die 0,9 Meter dicke Schicht 9; sie besteht aus einem gelblichen, porösen Kalkstein. Die ihr aufliegende, 0,7 Meter dicke Lage 10 zeigt denselben äusseren Habitus und wird, wie die Schicht 7, von vielen schmalen, graugrün gefärbten Silikatbändern durchzogen. Auf die 4 Centimeter dicke Zwischenschicht 11 folgt die 0,35 Meter mächtige Lage 12. Sie ist vielfach zerklüftet und besteht aus einem graugrünen dichten Silikat. Auf ihr ruht die 1 Meter dicke, poröse Predazzitschicht 13, welche von der 1,2 Meter mächtigen Kalklage 14 überdeckt ist.

Der bessern Uebersicht wegen stellen wir zuerst die Analysen der Carbonate zusammen; dann die Analysen der ihnen innig beigemengten Silikate, die durch kalte, verdünnte Salpetersäure nicht zerlegt wurden und als Rückstand bezeichnet sind; schliesslich die Zusammensetzung der Silikatzonen, welche die Carbonate durchsetzen.

Carbonate.

5. Schwarzer Predazzit.
6. Das aschgraue Feld des Predazzits.
- 6a. Die im aschgrauen Felde liegenden schwarzen Striemen.
7. Dunkelgrauer Kalkstein.
8. Dunkelgrauer Predazzit.
9. Gelblich grauer Kalkstein.
10. Wie 9.
13. Poröser gelblicher Predazzit.
14. Wie 9.

*) Die zwischenliegenden Schichten wurden nicht untersucht.

	5.	6.	6 a.	7.	8.
CaO CO ₂	61,92	61,55	61,35	49,60	60,26
MgO CO ₂	1,68	1,20	1,29	0,90	1,91
MgO H ₂ O	27,08	31,10	30,11		21,89
R*)	8,50	5,59	6,44	48,50	15,80
	<u>99,18</u>	<u>99,44</u>	<u>99,20</u>	<u>99,00</u>	<u>99,86</u>
	9.	10.	13.	14.	
CaO CO ₂	84,87	59,14	65,71	71,37	
MgO CO ₂	0,57	1,91	10,50**)	1,43	
MgO H ₂ O	1,99	2,32	9,71	4,81	
R	12,00	35,01	13,19	22,39	
	<u>99,43</u>	<u>99,38</u>	<u>99,11</u>	<u>100.</u>	

Den Carbonaten innig beigemengte Silikate (R).***)

7 a. Bauschanalyse des Rückstandes vom Kalkstein 7. Das blassgraue sandige Pulver zeigt unter dem Mikroskop durchsichtige Körner, bisweilen mit Formen, die auf Olivin schliessen lassen. Sehr selten sind schwarze undurchsichtige Körnchen (Magnetkies?) vorhanden.

7 b. Durch HCl zerlegbarer Antheil des Rückstandes 7 a; nach Abzug des Magnetkieses auf 100 berechnet. Sauerstoffverhältniss von SiO₂ : MgO = 1 : 0,914, die Zusammensetzung stimmt somit vollkommen mit der des Olivins überein; der nicht unbedeutende Wassergehalt deutet auf theilweise Zersetzung resp. Serpentinisirung hin. Vielleicht hat sich Vilarisit gebildet.

7 c. Durch HCl unzerlegbarer Antheil von 7 a. Das grünlichgraue, durch Flusssäure schwierig zerlegbare Pulver wurde mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen, worin es sich unter Zurücklassung von nur 0,05 pCt. der gesammten

*) R = in verdünnter Salpetersäure unlöslicher Rückstand.

***) Wasserhaltige MgO CO₂; enthält 1,99 pCt. H₂O u. 8,5 pCt. MgO.

***) Zur Gewinnung der Silikate behufs Analyse wurden grössere Mengen des Carbonatgesteins mit verdünnter Salpetersäure behandelt, wobei nicht zu vermeiden ist, dass die Silikate ein wenig angegriffen werden; indess ist die Menge der so gelösten Stoffe sehr gering und von keinem Einfluss auf die Beurtheilung der Constitution der Silikate.

Silicatmenge auflöste. Sauerstoffverhältniss von $R_2O_3 : RO = 3 : 0,98$. Der durch HCl nicht aufschliessbare Antheil ist Spinell. Der Gesammtrückstand 7a besteht aus 84,08 pCt. Olivin, 1,46 Fe_7S_8 , 14,26 pCt. Spinell.

8a. Grauer thoniger Rückstand aus 8. Zusammensetzung die des Serpentin.

10a. Gelblichgrauer thoniger Rückstand aus 10; er hat die Zusammensetzung des Serpentin und enthält sehr wenig Spinell beigemengt.

13a. Grauer thoniger Rückstand aus 13; scheint etwas Magneteisen beigemengt zu haben, wenigstens bleiben nach der Behandlung mit Schwefelsäure spärliche schwarze Körnchen übrig, die sich in HCl mit gelber Farbe lösen. *)

	7a.	7b.	7c.	8a.	10a.	13a.
H_2O	3,25	3,86		8,65	11,17	8,90
SiO_2	34,70	41,25		37,51	36,31	40,56
Al_2O_3	10,32	1,80	61,88	3,99	4,31	4,81
Fe_2O_3	3,29	1,98	11,40	6,80	5,09	6,50
CaO	0,91	0,84	1,40		0,20	0,13
MgO	45,87	50,27	25,32	43,05	41,89	37,96
Fe_7S_8	1,46**)					
	<u>99,80</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>98,97</u>	<u>98,86</u>

Diese fein zertheilten Silikate färben die Carbonate nur äusserst schwach; die dunkelgraue Farbe der letzteren wird ausschliesslich durch Schwefeleisen hervorgerufen und verschwindet, sobald atmosphärisches Wasser das Sulfid oxydirt.

Zusammensetzung der Silikate, welche als kontinuierliche, gegen die Umgebung scharf abgegrenzte Lagen die Carbonate durchziehen.

7d. 4 Centim. dicke Zone aus dem Kalkstein 7. Sie ist dicht und von graugrüner Farbe; an der Grenze zum Kalk treten spärliche silberglänzende Glimmerblättchen auf. Specifisches Gewicht = 3,078.

*) Der Silikatrückstand des Kalksteins 14 enthält 13,12 pCt. H_2O und 34,59 pCt. MgO ; ein Unfall vereitelte die Bestimmung der übrigen Stoffe.

***) Schwefelgehalt zu 0,58 pCt. bestimmt und, wegen früher erörterter Gründe, als Magnetkies berechnet.

11. Die nur 4 Centim. dicke Schicht besteht aus folgenden drei gegeneinander gut abgegrenzten Zonen: eine Zone von weissem Kalkspath, 1 Cent. dick, dann eine ebenso dicke Lage eines hellgrünen, dichten Silikats (11) und schliesslich eine 2 Cent. dicke, schwarzgrüne Serpentinsschicht, welche von zahlreichen, oft papierdünnen Kalkspathlagen durchzogen wird.

11 a. Die schwarzgrüne Serpentinsschicht.

12. Graugrünes dichtes Silikat, enthält etwas Pyrit eingesprenkt. Stellenweise ist es mandelsteinartig von einem weissen Mineral durchsetzt, durch dessen Verwitterung resp. Fortführung es porös wird. Die Axe der längsten Ausdehnung dieser 1—2 Cent. grossen, mandelförmigen Einschlüsse ist den Schichtflächen des Profils parallel, wie die Zeichnung (Fig. 3) veranschaulicht. Die analysirte Probe ist der Mitte der Schicht entnommen.

12 a. Die Probe stammt von der Grenze derselben Schicht gegen den aufliegenden Predazzit 13. Diese Grenzpartie ist stärker grün gefärbt als die Mitte und der Zone 7 d sehr ähnlich. An einer Stelle fand sich an der unmittelbaren Grenze gegen den Predazzit ein 3 Mm. grosser grüner Krystall mit vesuvianähnlichen Flächen; leider zersprang er beim Loslösen, es konnte nur eine leichte Schmelzbarkeit und ein starker Kalkgehalt nachgewiesen werden.

	7d.	11.	11 a.	12.	12 a.
Ca O CO ₂	0,62	2,56	22,68		0,90
H ₂ O	1,20	3,49	12,44	1,91	0,62
Si O ₂	43,58	43,09	26,93	56,18	46,40
Al ₂ O ₃	11,62	8,46	4,84	12,51	10,33
Fe ₂ O ₃	5,54	5,57	2,94	4,81	4,05
Ca O	23,90	19,60	0,26	6,95	25,07
K ₂ O	0,21	0,15		8,22	
Na ₂ O				1,16	
Mg O	12,92	17,43	29,81	6,67	13,00
	<u>99,59</u>	<u>100,35</u>	<u>99,90</u>	<u>98,41</u>	<u>100,37.</u>

Aus den Analysen ergibt sich Folgendes: 1) die mit den Carbonaten innig vermengten Silikate sind reich an Magnesia (Serpentin, Olivin, Spinell); 2) die als kontinuierliche Schichten auftretenden Silikate sind theils Serpentin (11 a), theils wasser-

freie Verbindungen, die reich an Kalk und Magnesia sind; 3) die Mitte der Schicht 12 ist reich an Alkali, welches an der Grenze zum Predazzit verschwindet, um durch Kalk und Magnesia ersetzt zu werden: die Schicht hat somit Contactzonen.

Zwischen dem Monzonit und den Carbonaten zieht sich eine 10 Cent. bis 3 Meter breite Contactzone hin, die wesentlich von den basischen, kalkreichen Mineralien: Vesuvian, Granat, Gehlenit gebildet wird. Ausserdem treten noch grüner Glimmer, Magneteisen und Spinell auf, doch ist ihre Menge unbedeutend. Alle diese Contactproducte wollen wir der Kürze halber primäre nennen. Durch spätere hydro-chemische Prozesse sind die oben genannten Mineralien, sowie Theile des anliegenden Monzonits in kalkarme oder freie, dagegen wasser- und magnesiafreie Verbindungen umgewandelt, als deren Repräsentanten wir den Serpentin aufführen, wobei ausdrücklich bemerkt sei, dass letzteres Mineral selten und in sehr geringer Masse auftritt. Diese wasserhaltigen Contactproducte wollen wir als secundäre bezeichnen.

Die Complicirtheit der Erscheinung selbst, sowie die die Untersuchung häufig beeinträchtigenden, localen Schwierigkeiten, als Vegetation, Abhänge etc., sind Ursache gewesen, dass über die Contactzonen vielfach widersprechende Angaben vorliegen; wir wollen im Folgenden eine Sichtung des Thatsächlichen anstreben und mit den primären Contactproducten beginnen. RICHTHOFEN*) giebt an, dass der Monzonit in der Nähe der Zonen (wo er seine Wärme rascher abgab) feinkörniger ist als weiterhin. Das findet statt, aber keineswegs regelmässig; das Umgekehrte kommt ebenfalls vor, es sei hier nur an die grossen Orthoklaskrystalle des Monzonits erinnert, und an vielen Stellen ist gar kein Unterschied wahrnehmbar. Eher lässt sich eine solche Regelmässigkeit an den Contactzonen selbst, aber in umgekehrter Ordnung, verfolgen: fast immer ist der den Monzonit unmittelbar berührende Vesuvian feinkörnig, während die grösseren Krystalle erst in weiterer Entfernung auftreten. COTTA**) bezeichnet die Grenze des Mon-

*) Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, St. Cassian und der Seisser Alpe in Südtirol. 1869. p. 278.

**) COTTA, Geolog. Briefe aus den Alpen p. 196.

zonits gegen den Kalk als scharf, was von RICHTHOFEN*) bestritten wird. Es sind hier aber zwei Erscheinungen zu trennen: die Grenze der Contactzone 1) gegen den Kalk und 2) gegen den Monzonit. Letztere ist ziemlich scharf und, wenn auch nicht durch eine Linie markirt, leicht erkennbar; eine Imprägnirung des Monzonits mit Kalkspath und ein allmäliger Uebergang in den typischen Monzonit, wie RICHTHOFEN anführt, scheint selten vorzukommen. Dagegen ist die Grenze zum Kalk hin bald scharf abgeschnitten, bald durch Uebergänge vermittelt, und es findet ersteres bei den schmalen**), letzteres bei den breiten Contactzonen statt. Nach LAPPARENT***) sollen die Contactmineralien in vier Zonen den Monzonit umgeben, und zwar, von letzterem Gestein an gerechnet, in folgender Reihe: 1) Orthoklas, Augit, Titanit; 2) Augit, derber Vesuvian, Wollastonit; 3) Glimmer, Vesuvian, Kalzit, Magneteisen, Gehlenit, Fassait; 4) Serpentin. Eine solche Regelmässigkeit, die auch von keinem anderen Forscher beobachtet ist, findet nun nicht statt, und die von TSCHERMAK†) gemachte Bemerkung, „dass die zonenweise Anordnung doch eigentlich nur gedacht sei und in der That eine weniger regelmässige Vertheilung stattfindet“ ist zutreffend. Oft ist die Hornblende- oder Augitmenge des Monzonits in der Nähe des Contacts sehr auffallend vermehrt, wobei nicht selten die Orthoklaskrystalle ††) grösser ausgebildet sind als sonst; aber auch das Umgekehrte kommt vor, dass die Hornblende zurücktritt, der Feldspath dagegen vorherrscht, und vielfach ist überhaupt kein Unterschied zwischen der Grenzregion und den weiter liegenden Partien wahrnehmbar. Eher könnte man die zweite und dritte Zone begründen, wenn man als Repräsentanten der zweiten blos feinkörnigen Vesuvian †††), der dritten mit Kalzit vermengte Ve-

*) l. c. 276.

**) Die von COTTA erwähnten Zonen unterhalb des grossen Bruches D sind in der Regel gut conturirt, wenn auch sehr stark verändert.

***) Annales des mines. 6. Serie, Bd. VI., p. 302.

†) Die Porphyrgesteine Oesterreichs p. 120.

††) Die Angabe LAPPARENT'S über das Zusammenvorkommen von Orthoklas und Augit konnte in einem Falle bestätigt werden, es blieb aber unentschieden, ob neben Augit auch Hornblende vorkam.

†††) Wird der feingepulverte derbe Vesuvian mit HCl behandelt, so gehen immer beträchtliche Mengen von Basen in Lösung und die Kiesel-

sviankrystalle und Krystalldrusen gelten lässt. Zwischen dem feinkörnigen Vesuvian und dem Monzonit liegt oft eine Zone, die aus einem Gemenge von dichtem, blassgelben Vesuvian und schwarzer Hornblende (Augit?) besteht und die man als Monzonit bezeichnen könnte, dessen Feldspath durch Vesuvian ersetzt ist. Dann folgt die bandförmig sich hinziehende Lage von körnigem, hellgrün oder wachsgelb gefärbtem Vesuvian, wobei hervorgehoben sei, dass meist schon in dieser Zone grosse, aber schlecht ausgebildete, braune Vesuviankrystalle eingesprengt sind. Oft ist dem feinkörnigen Vesuvian Glimmer beigemengt, doch ist dessen Menge erst in weiterer Entfernung vom Monzonit einigermaassen beträchtlich. Bei den schmalen Contactzonen folgt auf den feinkörnigen Vesuvian in der Regel Kalkspath oder Predazzit, bei den breiten ein Gemenge von Kalzit und grossen Vesuviankrystallen oder Krystalldrusen, doch fehlen auch Einlagerungen von derbem Vesuvian nicht. Die grossen Krystalle dieses Minerals sind oft gut ausgebildet und vom Kalzit gleichsam wie von einem Futteral umgeben; aber auch das Umgekehrte kommt vor, dass Vesuvian Kalkspath einschliesst, ja, ROTH beobachtete Granatkrystalle, die von aussen völlig intact erschienen, im Innern aber aus einem Gemenge von Kalzit und körniger Granatsubstanz bestanden. Die letzte, von LAPPARENT angeführte Zone Serpentin und die ihm ähnlichen Verbindungen gehören nicht zu den primären Contactproducten, sondern sind theils durch Umwandlung dieses letzteren, theils durch Infiltration entstanden.

Im Folgenden wollen wir die Contactbildungen durch die chemische Analyse erläutern. Etwa 600 Meter über der Thalsole kommt der grosse und vielgenannte Vesuvianbruch vor (bei B, Fig. 2); er ist ca. 6 Meter lang (von oben nach unten) und 3 Meter breit. Der Monzonit, dessen Zusammensetzung die Analyse 15 darthut, führt 1—2 Cent. grosse Orthoklaskrystalle 15a, die an der Grenze verschwinden, um durch dichten Vesuvian ersetzt zu werden; diese Zwischenzone ist nur einige Centimeter breit und fehlt bisweilen ganz. Dann folgt ein zusammenhängendes Band von feinkörnigem, stellen-

säure gelatinirt theilweise. Letztere Erscheinung mag von beigemengtem Gehlenit oder Wollastonit herrühren, durch die Analyse lässt sich aber nichts entscheiden, da der Vesuvian selbst von HCl angegriffen wird.

weise glimmerhaltigem, hellgrünem Vesuvian 15 b, welcher von grossen, aber schlecht ausgebildeten, braunen Vesuviankrystallen 15 c durchsetzt wird. Von da ab beginnt ein Gemenge von grosskrystallinischem Kalzit und Vesuvian, um in 3 Meter Entfernung vom Monzonit in reinen Kalkspath 15 d überzugehen.

15. Monzonit; apatithaltig.

15 a. Orthoklas aus dem Monzonit.

15 b. Hellgrüner feinkörniger Vesuviansaum.

15 c. Grosse braune Vesuviankrystalle aus 15 b.

15 d. Grossspäthiger Kalkspath, 4 Meter vom Monzonit entfernt.

	15.	15 a.	15 b.	15 c.
Ca O CO ₂	0,52		11,54	4,15
H ₂ O	0,87	0,56	2,75	0,58
Si O ₂	50,43	63,51	31,46	35,41
Al ₂ O ₃	10,21	19,51	12,89	15,91
Fe ₂ O ₃	11,57	0,73	8,89	5,96
Ca O	14,82	1,05	25,36	33,74
K ₂ O	3,70	12,26		
Na ₂ O	1,48	2,36		
Mg O	5,58	Spur	6,77	3,93
P ₂ O ₅	0,70			
	<u>99,88</u>	<u>100</u>	<u>99,66</u>	<u>99,68</u>
15 d.	Ca O CO ₂	Mg O CO ₂	R	Summe
	96,02	0,81	2,06	98,89

Von diesem Vesuvianbruche abwärts bis zu der kleinen Alp C (Fig. 2) ist die Berührungsregion überwachsen. Etwa 10 Meter unter dem Saume der Alp, in der Nähe des steilen, nach West gewandten Abhangs ist eine 3 Meter breite Contactzone blossgelegt. Der stellenweise titanitreiche Monzonit enthält neben Plagioklas grosse Orthoklaskrystalle 16 und Augit, der durch Messung der Säulenwinkel bestimmt wurde ($\infty P : \infty P \infty = 134^\circ : \infty P \infty = 137^\circ$), doch konnte an dem Handstück leider nicht sicher entschieden werden, ob ausserdem Hornblende auftritt. Das Mengenverhältniss von Feldspath und dem augitischen Bestandtheil wechselt sehr, und oft ist der

letztere in der Nähe des Contacts ganz bedeutend vermehrt. An den Monzonit (Fig. 4) legt sich eine 1—3 Cent. breite Zone 16a an, die aus blassgelbem, dichtem Vesuvian und schwarzer, schlecht ausgebildeter Hornblende (Augit?) besteht. Gegen den Monzonit ist die Grenze dieses Saumes etwas verwaschen, wenn auch leicht erkennbar, gegen die folgende, aus feinkörnigem, wachsgelbem Vesuvian bestehende Zone 16b aber scharf markirt. Es folgt dann dasselbe regellose Gemenge von Kalzit, derbem und grosskrystallinischem, hellgrünem Vesuvian wie im oberen Bruch, nur sind die Krystalle nicht so gross und die derben Partien 16c walten vor. Die äusserste Grenze bildet ein fast reiner Kalkstein. *)

16. Orthoklas aus dem Monzonit.

16a. Zwischen dem Monzonit und dem feinkörnigen Vesuvian 16b liegende Zone.

16b. Wachsgelber Vesuviansaum.

16c. Im Kalk eingelagerter, dichter, weisser Vesuvian; spärliche, dunkelgrüne Pünktchen durchsetzen ihn, doch konnte seine Zusammensetzung nicht ermittelt werden.

	16.	16a.	16b.	16c.
Ca O CO ₂		0,97	7,09	
H ₂ O	1,18	1,62	1,29	1,28
Si O ₂	63,74	38,52	34,59	40,45
Al ₂ O ₃	18,63	15,50	13,42	15,61
Fe ₂ O ₃	1,06	7,07	9,28	3,32
Ca O	1,19	32,55	30,62	37,68
K ₂ O	11,47			} 0,30
Na ₂ O	2,47			
Mg O		3,55	2,71	1,82
	<u>100</u>	<u>99,79</u>	<u>99,00</u>	<u>100,46</u>

Das von COTTA zuerst beobachtete und von LAPPARENT bestätigte gangförmige Eindringen des Monzonits in den Kalk ist von RICHTHOFEN in Abrede gestellt worden. Ich kann die Angabe der erstgenannten Forscher durchaus bekräftigen: unterhalb der kleinen Alp treten mehrere Gänge auf, die aller-

*) Die auf der Figur mit *a* bezeichnete Linie bezieht sich auf eine kleine Zone von hellgrünem Glimmer.

dings wegen localer Schwierigkeiten leicht übersehen werden können. Hart am Abhange dringt ein Monzonitgang (Fig. 5), der sammt den Contactzonen nur 0,6 Meter breit ist, in den Predazzit ein. Er ist beiderseits von ca. 10 Cent. breiten, aus feinkörnigem, hellgrünem Vesuvian bestehenden Säumen 17 a umgeben; stellenweise sind grössere, aber schlecht ausgebildete braune Vesuviankrystalle eingesprengt und der äusserste $\frac{1}{2}$ Cent. breite Rand ist reich an grünem Glimmer. Dann folgt ein Gemenge von Kalzit und einem amorphen, serpentinarartigen Product 17 b, von blassgelber oder brauner Farbe; stellenweise zeigt das Mineral Formen, die vielleicht auf Vesuvian oder Gehlenit schliessen lassen; wahrscheinlich ist es ein Umwandlungsproduct der genannten Mineralien. Diese nur 2 Cent. breite Zone wird von weissem Predazzit 17 c umgeben.

17. Monzonit aus der Mitte des Ganges; apatithaltig.

17 a. Vesuviansaum.

17 b. Serpentinartiges Umwandlungsproduct.

17 c. Predazzit.

	17.	17 a.	17 b.	17 c.
Ca O CO ₂		7,11		Ca \ddot{C} 69,86
H ₂ O	0,83	1,34	17,02	Mg \ddot{C} 5,49
Si O ₂	51,15	36,72	32,87	Mg H ₂ 21,70
Al ₂ O ₃	13,08	10,69	7,03	R <u>1,67</u>
Fe ₂ O ₃	9,85	8,79	3,40	<u>98,72</u>
Ca O	13,72	28,22		
K ₂ O	4,08			
Na ₂ O	1,98	0,30		
Mg O	5,04	6,20	38,28	
P ₂ O ₅	0,60			
	<u>100,28</u>	<u>99,37</u>	<u>100</u>	

An einer tiefer gelegenen Stelle*) wird der feinkörnige Monzonit in der Contactregion grosskrystallinisch und zwar besteht er vorherrschend aus Orthoklas und Plagioklas mit sehr wenig Hornblende. Die Zusammensetzung dieses grosskrystallinischen Monzonits ist folgende:

*) Sie liegt ca. 100 Meter unter dem Gange 17.

18.

H ₂ O	1,06
SiO ₂	58,98
Al ₂ O ₃	17,34
Fe ₂ O ₃	3,44
CaO	8,64
K ₂ O	5,34
Na ₂ O	3,41
MgO	1,64
	<hr/>
	99,85

An diesen Monzonit legt sich ein 1—2 Cent. breites Band von hellgrünem, feinkörnigem Vesuvian an, worauf ein Gemenge von grösseren Vesuviankrystallen und grünem Glimmer folgt. Die etwa 10 Cent. breite Contactzone ist von Predazit umgeben, der noch in 13 Meter Entfernung vom Monzonit auftritt.

Wir wenden uns jetzt zu den Umwandlungen, welche die Contactzonen, sowie der anliegende Monzonit durch secundäre hydro-chemische Prozesse erlitten haben. Von dem grossen Steinbruche D (Fig. 2) bis zu dem vorspringenden Hügel A ist die Contactzone meist verschüttet, an den blos liegenden Stellen aber völlig umgewandelt, und selbst der Monzonit hat auf weite Entfernung eine starke Zersetzung^e erlitten. Von seinen Bestandtheilen ist die Hornblende nicht mehr erkennbar, sie ist in eine schmutzig grüne oder schwarze, amorphe Masse umgewandelt, die mit dem Feldspath schwimmt; letzteres Mineral hat Härte und Glanz eingebüsst. Zwischen diesem zersetzten Monzonit 19 und dem Kalk zieht sich eine ca. 10 Cent. breite, beiderseits scharf abgegrenzte Zone hin, die aus einer erdigen, sehr leicht zerreiblichen Masse besteht, in der linsengrosse, schuppige, fettglänzende Stücke eingesprengt sind. Bisweilen lassen sich in diesem verwitterten Saume zwei ziemlich gut abgegrenzte Zonen erkennen, von denen die dem Monzonit anliegende (3—5 Cent. breit) braun-gelb gefärbt ist, 19a, die darauf folgende 19b aber grünlich-grau. Der anliegende Kalk ist auf 1 Meter Entfernung von vielen, ziemlich verticalen Rissen durchsetzt, die von einem hellgrünen, amorphen, fettglänzenden Mineral ausgefüllt sind. Dieses meist papierdünne, in seinen dickeren Lagen von Kalzit-

lamellen durchsetzte Mineral 19 c ist jedenfalls ein Infiltrationsproduct.

	19.	19 a.	19 b.	19 c.
H ₂ O	9,02	22,08	20,05	12,37
Si O ₂	47,31	37,75	35,35	36,75
Al ₂ O ₃	16,51	10,92	10,29	12,59
Fe ₂ O ₃	10,25	6,94	5,21	6,20
Ca O	6,57	2,54	1,49	1,62
K ₂ O	2,67	} 0,13		
Na ₂ O	1,54			
Mg O	5,37	19,50	27,15	28,89
	<u>99,26</u>	<u>99,86</u>	<u>99,54</u>	<u>98,43</u>

Leider ist der Monzonit an dieser Stelle, soweit er überhaupt blossliegt, sehr zersetzt und der Verwitterungsprocess lässt sich ohne Kenntniss des frischen Gesteins nur unsicher ermitteln. In Betreff des erdigen Products 19 a und 19 b wird man kaum irren, wenn man dasselbe für eine Umbildung des Vesuvians erklärt, da dieses Mineral*), wenn auch nicht allein, so doch am meisten in der Contactregion vorkommt. Wahrscheinlich ist das graugrüne Product aus grünem, das braungelbe aus braunem Vesuvian hervorgegangen. Wie die Analyse lehrt, ist der Kalk fast völlig ausgeschieden und durch Wasser und Magnesia ersetzt worden.

Ungefähr 10 Meter über dem Profil ist eine kleine Contactstelle blossgelegt. Der Monzonit 20 ist nicht ganz frisch, doch lassen sich die einzelnen Bestandtheile deutlich erkennen, an der unmittelbaren Grenze 20 a ist er aber stark verändert und zeigt denselben Habitus wie die Probe 19. Unmittelbar an den zersetzten Monzonit legt sich ein 2 Cent. breiter, physikalisch wie chemisch differenter Saum 20 b an, so dass wir mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen können, derselbe sei ein umgewandeltes Contactproduct. Der Saum besteht aus

*) Kalkgranat, Vesuvian und Gehlenit stimmen in ihrer chemischen Zusammensetzung so sehr überein, dass ihre unter gleichen Umständen gebildeten Zersetzungsproducte einander sehr ähnlich sein werden. Es ist daher möglich, dass die Zone 19 a durch Metamorphose aller drei Mineralien entstanden ist.

einem amorphen, grünen, serpentinarartigen Mineral, welches sehr leicht in kuglig-schalige, meist von Kalk durchsetzte Lamellen zerspringt. Dann folgt nach einer ca. 5 Cent. breiten Kalklage 20e eine ganz ähnliche Silikatzone 20c, welcher Wechsel von Carbonat und Silikat sich mehrfach wiederholt bis zu einer Entfernung von 0,6 Meter, wo der Felsvorsprung aufhört. Aus dieser äussersten Grenze ist die Silikateinlagerung 20f entnommen, die bald gelblich-weiss, bald grün gefärbt, sonst aber den Proben 20b und 20c sehr ähnlich ist. Da der Kalkstein von vielen der Monzonitwand parallelen Rissen durchsetzt wird, so ist es leicht möglich, dass manche der dem Monzonit gleichfalls parallel laufenden Silikatlagen Producte der Infiltration sind.

20. Monzonit 0,3 Meter von der Grenze.

20a. Stark veränderter Monzonit an der unmittelbaren Grenze von 20b.

20b. Grünes, serpentinarartiges Mineral.

20c. Wie 20b, 5 Cent. von demselben entfernt.

20d. Die graugelbe Kalklage zwischen 20b und c.

20e. Mit dem Kalk 20d innig vermengtes, thoniges Silikat.

20f. Kleine, von Kalk durchsetzte Silikateinlagerung 0,6 Meter von 20a entfernt.

	20.	20a.	20b.	20c.	20e.	20f.
CaO CO ₂	5,14	12,03	4,21	3,09		19,97
H ₂ O	1,73	4,44	11,86	11,61	14,52	11,80
SiO ₂	46,66	40,75	39,02	36,28	39,72	28,77
Al ₂ O ₃	15,89	15,39	10,65	11,86	3,89	4,82
Fe ₂ O ₃	14,18	11,38	6,68	7,09	1,52	2,35
CaO	5,77	3,82	10,44	7,82		2,20
K ₂ O	4,54	2,99				
Na ₂ O	2,58	2,92				
MgO	3,46	5,89	17,88	22,72	39,10	28,85
	<u>99,95</u>	<u>99,61</u>	<u>100,74</u>	<u>100,47</u>	<u>98,75</u>	<u>98,76</u>

20d. CaO CO ₂	78,55
MgO CO ₂	1,55
R	<u>18,50</u>
	100,55

Man sieht, der Gang der Metamorphose ist im Monzonit wie in den eigentlichen Contactmineralien derselbe, es bilden sich wasserhaltige Magnesiumsilikate, wobei Kalk und im Monzonit auch etwas Kali und Kieselsäure austritt. Hier wie bei der Probe 19 ist die Contactzone unverhältnissmässig stärker verändert als der Monzonit, was in erster Reihe der grossen Widerstandsfähigkeit der Alkalifeldspäthe zuzuschreiben ist, während die sehr kalkreichen und basischen Silikate Vesuvian, Gehlenit, Granat leicht ihren Kalk gegen Magnesia austauschen. Dann scheint es aber, dass die Bedingungen einer solchen Metamorphose in weiterer Entfernung vom Monzonit günstiger gewesen sind als in der Nähe, denn die unmittelbar anliegende Zone 20b ist kalkreicher, dagegen ärmer an Magnesia als die entferntere 20c; dasselbe findet auch bei den vorhergehenden Proben 19a und b statt. Die Silikate 20e und f sind Serpentine, doch lässt sich nicht mehr entscheiden, ob 20f durch Umbildung von Vesuvian entstanden oder ein Infiltrationsproduct ist, auch müssen künftige Untersuchungen feststellen, ob der Kalk 20d ursprünglich ein Predazzit war, dessen Magnesia die bei der Zersetzung des Monzonits freiwerdende Kieselsäure gebunden und so dem innig beigemengten Serpentin 20e die Entstehung gegeben hat.

Unterhalb der einspringenden Felsenecke E (Fig. 2), 5 Met. vom Monzonit entfernt, ist der Kalk von einem 0,6 Met. breiten, nicht ganz horizontalen Gange durchsetzt, welcher mit der Hauptmasse des Monzonits keinen Zusammenhang aufweist. Das Gestein ist chemisch wie physikalisch dem Monzonit sehr ähnlich, weshalb es diesem und nicht dem Melaphyr zugezählt werden soll. Der Gang ist sehr zerklüftet und mit dieser Zerklüftung geht eine mehr oder weniger vorgeschrittene Metamorphose Hand in Hand. Zwischen dem Kalk und dem Monzonitgang zieht sich eine 2—4 Cent. breite, gelbe Contactzone hin, die theils aus einem bröcklichen, erdigen Grus 21, theils aus grösseren compacten Stücken 21a besteht; auch letztere sind schon stark verändert, weich und auf den Rissen fettglänzend, sie zeigen aber eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den früher untersuchten wachsgelben, feinkörnigen Vesuvianzonen, ja man kann stellenweise, wenn auch selten, kleine, unvollkommen ausgebildete Krystalle erkennen, die, was Form betrifft, auf Vesuvian schliessen lassen. Die Umbildung des

Monzonits geht von den Kluftflächen aus und erstreckt sich nicht sehr tief. Im ersten Stadium der Metamorphose hat der dunkelgrüne Monzonit 21 b auf $\frac{1}{2}$ bis 1 Cent. Entfernung einen mehr braungrünen Farbenton angenommen 21 c, doch sind die einzelnen Mineralbestandtheile erkennbar; bei fortschreitender Zersetzung ist bis auf sehr spärliche Glimmerfragmente*) nichts mehr von den ursprünglichen Mineralien wahrnehmbar (21 e und g), die ganze Masse ist amorph, ölgrün und dem Serpentin sehr ähnlich, auch sind die Kluftflächen bisweilen von glänzenden, meist vertical laufenden Striemen bedeckt. Die sehr veränderten Partien des Monzonits kommen an der oberen Grenze des Ganges vor, die mittleren und unteren Stellen sind meist weniger umgewandelt. Nicht selten umschliessen die stark zersetzten Stücke im Innern einen zwar nicht ganz frischen Kern (21 d und f), doch sind die Mineralbestandtheile im letzteren noch erkennbar; es muss hervorgehoben werden, dass die Grenze des Kerns gegen die veränderte Hülle meist ziemlich scharf ist, auch ist die Cohäsion auf der Grenzpartie 20 gering, so dass man leicht den Kern trennen, so zu sagen herauschälen kann. Unmittelbar auf der Contactzone 20 ruht ein grosskrystallinischer, sehr reiner Kalkspath, der in einer Entfernung von 0,3 Meter durch feinkörnigen Predazzit 21 g ersetzt wird.

21. Wachsgelber, höchstens erbsengrosser Grus; amorph, weich, bisweilen fettglänzend.

21 a. Circa 100 Kubikcentim. grosses, compactes Stück, im Grus 21 eingebettet; krystallinisch körnig, stellenweise serpentinitartig amorph.

21 b. Dunkelgrüner, glimmerhaltiger, unersetzter Monzonit aus der Mitte des Ganges, ist an den Kluftflächen von einem 1 Cent. breiten, bräunlichgrünen Saum 21 c umgeben.

21 d. Etwas veränderter Kern eines ca. 50 Kubikcent. grossen Stücks, unmittelbar unter der Vesuvianzone 21 liegend; Feldspath und Hornblende sind noch erkennbar.

21 e. Sehr veränderte Hülle, ölgrün, serpentinitartig, hier und da Glimmerfragmente einschliessend, umgiebt den Kern 21 d und ist leicht von ihm spaltbar.

*) Der grösste Theil des Glimmers ist offenbar in Serpentin oder ein demselben nahe stehendes Mineral umgewandelt.

21 f. Kern 21 g, veränderte Hülle eines eben solchen Stücks von einer anderen Stelle.

21 g. Predazzit 0,3 Meter über dem Gange.

	21.	21 a.	21 b.	21 c.	21 d.	21 e.
Ca O CO ₂	4,12	4,59				
H ₂ O	8,58	4,86	1,93	2,91	4,20	12,37
Si O ₂	35,15	33,09	46,99	47,36	44,89	35,48
Al ₂ O ₃	12,02	12,12	19,31	18,77	15,50	13,29
Fe ₂ O ₃	6,47	8,52	13,27	12,30	13,57	10,85
Ca O	20,36	27,01	8,68	7,99	8,89	5,58
K ₂ O			2,79	2,69	2,54	} 0,40
Na ₂ O			2,85	2,69	2,10	
Mg O	12,58	7,94	4,18	5,17	7,87	21,86
	<u>98,98</u>	<u>98,13</u>	100	<u>99,88</u>	<u>99,56</u>	<u>99,83</u>

	21 f.	21 g.		21 h.
H ₂ O	3,54	9,34	Ca O CO ₂	79,53
Si O ₂	47,09	36,85	Mg O CO ₂	3,22
Al ₂ O ₃	16,41	14,93	Mg O H ₂ O	16,18
Fe ₂ O ₃	11,09	11,17	R	1,15
Ca O	8,48	8,17		<u>100,05</u>
K ₂ O	3,06	} 0,94		
Na ₂ O	2,00			
Mg O	8,56	19,23		
	<u>100,23</u>	<u>100,62</u>		

Im Vesuvian wie im Monzonit ist die Metamorphose in demselben Sinne verlaufen, es haben sich unter Austritt von Kalk und Kali wasserhaltige Magnesiasilikate gebildet. Im Monzonit hat eine sehr bedeutende Kieselsäureausscheidung stattgefunden, das Alkali ist fast völlig verschwunden, dagegen der Kalk verhältnissmässig wenig vermindert, auch lehrt ein Blick auf die Analysen, dass die ausgetretenen starken Basen durch mehr als die einfach äquivalente Menge Magnesia ersetzt sind.

Auf der Margola wurde der gegenwärtig im Betrieb befindliche Predazzitbruch untersucht, dessen Grundriss durch Fig. 6 veranschaulicht wird. Leider waren durch den Abbau die unmittelbaren Contactgegenden verschüttet, es konnten da-

her nur die entfernteren Theile untersucht werden. Auf der nördlichen Seite des Bruches wird der feinkörnige Monzonit 22 von vielen Rissen durchsetzt, deren Flächen etwas serpentinsirt sind. In der Nähe des Predazzits sind die Silikatgesteine in einen hellgrauen erdigen Grus verwandelt, von dem leider nicht mehr entschieden werden konnte, ob er aus Monzonit oder Vesuvian hervorgegangen ist. In dem Grus und zwar in der dem Monzonit zugewandten Partie finden sich 50 bis 100 Kubikcent. grosse, unregelmässig begrenzte, compacte Stücke 22a eingesprengt, die amorph sind und den Fettglanz und die grüne Farbe des Serpentin zeigen. Nach dem nicht unbedeutenden Alkaligehalt zu schliessen, sind sie wahrscheinlich Umwandlungsproducte des Monzonit und nicht der alkalifreien specifischen Contactmineralien. Auf der gegenüberliegenden Seite des Bruches ist der Monzonit in eine dunkelgrüne, chloritartige, zur Blätterung geneigte Masse 22b umgewandelt, in der man noch fleischfarbige, schlecht conturirte Feldspathkörner erkennen kann. Zum Predazzit hin wird die Blätterung vollkommen, man kann nichts mehr von den ursprünglichen Mineralbestandtheilen wahrnehmen, nur hier und da durchsetzen die schiefrige Masse 22c kleine, weisse, feinkrystallinische Einlagerungen, die wahrscheinlich neugebildete Zeolithe sind. Hervorgehoben sei, dass die Schieferungsflächen einander parallel sind und von oben nach unten verlaufen. Diese ganze Partie 22b und c ist übrigens nur einige Centimeter mächtig, worauf ohne Uebergang eine erdige, graue Masse 22d folgt, die zum Predazzit hin ähnliche compacte Stücke einschliesst, wie sie auf der andern Seite vorkommen. Schon der Anblick lehrt und die Analyse bekräftigt, dass diese Knollen 22e veränderter Monzonit sind. Die Hornblende ist nicht mehr wahrnehmbar, sondern in eine amorphe, serpentinartig glänzende Masse umgewandelt, dagegen ist der Feldspath trotz verwaschener Conturen und meist grünlicher Farbe deutlich erkennbar.

22. Monzonit, 1 Meter vom Predazzit entfernt.

22a. Grüne, serpentinartige Einlagerung im erdigen Grus; wahrscheinlich umgewandelter Monzonit.

22b. Dunkelgrüner, veränderter Monzonit.

22c. Dasselbe Gestein stark umgewandelt und von Zeolithen stellenweise durchsetzt.

22d. Grauer erdiger Grus.

22e. Verändertes Monzonitstück, im Grus 22d eingebettet.

	22.	22a.	22b.	22c.	22d.	22e.
CaO CO ₂		3,84	5,69		21,38	5,66
H ₂ O	1,86	11,47	4,69	13,02	10,81	4,59
SiO ₂	48,30	38,41	49,40	32,10	31,07	45,29
Al ₂ O ₃	18,42	16,20	18,81	16,98	11,69	17,13
Fe ₂ O ₃	10,56	7,40	8,86	22,80	8,61	10,39
CaO	10,03	3,42	1,42	5,59	2,13	1,88
K ₂ O	3,27	1,14	3,82		0,73	3,00
Na ₂ O	3,10	0,54	3,74		1,24	3,32
MgO	5,00	16,97	3,35	9,83	12,12	6,57
	<u>100,54</u>	<u>99,39</u>	<u>99,78</u>	<u>100,32</u>	<u>99,78</u>	<u>97,83</u>

Auch hier hat der Monzonit meist eine ähnliche Veränderung erlitten wie am Canzocoli: Alkali, Kalk und theilweise Kieselsäure sind ausgeschieden, Wasser und Magnesia aufgenommen worden. Bei den Proben 22b und e ist der Process anders verlaufen. Die Alkalifeldspäthe sind wenig verändert, die Hornblende und vielleicht auch der Kalkfeldspath sehr stark angegriffen, ohne dass der ausgetretene Kalk durch Magnesia ersetzt ist, oder der Ersatz ist wie in 22e ein sehr geringer gewesen. Wegen der localen Schwierigkeit konnte nicht ermittelt werden, ob die erdige Masse 22d ein Umwandlungsproduct des Vesuvian oder Monzonit ist, doch spricht für den letzteren der nicht unbedeutende Alkaligehalt, sowie das Vorkommen von wirklichen Monzonitstücken 22e. Eine derartige Umbildung eines Gesteins, wo ein grosser Theil bei tief eingreifender chemischer Metamorphose in einen feinen Grus oder Thon verwandelt wird, während kleine Stücke, obwohl im Grus eingebettet, ihre Cohärenz bewahrt und auch chemisch sich wenig verändert haben, ist keineswegs selten. Ein Beispiel dafür ist die veränderte Vesuvianzone 21 und 21a, und es soll später ein noch eclatanterer Fall beim Melaphyr mitgetheilt werden. Der Predazzitbruch wird in der Mitte von einem ca. $\frac{1}{2}$ Meter breiten, aufrechten Melaphyrgange durchsetzt. Das Gestein enthält kleine Olivinkörnchen und bis 1 Cent. grosse Krystalle basaltischer Hornblende eingesprengt

und ist von vielen Rissen durchzogen, die alle von einer sehr dünnen Schicht Serpentin oder eines demselben nahestehenden, fettglänzenden, gelblichgrünen Minerals bedeckt sind. Eine mechanische Isolirung dieser veränderten Schicht war nicht ausführbar. In der Nähe des Ganges führt der Predazzit neben Einlagerungen eines derben grünen Vesuvian oder Gehlenit braune oder gelbliche, amorphe, serpentinartige Knollen, die von dünnen Kalkspathlagen durchsetzt sind. Aus ihrer Zusammensetzung 22f können wir mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass sie aus Vesuvian oder Gehlenit entstanden sind. Gleichfalls in der Nähe des Melaphyrs werden die vielen Risse des Predazzits nicht selten von einem durchscheinenden, ölgrünen Serpentin 22g ausgefüllt. Die Serpentinmasse ist höchstens 3 Mm. dick und jedenfalls durch Infiltration entstanden.

	22f.	22g.
Ca O CO ₂	3,27	2,70
H ₂ O	14,30	15,02
Si O ₂	28,19	39,18
Al ₂ O ₃	17,65	2,70
Fe ₂ O ₃	4,83	1,51
Ca O	3,74	
Mg O	<u>28,10</u>	<u>39,43</u>
	100,18	100,54

Im Folgenden theilen wir die Zusammensetzung des Predazzits 22h mit und bemerken, dass derselbe an den Rissen die schon von vielen Forschern beobachtete Umwandlung erlitten hat: er ist nach Auslaugung sämmtlicher Magnesia porös geworden 22i.

	22h.	22i.
Ca O CO ₂	70,70	95,98
Mg O CO ₂		1,16
Mg O H ₂ O	29,15	0,50
R	<u>0,18</u>	<u>1,02</u>
	100,03	99,66

Fassen wir alle im letzten Abschnitt mitgetheilten Thatsachen zusammen, so ergibt sich, dass magnesiahaltiges Wasser

aus den Contactmineralien und dem auliegenden Monzonit Kalk und Alkali verdrängt hat, wobei meist die Kieselsäure theilweise abgeschieden wurde: es bildeten sich wasserhaltige Magnesiumsilikate, die äusserlich dem Serpentin sehr ähnlich sind. In der Regel haben die basischen Contactmineralien eine tiefer eingreifende Metamorphose erfahren als der Monzonit, und im letzteren ist die Hornblende in der Regel stärker verändert als der Alkalifeldspath. Meist sind die umgewandelten Gesteine zu einem thonig erdigen Grus zerfallen, in welchem Falle die chemische Umbildung noch weiter vorgeschritten ist als bei den grösseren compacten Stücken, die den Grus durchsetzen.

Wir wenden uns jetzt zu den Contacterscheinungen der vielen den Kalk von Canzocoli durchsetzenden Melaphyrgänge, wobei gleich bemerkt sei, dass nicht alle Gänge Contactbildungen zeigen. Leider lagen ausser der Angabe, dass der Melaphyr mehr oder weniger serpentinisirt sei, gar keine näheren Beobachtungen vor, wodurch die Untersuchung der sehr complicirten Verhältnisse bedeutend erschwert wurde, um so mehr, als der äussere Habitus der Gesteine über ihre chemische Zusammensetzung nicht den geringsten Aufschluss giebt. Die Contactbildungen sind in der That dem Serpentin äusserlich sehr ähnlich, aber durch die Analyse erkennt man, dass auch beim Melaphyr die Contactproducte sich in zwei wesentlich von einander verschiedene Kategorien einreihen lassen. In der Nähe des Kalkcarbonats, gleichviel ob dasselbe die äussere Begrenzung der Gänge bildet oder dieselben in feinen Adern durchsetzt, ist der Melaphyr frei von Alkalien, aber reich an Kalk und Magnesia, während bei den Contactproducten des Monzonits sehr viel Kalk, aber wenig Magnesia auftritt. Wir wollen diese Contactbildungen primäre nennen. Durch spätere hydrochemische Prozesse sind sowohl der unveränderte, alkalihaltige Melaphyr, als auch die primären Contactzonen in kalk- und alkalifreie, dagegen wasser- und magnesiareiche Verbindungen umgewandelt: also derselbe Vorgang wie bei dem Monzonit und dessen Contactbildungen. In der Regel treten primäre und secundäre Contacterscheinungen nebeneinander auf und erschweren dann die Sichtung ausserordentlich, da sie nur durch die Analyse unterscheidbar sind. Die primären Zonen sind gegen den unveränderten Melaphyr nicht scharf abgegrenzt

und lassen sich nur durch ihre hellere grüne Farbe und ihren serpentinähnlichen Habitus erkennen, welche letztere Erscheinung wahrscheinlich von einer beginnenden secundären Umbildung herrührt. Stellenweise sind die primären Contactzonen äusserlich täuschend ähnlich den das Profil A durchziehenden Silikatlagen 7 d und 12 a.

Etwa 15 Meter unter der Monzoniteinlagerung 21 ist der Kalk von einem ca. 5 Meter langen und im Maximum $\frac{1}{2}$ Meter breiten Melaphyrgange durchsetzt (Fig. 2 bei F und Fig. 7). Das von vielen Rissen durchsetzte graugrüne Gestein 23 ist nicht mehr frisch, seine einzelnen Bestandtheile sind schwer bestimmbar. An der Grenze gegen den Kalk ist der körnige Habitus der Binnenpartie verschwunden, der Saum ist dicht, serpentinartig und zeigt auf den Rissflächen Fettglanz; Spinell und weisse Glimmerblättchen durchsetzen ihn stellenweise. Es ist das die kalk- und magnesiareiche primäre Contactzone 23 a, zwischen welcher und dem umgebenden Kalkstein, mit scharfer Grenze gegen beide, bisweilen ein 1 bis 3 Mm. dickes, fast schwarzes Serpentinband 23 b sich hinzieht. Es liess sich nicht entscheiden, ob der Serpentin durch Metamorphose der primären Zone oder durch Infiltration entstanden ist.

	23.	23a.	23b.
Ca O CO ₂	3,50	7,11	
H ₂ O	3,88	1,96	15,72
Si O ₂	41,56	39,39	33,42
Al ₂ O ₃	14,31	10,65	8,81
Fe ₂ O ₃	5,59	5,43	3,88
Ca O	21,01	20,16	
K ₂ O			
Na ₂ O	0,71		
Mg O	9,32	14,77	37,17
	<u>99,98</u>	<u>99,47</u>	<u>99,00</u>

Die sehr zerklüftete, von Kalkspathadern durchzogene Spitze bietet ein Beispiel der secundären, hydro-chemischen Metamorphose dar. Der nicht mehr ganz frische Melaphyr 23 c wird dicht, stellenweise schwach glänzend 23 d, und ist, wenn man vom Fehlen des Glimmers absieht, dem primären Contactproduct 23 a sehr ähnlich. Bei weiter vorgeschrittener Um-

bildung wird das Gestein dunkelgrün, auf den zahlreichen Rissflächen stark glänzend und dem Serpentin täuschend ähnlich 23 e.

	23 c.	23 d.	23 e.	
Ca O CO ₂	1,02	2,86	2,00	
H ₂ O	4,84	9,48	12,82	
Si O ₂	41,67	34,79	35,50	Spec. Gewicht:
Al ₂ O ₃	16,57	13,77	12,59	23 c = 3,010
Fe ₂ O ₃	7,29	5,99	7,16	23 d = 2,682
Ca O	23,99	9,52	3,26	23 e = 2,653
K ₂ O	} 0,26			
Na ₂ O				
Mg O	4,58	23,02	29,10	
	<u>100,22</u>	<u>99,41</u>	<u>100,43</u>	

Man sieht, der Kalk ist ausgetreten und durch mehr als die einfach äquivalente Menge Magnesia und durch Wasser ersetzt worden, wobei die Kieselsäure theilweise ausschied. Die unmittelbare Umgebung des Ganges ist ein bräunlicher Kalkstein 23 f von folgender Zusammensetzung:

23 f.	
Ca O CO ₂	78,84
Mg O CO ₂	2,01
R	19,15
	<u>100</u>

Weiter tritt ein weisser oder bräunlicher Predazzit auf, der stellenweise aderförmig*) durch Schwefeleisen schwarz gefärbt ist.

Der grosse Steinbruch D auf Fig. 2 wird von mehreren Melaphyrgängen durchzogen, deren Lage Fig. 8 erläutert. Sie sind alle sehr stark zerklüftet, auf den Rissflächen stark glänzend und von Kalkschnürchen durchzogen. An der Grenze gegen den umgebenden, wie gegen den eingelagerten Kalk ist der Melaphyr in ein grünes, dem Serpentin sehr ähnliches Product umgewandelt, die Analyse weist aber nach, dass das-

*) Auf Fig. 7 ist eine solche Ader mit *a* bezeichnet.

selbe den primären Contactbildungen angehört. Wir beginnen mit dem im Maximum 1,5 Meter breiten, tief in den Kalk eindringenden Melaphyrgang I.

24. Schwarzer, unveränderter Melaphyr. Specif. Gewicht = 2,794.

24a. Unmittelbar den Kalk 24e berührende, hellgrüne, serpentinarartige Zone; zeigt keine scharfe Grenze gegen das unveränderte Gestein. Specif. Gew. = 3,196.

24b. Unveränderter Melaphyr, aus der Mitte des Ganges in der Nähe eines mit Kalkspath erfüllten Risses entnommen.

Zwischen dem eingelagerten Kalkspath und dem Melaphyr 24b zieht sich eine beiderseits scharf abgegrenzte, 1 Cent. breite, hellgrüne, serpentinähnliche Contactzone 24c hin. Die Risse des den Gang unmittelbar berührenden Kalkes 24e sind oft von gelblichweissem Serpentin 24d ausgefüllt.

	24.	24a.	24b.	24c.	24d.
CaO CO ₂		9,68	2,79	0,77	5,14
H ₂ O	2,19	3,78	2,86	2,64	12,90
SiO ₂	49,07	38,98	51,37	40,79	39,40
Al ₂ O ₃	15,84	12,69	16,29	13,43	4,87
Fe ₂ O ₃	10,52	7,16	5,66	6,09	0,65
CaO	8,21	19,16	10,12	20,13	
K ₂ O	5,55		2,31	0,90	
Na ₂ O	2,46		5,32	0,18*)	
MgO	5,77	16,68	3,77	15,01	37,26
	<u>99,61</u>	<u>99,13</u>	<u>100,49</u>	<u>99,94</u>	<u>100,22</u>

24e.	
CaO CO ₂	90,30
MgO CO ₂	1,49
R	8,27
	<u>100.</u>

Der $\frac{1}{2}$ Meter breite Gang II. zeigt dieselben Erscheinungen.

25. Schwarzer, unveränderter Melaphyr. Specif. Gewicht = 2,712.

*) FeS₂.

25 a. Dunkelgrünes, serpentinarartiges Contactproduct aus unmittelbarer Nähe des Kalkes 25 c entnommen, ohne scharfe Grenze gegen den Melaphyr 25. Specif. Gew. = 3,126.

25 b. Veränderter Melaphyr, graugrün gefärbt; entnommen der Mitte des Ganges aus unmittelbarer Nähe einer 1 Cent. breiten Kalkeinlagerung 25 d.

	25.	25 a.	25 b.		25 c.	25 d.
Ca O CO ₂	3,23	1,83	2,05	Ca C	98,16	80,35
H ₂ O	2,55	5,55	4,57	Mg C	1,51	0,42
Si O ₂	51,17	37,42	41,47	R	0,70	19,23
Al ₂ O ₃	17,52	16,79	15,97		<u>100,37</u>	<u>100</u>
Fe ₂ O ₃	7,15	6,15	6,05			
Ca O	6,65	14,02	18,02			
K ₂ O	7,77	0,37	0,91			
Na ₂ O	1,47	1,06 *)	0,95			
Mg O	2,42	15,78	9,86			
	<u>99,93</u>	<u>98,97</u>	<u>99,85.</u>			

Melaphyrgang III., ca. 1 Meter breit.

Der dunkelgrüne, sehr stark veränderte Melaphyr 26 ist an den zahlreichen Rissen, sowie an der Grenze gegen den umgebenden Kalk in eine hellgrüne, serpentinarartige, oberflächlich stark glänzende Masse 26 a umgewandelt. Diese Probe berührt den umgebenden Kalk.

	26.	26 a.	
Ca O CO ₂		4,33	
H ₂ O	7,56	3,66	
Si O ₂	44,24	40,35	Specif. Gew.:
Al ₂ O ₃	17,89	11,57	26 = 2,719
Fe ₂ O ₃	7,02	6,00	26 a = 2,996
Ca O	8,58	17,40	
K ₂ O	3,57	} 0,23	
Na ₂ O	0,85		
Mg O	10,22	16,19	
	<u>99,93</u>	<u>99,73</u>	

*) Fe S₂.

Der hohe Wassergehalt von 26 weist auf eine starke Umwandlung hin, und nach der Analogie mit den vielen vorhergehenden Fällen dürfen wir schliessen, dass die ganze Menge der Magnesia nicht ursprünglich dem Gestein eigen ist, sondern zum Theil mit dem Wasser aufgenommen wurde.

Der ca. 1 Meter breite Melaphyrgang IV. *) zeigt keine primären Contactzonen; er ist stellenweise von sehr vielen Rissen durchsetzt und hat eine graue Farbe angenommen, die feinen Risse sind von einem weissen, krystallinischen Mineral ausgefüllt, welches wahrscheinlich ein Zeolith ist und durch Umwandlung des Melaphyrs entstand. An der Grenze gegen den umgebenden Kalk oder Dolomit ist der Melaphyr auf 1—3 Cent. Entfernung in ein amorphes, dem Serpentin sehr ähnliches Product 27 b umgewandelt, zwischen welchem und dem umgebenden Kalk stellenweise eine im Maximum 5 Cent. breite Rotheisensteinzone sich hinzieht. **)

27. Schwarzer, unveränderter Melaphyr. Specif. Gewicht = 2,913.

27 a. Veränderter Melaphyr; grau, von vielen zeolitherfüllten Rissen durchsetzt.

27 b. Serpentinisirter Melaphyr berührt die Hämatitzone. Spec. Gew. = 2,702.

27 c. Feinkörniger, weisser Dolomit 1,5 Meter in westlicher Richtung vom Gange entfernt.

	27.	27 a.	27 b.		27 c.
H ₂ O	1,96	5,59	7,83	Ca	55,38
Si O ₂	50,23	48,98	38,04	Mg	42,80
Al ₂ O ₃	17,14	17,56	17,15	R	1,82
Fe ₂ O ₃	8,47	7,13	7,30		<u>100.</u>
Ca O	10,99	8,97	10,37		
K ₂ O	2,81	5,77	0,24		
Na ₂ O	3,05	1,18	0,38		
Mg O	5,19	4,85	19,38		
	<u>99,84</u>	<u>100,03</u>	<u>100,69.</u>		

*) Befindet sich gerade an der Stelle, wo der sehr beschwerliche Weg vom Steinbruch in's Thal führt.

**) Die Grenze dieser feinkörnigen, schwarzvioletten Rotheisensteinzone gegen den Melaphyr ist vollkommen scharf, gegen den Kalk aber ver-

Bei der Umwandlung des Melaphyrs in ein Zeolithgestein sind Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Kieselsäure etwas vermindert worden, dafür ist viel Wasser aufgenommen und das Natrium gegen Kali ausgetauscht. Die Serpentinisierung des Melaphyrs bestand in einer starken Ausscheidung von Kieselsäure und Alkali und Ersatz des letzteren durch mehr als die einfach äquivalente Menge Magnesia und durch Wasser; der Kalkgehalt ist kaum verändert, was auffallend ist, da der Kalk in der Regel früher austritt als das Alkali; dasselbe fand auch bei dem Monzonit 21 c und g statt.

Etwa 10 Meter von diesem Gange entfernt durchsetzt den Dolomit*) die ca. $1\frac{3}{4}$ Meter breite Melaphyrader Fig. 9; sie besitzt gleichfalls keine primären Contactzonen, ist aber an ihrem, in einen seitlichen Fortsatz auslaufenden Kopfende sehr stark serpentinisiert. Der schwarze Melaphyr 28**) ist bis zu ca. 2 Meter Entfernung vom Kopfende wenig verändert, nur stellenweise in eine bröckliche, schmutziggelblich gefärbte, auf den Rissen stark glänzende Masse 28a umgewandelt, in der man noch die Feldspäthe und den Augit erkennen kann. Nach oben zu ist das Gestein in seiner ganzen Masse verändert, zunächst noch compact, dann aus lauter Breccien bestehend und schliesslich thonig schiefrig. Unmittelbar unter der Breccienlage ist die Probe 28b entnommen und etwa 10 Cent. tiefer die Probe 28c, welche beide gelblich grau gefärbt und compact sind, im Uebrigen aber der bröcklichen Probe 28a gleichen.

waschen; eine Analyse ergab, dass diese Zone 8 pCt. Fe_2O_3 enthält, der Rest ist $\text{Ca}\ddot{\text{C}}$ und Silikate. Auf Fig. 8 ist diese Zone durch die Schraffirung angedeutet.

*) Der Dolomit 0,3 Meter über dem Kopfende des Ganges besteht aus 57,62 pCt. $\text{Ca}\ddot{\text{C}}$, 41,45 pCt. $\text{Mg}\ddot{\text{C}}$ und 1,26 pCt. R.

**) Der Augit in demselben wurde durch Messung folgender Winkel bestimmt: $P = 120^\circ$, $\infty P : \infty P \infty = 132^\circ$.

	28.	28 a.	28 b.	28 c.	
H ₂ O	1,32	11,30	11,92	7,39	
Si O ₂	51,23	48,84	46,49	46,51	
Al ₂ O ₃	16,84	16,68	16,98	18,28	Specif. Gew.:
Fe ₂ O ₃	10,96	9,77	11,50	11,51	28 = 2,864
Ca O	8,77	2,99	1,66	3,72	28 a = 2,566
K ₂ O	3,28	3,31	3,34	3,11	28 b = 2,587
Na ₂ O	2,34	0,98	0,65	1,72	
Mg O	5,07	6,20	6,60	6,03	
	<u>99,81</u>	<u>100,07</u>	<u>99,14</u>	<u>98,27</u>	

Man sieht, das Natron und der Kalk sind stark ausgeschieden und statt deren viel Wasser, aber wenig Magnesia aufgenommen; der Kieselsäuregehalt ist etwas vermindert, die Kalimenge aber dieselbe geblieben.

Ueber der Probe 28 b ruht die ca. 15 Cent. dicke, lockere Breccienlage; die einzelnen Stücke, deren Grösse von der einer Linse bis zu 100 Kubikcent. variirt, sind im Innern der Probe 28 a sehr ähnlich und auch oberflächlich mehr oder weniger glänzend. No. 28 d ist die Zusammensetzung des feinen Gruses, No. 28 e die eines ca. 30 Kubikcent. grossen, auf der ganzen Oberfläche stark glänzenden Stücks, welches im Grus eingebettet ist.

	28 d.	28 e.	
Ca O CO ₂	2,22		
H ₂ O	10,86	12,62	
Si O ₂	44,01	44,05	
Al ₂ O ₃	16,17	16,87	Specif. Gew.:
Fe ₂ O ₃	10,80	10,94	28 e = 2,487
Ca O	1,54	1,36	
K ₂ O	3,60	3,29	
Na ₂ O	0,51	0,42	
Mg O	8,30	9,04	
	<u>98,01</u>	<u>98,59</u>	

Die Metamorphose ist genau dieselbe wie bei den vorhin erörterten Proben, nur ist auffallend, dass das grössere Stück 28 e stärker verändert ist als der feine Grus.

Ueber der Breccie ruht eine 3—10 Cent. breite Schicht eines blaugrauen, plastischen Thones 28f, der eine schlechte, aber deutlich erkennbare Schieferung zeigt. In diesem Thon sind bis 100 Kubikcent. grosse, feste Stücke 28g eingebettet, die oberflächlich stark glänzen und dunkelgrün oder schwarzviolett gefärbt sind; im Innern lassen sich die Augitkrystalle noch erkennen. Zerschlägt man ein Stück, so finden sich auch im Innern kleine, stark glänzende Stellen; dasselbe konnte auch an der veränderten Monzonitknolle 22e beobachtet werden. An der Grenze gegen den aufliegenden Dolomit fehlen diese Melaphyrstücke, und der hier etwas grünliche Thon 28h besitzt eine ziemlich gute Schieferung, deren Richtung parallel der oberen Grenze des Ganges läuft. Der seitliche Ausläufer besteht gleichfalls aus Thon. Die tiefer liegenden Stellen des Melaphyrganges sind nur an den Grenzen gegen den Dolomit auf höchstens 3 Cent. Entfernung in eine schwarzgrüne, amorphe, serpentinähnliche Masse 28i umgewandelt, in der sich nichts mehr von den früheren Mineralbestandtheilen erkennen lässt.

28f. Blaugrauer Thon.

28g. 30 Kubikcent. grosse, stark veränderte Melaphyrknolle im Thon 28f eingebettet. Specif. Gew. = 2,537.

28h. Grünlichblauer Thon vom Kopfe des Ganges.

28i. Serpentinähnliches Umwandlungsproduct des Melaphyrs an der Grenze gegen den Dolomit; ca. 3 Meter unterhalb 28h. Specif. Gewicht = 2,544.

	28f.	28g.	28h.	28i.
Ca O CO ₂	5,48	0,68	3,26	
H ₂ O	11,36	10,45	14,49	14,31
Si O ₂	42,99	45,17	35,10	36,50
Al ₂ O ₃	15,01	18,24	15,05	19,89
Fe ₂ O ₃	9,67	9,99	8,43	10,41
Ca O	0,60	1,34	0,40	1,84
K ₂ O	3,17	4,18	} 0,62	0,30
Na ₂ O	0,41	0,43		
Mg O	11,07	8,18	22,00	15,68
	<u>99,76</u>	<u>98,66</u>	<u>99,35</u>	<u>98,93</u>

Alle Umwandlungen des Melaphyre lassen sich dahin zusammenfassen: Kalk und Natron treten fast vollständig, Kieselsäure

säure theilweise aus, Wasser und Magnesia werden aufgenommen. Nur bei den beiden in unmittelbarer Nähe des Dolomits befindlichen Proben, dem Thon 28h und dem serpentinarartigen Product 28i, ist der Process am energischsten gewesen: auch sämtliches Kali ist ausgetreten, und die ausgetretenen Basen sind durch mehr als die einfach äquivalente Menge Magnesia ersetzt worden. In allen übrigen Fällen ist die Compensation durch Magnesia eine geringe gewesen und die Kalimenge ist unverändert geblieben. Zur Entscheidung der Frage, ob das Kali in dem veränderten Melaphyr noch in Form von Orthoklas vorhanden sei, wurde der Thon 28f mit concentrirter Schwefel- und Salzsäure behandelt und die abgeschiedene Kieselsäure durch Natronlauge gelöst. Es hinterblieb ein 18,54 pCt. betragender, sandiger Rückstand, dessen Zusammensetzung folgende ist:

28 k.

H ₂ O	0,28
Si O ₂	67,82
Al ₂ O ₃	17,15
Fe ₂ O ₃	0,69
K ₂ O	13,12
Na ₂ O	0,94
CaOMgO	Spur
	<u>100.</u>

Er ist reiner Orthoklas, bloß 0,75 pCt. Kali lassen sich durch genannte Säuren aus dem Thone abspalten. Dass der Orthoklas im Vergleich mit den Plagioklasfeldspäthen eine sehr grosse Widerstandsfähigkeit gegen metamorphisirende Gewässer besitzt, ist schon in einer früheren Arbeit*) dargethan worden,

*) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellsch. Bd. XXI., p. 335. Die blauen silurischen (untersucht von KUPFER im Archiv für Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, 1. Serie, Bd. V., p. 69) und devonischen (von mir analysirt ibidem Bd. IV., p. 85) Thone Russlands hinterlassen nach Behandlung mit H₂ O SO₃ und HCl einen aus Quarz und Thonerdekalisilikat bestehenden Rückstand; das Silikat enthält fast gleiche Aequivalente Al₂ O₃ und K₂ O. Da wir nun wissen, dass selbst bei so tief eingreifender Metamorphose, wie sie der Melaphyr erlitten hat, der Orthoklas sehr wenig verändert wurde, können wir mit Sicherheit schliessen, dass dass der in Säuren unlösliche Rückstand der genannten Thone gleichfalls Orthoklas enthält.

und eine demnächst zu veröffentlichende Untersuchung über den Turmalingranit von Predazzo soll diese Verschiedenheit der Feldspäthe noch ersichtlicher machen.

Die im Thon 28f eingebettete Melaphyrknolle 28g ist weniger umgewandelt als ihre Umgebung; dasselbe wurde auch bei der Vesuvianbreccie 21 und 21a und bei dem Monzonit 22d und e beobachtet, die grösseren Stücke sind in der Regel minder verändert als ihre feinkörnige Umgebung. Wie liesse sich das Vorkommen solcher Stücke in einem feinen, stark veränderten Grus oder Thon erklären? Wahrscheinlich wurde das frische Gestein durch einen Druck zerkleinert, es bildete sich eine Breccie, deren einzelne Theile sehr verschiedene Grösse hatten. Begann jetzt die hydro-chemische Metamorphose, so ist klar, dass die kleineren Stücke rascher umgewandelt wurden als die grösseren, weil sie bei gleicher Masse eine grössere Oberfläche dem metamorphisirenden Wasser darboten, aus ihnen entstand ein feiner Grus oder Thon. Bei dem Melaphyr dürfte noch ein anderer Umstand für einen stattgefundenen Druck sprechen: die Schieferung des Thones. Von der eben beschriebenen Melaphyrader ab bis zum Beginn des grossen Gerölles ziehen sich mehrere Gänge von verschiedenen Silikatgesteinen hin, deren nähere Untersuchung unterblieb.

Zum Schluss seien noch als Wegweiser bei künftigen Untersuchungen einige Analysen von Gesteinen mitgetheilt, deren gegenseitiger Zusammenhang nicht ermittelt werden konnte, gerade weil beim Einsammeln der Proben die Kenntniss ihrer chemischen Constitution fehlte.

29. Weisser Predazzit ca. 60 Meter vom Monzonit entfernt, in der Nähe des Gerölles (Fig. 2).

29a. Grünlicher Dolomit 1 Meter unterhalb 29.

29b. Gelblicher Dolomit in der Nähe der Melaphyrgänge (Fig. 2).

	29.	29 a.	29 b.
Ca O CO ₂	60,89	54,66	53,89
Mg O CO ₂	8,42	34,72	37,21
Mg O H ₂ O	27,70	1,72	
R	2,90	8,88	8,90
	<u>99,91</u>	<u>100</u>	<u>100.</u>

Ueber 70 Meter Entfernung vom Monzonit gerechnet scheint der Predazsit nicht mehr aufzutreten; da in seiner Nähe Dolomit vorkommt, dürfte diese Stelle bei künftigen Untersuchungen näher zu berücksichtigen sein, um die wichtige Frage, ob der Predazsit Uebergänge in Dolomit zeigt, zu entscheiden. Die geringe Menge hydratischer Magnesia im Dolomit 29 a ist wohl nur aus 29 infiltrirt.

In der Nähe der Melaphyrgänge (Fig. 2) ragen aus dem Gerölle horizontale Schichten hervor, die aus einem sehr dichten, bandjaspisartig schwarzgrau gefärbten Silikatgestein bestehen. Vielleicht sind es umgewandelte Triasschichten.

30. 12 Meter unter dem Dolomit 29 b.

30 a. 4 Meter unterhalb 30.

30 b. 3 Meter unter 30 a. Alle Schichten enthalten stellenweise Schwefelkies.

	30.	30 a.	30 b.
Ca O CO ₂	1,82		
H ₂ O	1,93	1,71	1,20
Si O ₂	62,55	63,94	71,14
Al ₂ O ₃	16,08	16,59	13,67
Fe ₂ O ₃	5,98	7,03	3,67
Ca O	2,85	2,25	1,30
K ₂ O	5,80	5,61	6,10
Na ₂ O	0,89	0,61	1,06
Mg O	2,33	2,56	1,77
	<u>100,23</u>	<u>100,30</u>	<u>99,91</u>

Die gegenwärtig von der Mehrzahl der Geologen angenommene Hypothese lässt die eben beschriebenen Contactproducte durch Einwirkung des feurig flüssigen Monzonits und Melaphyrs auf den Triaskalkstein entstehen; es soll im Folgenden untersucht werden, wie weit diese Anschauung mit den ermittelten Thatsachen im Einklange steht.

1. Die völlige Abwesenheit von Versteinerungen, sowie das Fehlen eines continuirlichen Zusammenhangs mit wirklichen Triasschichten, lassen die Zuzählung der Carbonatlagen am

Canzocoli, als zur Trias gehörig, keineswegs so ausgemacht erscheinen, als dies meistens angenommen wird, und die von SCHEERER *) aufgeführten Bedenken sind durchaus gerechtfertigt. Leider lagen während meines Aufenthalts in Predazzo keine Analysen vor, aus denen man den Schluss ziehen konnte, dass die in Rede stehende Frage auf chemischem Wege entschieden werden kann, und bleibt somit auch die endliche Erledigung einer künftigen Untersuchung vorbehalten, so giebt die vorliegende wenigstens den Weg an, auf dem die Entscheidung zu erlangen ist. Die den Carbonaten des Profils A innig beigemengten Silikate Serpentin, Olivin, Spinell, sowie die kalk- und magnesiareichen Verbindungen 7d, 11, 12a sind so charakteristisch und, was letztere nebst Spinell und Olivin betrifft, in keiner Sedimentformation bis jetzt angetroffen, dass man ihnen denselben diagnostischen Werth wie den Leitfossilien beilegen kann. Kommen diese Verbindungen wirklich vor in den Seisser Schichten unterhalb Predazzo nach Ziano zu, dann ist die Identität dieser Schichten mit denen am Canzocoli erwiesen. Es ist übrigens nicht nöthig, dass alle diese Verbindungen sich wiederfinden, auch ihre Aequivalente genügen; der Olivin, der leicht in Serpentin umgewandelt wird, kann durch diesen, der Predazzit durch Dolomit ersetzt sein, aber das Verhältniss des gesammten Kalks zur gesammten Magnesia muss ziemlich dasselbe sein wie in den Schichten am Canzocoli. Es wird ferner nöthig sein, auch die zwischen Canzocoli und Ziano liegenden Seisser Schichten an möglichst vielen Punkten chemisch zu untersuchen, um zu entscheiden, ob durch den Monzonit eine Umwandlung bewirkt wurde und welcher Art sie ist.

2. Die Frage, ob der Predazzit eine chemische Verbindung oder ein Gemenge von Kalzit und Brucit sei, ist von DAMOUR**), RICHTHOFEN und HAUENSCHILD***) im letzteren Sinne beantwortet worden, während ROTH die erstere Ansicht aufstellte. Die drei erstgenannten Forscher führen an, dass das Gestein unter dem Mikroskop sich in ein Gemenge von

*) N. Jahrb. f. Min. v. LEONHARD 1864, p. 408.

**) Bulletin de la Société géologique de France. II Serie, Bd. IV., p. 1050.

***) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1869. p. 795.

Kalkspath und Brucit auflöst, ja HAUENSCHILD konnte sogar letzteres Mineral in der ihm eigenthümlichen Krystallform erkennen; eigene Untersuchungen bestätigen diese Angaben, indess ist das Anfertigen mikroskopischer Dünnschliffe eine zeitraubende Arbeit und jedenfalls am Orte der Untersuchung nicht ausführbar, andererseits sind bei sehr feinkörnigen Varietäten die Resultate keineswegs hinreichend prägnant. Es war daher wünschenswerth, eine Methode ausfindig zu machen, die diese Missstände beseitigt. Das Princip dieser Methode ist folgendes: kohlensaurer Kalk zersetzt eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd in der Kälte nicht, während Magnesiahydrat schwarzes Silberoxyd abscheidet; ist der Predazzit ein Gemenge, so muss er, in Silberlösung getaucht, an den Stellen, die aus Brucit bestehen, Silberoxyd ausfallen, an den Stellen, die aus Kalkspath bestehen, unverändert bleiben, das ursprünglich weisse Gestein von schwarzen Partien durchsetzt werden. Das findet nun in der That statt und zwar bei allen hier analysirten Proben ohne Ausnahme. Das einzuschlagende Verfahren ist folgendes: man schleift ein dünnes Predazzitstück, dessen Grösse $\frac{3}{4}$ Quadratcent. nicht zu überschreiten braucht, an, so dass es etwa 1 Mm. dick ist, wobei ausdrücklich bemerkt sei, dass es durchaus unnöthig ist, der angeschliffenen Fläche eine Politur zu geben. Das Anschleifen kann mit freier Hand auf einer mässig feinkörnigen Stahlfeile, welche den Geologen auch auf den Excursionen begleiten kann, ausgeführt werden; noch bequemer ist das Anschleifen auf einem rotirenden Sandstein. Nachdem die Platte mit Wasser abgespült ist, taucht man sie in eine nicht zu verdünnte Silberlösung; nach einer halben Stunde ist die Schlifffläche von schwach braunen Partien durchsetzt, die immer dunkler werden, indess selbst nach 15—20 Stunden noch nicht die schwarze Farbe des Silberoxyds angenommen haben. Diese Methode würde für Untersuchungen an Ort und Stelle zu viel Zeit in Anspruch nehmen und musste deshalb modificirt werden.

Taucht man ein Brucitblättchen (es wurde sibirisches benutzt) in eine Silberlösung, so tritt auch hier nach einer halben Stunde eine schwache Bräunung ein, die aber selbst nach einem Tage wenig intentiv ist; es ist somit klar, dass die krystallisirte, hydratische Magnesia sich zu langsam im Wasser löst. Wird dagegen das Brucitblättchen über einer kleinen

Weingeistlampe erhitzt, bis es sein Wasser verloren hat, was man daran erkennt, dass es undurchsichtig wird und eine schwach rosa*) Farbe annimmt, und dann nach vollständigem Abkühlen in Silberlösung getaucht, so tritt augenblickliche Bräunung ein und nach einigen Minuten ist das Blättchen fast schwarz.

Erhitzt man eine Predazzitplatte auf einem Platinblech bis zum noch nicht wahrnehmbaren Glühen und behandelt sie nach dem Abkühlen**) mit Silberlösung, so kann man im Laufe einer halben Minute wahrnehmen, wie der Brucit vom schwächsten bis zum intensivsten Schwarzbraun alle Farbenschattirungen durchläuft, während der umgebende Kalkspath unverändert weiss bleibt. Diese Reaction ist so empfindlich, dass selbst die feinsten, von Brucit ausgefüllten Capillarrisse sichtbar werden, und die Conturen gegen den umgebenden Kalzit sind vollkommen scharf. Da die Manipulationen äusserst einfach sind und vom Anschleifen der Platte bis zum Eintauchen in die Silberlösung bei einiger Uebung höchstens zehn Minuten nöthig sind, so kann diese Methode auch bei den Excursionen angewandt werden, und es wird der Predazzit, den man bis jetzt nur durch die Analyse sicher nachweisen kann, dem Geologen nicht mehr entgehen, vor Allem wird man leicht die Grenzen von Predazzit einerseits und Dolomit und Marmor andererseits feststellen können, namentlich die Uebergänge, deren Bedeutung für die Entstehungsgeschichte keiner Erläuterung bedarf. Die Grösse der durch Silberoxyd sichtbar gemachten Brucitkrystalle ist sehr verschieden, noch grösser aber die Ungleichmässigkeit der Vertheilung im Kalkspath; in scheinbar sehr gleichförmigen Predazziten kommen Kalzitpartien von 10 bis 12 Mm. Länge und 2 bis 3 Mm. Breite vor.

Im Folgenden sollen noch zwei Methoden mitgetheilt werden, die zwar umständlicher sind, aber eben so scharfe Resultate geben. Es wurde ein sehr schönes Stück Predazzit (die analysirte Probe 22h) zu einer kaum $\frac{1}{2}$ Mm. dicken Platte geschliffen und schliesslich mit Predazzitpulver polirt. Im auf-

*) Wohl von der Oxydation des Eisenoxyduls zu Oxyd herrührend.

**) Das Abkühlenlassen ist durchaus erforderlich, weil kohlenaurer Kalk Silberlösung in der Hitze fällt. Bei Excursionen wird es bequem sein, die Silberlösung aus einem Tropfglase auf die Platte zu giessen.

fallenden Lichte betrachtet, sah man im glänzenden, milchweissen Kalkspath die matten, dunkleren Brucitpartien. Mit Wasser befeuchtet und im durchfallenden Lichte betrachtet, erschienen die Brucitpartien heller als der umgebende Kalzit; wurde die Platte über der Weingeistlampe erhitzt und dann im durchfallenden Lichte untersucht, so waren die Transmissionsverhältnisse umgekehrt: die Brucite waren durch den Wasserverlust undurchsichtig geworden und grenzten gegen den umgebenden Kalzit, der das Licht fast ebenso stark wie vor dem Erhitzen durchliess, wenn auch nicht scharf conturirt, so doch sehr deutlich ab. In Silberlösung getaucht, wurden nun die undurchsichtig gewordenen Partien durch Silberoxyd schwarz gefärbt, nicht aber die durchscheinenden; erstere waren somit wirklich Brucit.

Die andere Methode beruht auf der Thatsache, dass Magnesiahydrat Ammoniaksalze schon bei mässiger Temperatur zerlegt, während Kalkcarbonat erst bei ca. 100° , dann aber sehr energisch einwirkt. Von dem analysirten Predazzit 22h wurde eine Platte angefertigt, über der Lampe erhitzt bis zum Undurchsichtigwerden des Brucits und dann vier Wochen lang mit einer concentrirten Salmiaklösung bei ca. 30° behandelt; es ist nicht rathsam, eine höhere Temperatur anzuwenden, da schon bei der genannten geringe Mengen kohlen-sauren Kalks gelöst werden. Nach Verlauf dieser Zeit wurde die Salmiaklösung untersucht und in ihr neben sehr wenig Kalk viel Magnesia gefunden; die Predazzitplatte war dagegen von fast stecknadelkopfgrossen Höhlungen durchsetzt, ja stellenweise völlig durchbohrt, sie war von dem in der Natur ausgelaugten Predazzit 22i kaum zu unterscheiden, auch waren die Höhlungen nicht rund, sondern eckig wie die unveränderten Brucitblättchen.

Die Veränderung, welche der schwarze Predazzit durch die Atmosphärien erleidet, wurde schon zu Anfang bei der Probe 5 beschrieben, hier sollen noch einige erläuternde Experimente mitgetheilt werden. Von den dunklen Striemen 6a wurden 1 Mm. dicke Schiffe angefertigt und dann wie früher über der Lampe erhitzt. Dabei beobachtet man, dass die in der grauen Grundmasse eingesprengten schwarzen Körnchen blassbraun werden, was auch bei dem natürlichen Verwitterungsprocess stattfindet. Taucht man eine solche vorher er-

hitze Platte in Silberlösung, so werden nur die beim Erhitzen gebräunten Körnchen durch sich ausscheidendes Silberoxyd schwarz, nicht aber ihre Umgebung; das Schwefeleisen ist somit nur im Brucit concentrirt, nicht auch im Kalkspath. Um nun darzuthun, dass wirklich Schwefeleisen das färbende Material ist, wurde ein vorher erhitzter Dünnschliff mit gelbem Schwefelammonium ca. eine halbe Stunde behandelt; die ursprünglich schwarzen, durch Erhitzen blassbraun gewordenen Stellen nahmen dieselbe schwarze Färbung an, die sie früher hatten. Es wurden ferner von dunklen Predazziten (5, 6a), die sich im ersten Stadium der Verwitterung befanden, wo also die schwarzen Brucitkörnchen durch die oxydirende Wirkung der Atmosphärlilien eine blassbraune oder gelbliche Farbe erhalten hatten, dünne Platten angefertigt und dieselben einige Stunden mit Schwefelammonium behandelt. Die gelblichen Brucitkörner wurden meist intensiv schwarz und nur da, wo die Verwitterung stark vorgeschritten war, hatten sie die bekannte dunkelgrüne Färbung des feinertheilten Schwefeleisens angenommen. Diese Versuche liefern den schlagenden Beweis, dass äusserst geringe Mengen Schwefeleisen hinreichen, um Gesteinen eine schwarze Farbe zu ertheilen, und die vielfach ausgesprochene Meinung, dass manche Sedimente feinertheiltem Schwefelkies ihre dunkle Farbe verdanken, findet hier ihre experimentale Stütze. In welcher Schwefelungsstufe das Eisen im Predazzit vorkommt, konnte wegen Mangel an Material nicht sicher ermittelt werden, wahrscheinlich ist es als Magnetkies vorhanden. Fassen wir das in diesem Abschnitt Behandelte zusammen, so ergibt sich Folgendes: der Predazzit ist ein Gemenge von Kalzit und Brucit; die intensiv schwarze Färbung desselben wird durch feinertheiltes Schwefeleisen und nicht durch organische Substanz hervorgerufen; das Schwefeleisen ist im Brucit und nicht im Kalzit concentrirt; bei der Zersetzung des Predazzits wird zuerst das Schwefeleisen oxydirt, dann wird der Brucit völlig ausgelaugt, es hinterbleibt reiner Kalkspath.*)

*) Zwischen dem Predazzit und dem Kalkspath bilden sich bisweilen intermediäre Producte, insofern der Brucit theilweise in Hydrocarbonat umgewandelt wird.

3. Das Mengenverhältniss des im Predazzit*) enthaltenen Kalzits und Brucits, in Atomgewichten ausgedrückt, ist in den meisten Fällen das von 1 : 1, seltener wie 2 : 1; zwischen beiden Verhältnissen kommen Uebergänge vor, die übrigens zum Theil durch Zersetzung resp. Fortführung des Brucits hervorgebracht sind. Selten sind Kalzit und Brucit zu genau gleichen Aequivalenten enthalten, in der Regel überwiegt der Kalkspath, wie das bei den meisten Dolomiten stattfindet. Dieses einfache atomistische Verhältniss war der Hauptgrund, den Predazzit für eine chemische Verbindung zu erklären, und in der That hält es schwer, eine Ursache ausfindig zu machen, die bewirkte, dass aus einer wässrigen Lösung zwei mit einander in keinem Zusammenhang stehende Mineralien in äquivalenten Proportionen niedergeschlagen wurden. Es liegt nun der Gedanke nahe, und ist derselbe schon von VOLGER**) ausgesprochen worden, dass der Predazzit ursprünglich ein Dolomit war, dessen Magnesia durch eine spätere Metamorphose ihre Kohlensäure verloren und statt deren Wasser aufgenommen hat. Bis jetzt kennen wir nur ein Agens, welches diese Umbildung bewirken konnte: die Wärme; wir wissen ferner, dass bei Gegenwart von Wasserdampf Kalk- und Magnesiicarbonat ihre Kohlensäure bei niederer Temperatur fahren lassen; es fragt sich nun, wird unter diesen Umständen der Dolomit so zerlegt, dass nur die Magnesia, nicht aber zugleich der Kalk die Kohlensäure verliert? Zur Entscheidung dieser Frage wurden folgende Experimente angestellt. Feingepulverter Bitterspath von Kimito in Finland wurde in einem eisernen Rohre bis zum noch nicht wahrnehmbaren Glühen erhitzt und dabei ein rascher Strom von Wasserdampf durchgeleitet; das offene Ende des Rohres war durch Barytwasser abgesperret, um an der Bildung des Barytcarbonats den Gang des Processes verfolgen zu können. Bei einer Temperatur etwas über

*) Die von ROTH gemachten Unterschiede: Predazzit und Pencatit sind absichtlich übergangen, da sie ihre Bedeutung als Bezeichnungen für Mineralien verloren haben.

**) VOLGER (Talkglimmerfamilie, p. 233) nimmt an, dass blos Wasser den Dolomit zerlegt habe; aber wäre dem so, dann müsste der Predazzit eine der häufigsten Gebirgsarten sein und dürfte in den Dolomiten der Sedimentformationen nie fehlen.

200° war eine Kohlensäureentwicklung schon bemerkbar, sie war aber äusserst schwach und die Hitze musste gesteigert werden, um nicht zu viel Zeit zu verlieren. Nach Verlauf von acht Stunden wurde der Versuch unterbrochen, nachdem sich im Sperrwasser ein sehr reichlicher Niederschlag von Barytcarbonat gebildet hatte. Das Pulver wurde dann mit Wasser schwach befeuchtet, auf dem Wasserbade und zuletzt bei 120° getrocknet. Seine Zusammensetzung war folgende:

CO ₂	35,84	=	58,10	Ca O CO ₂
Ca O	32,54	=	19,62	Mg O CO ₂
Mg O	20,63	=	15,46	Mg O H ₂ O
H ₂ O	4,80	=	0,60	Mg O
R*)	6,23	=	6,23	R
			<u>100,04.</u>	

Die Analyse giebt keinen Aufschluss über die Gruppierung der Elemente, es wurde deshalb eine Portion des Pulvers mit Salmiaklösung**) bei ca. 70° $\frac{1}{4}$ Stunde lang behandelt. Hatte bloß die Magnesia des Dolomits ihre Kohlensäure verloren, so musste sie allein vom Salmiak gelöst werden, da bei 70° der kohlensaure Kalk nur wenig angegriffen wird; waren dagegen Kalk und Magnesia caustificirt worden, so mussten beide in Lösung gehen, und zwar der Kalk, als die stärkere Basis, unverhältnissmässig rascher. Es wurden nun durch Salmiak 7,52 pCt. MgO = 10,90 MgOH₂O und bloß 0,89 pCt. Kalk extrahirt, die Magnesia war also allein als Hydrat vorhanden. Ein eben solcher Versuch wurde mit einem Dolomit von Predazzo angestellt. Die Zusammensetzung des bei 120° getrockneten, umgewandelten Products ist folgende:

CO ₂	32,50	=	62,75	Ca O CO ₂
Ca O	35,14	=	9,33	Mg O CO ₂
Mg O	24,53	=	21,94	Mg O H ₂ O
H ₂ O	6,81	=	4,96	Mg O
R	1,01	=	1,01	R
			<u>99,99.</u>	

*) R : eingesprengte Silikate.

**) Beim Zusammenstellen der Arbeit fällt mir ein, dass kaustischer Kalk, namentlich wenn er sich in geringer Menge vorfindet, am sichersten durch Digestion mit MgCl₂ den übrigen Stoffen entzogen und quantitativ bestimmt werden kann.

Mit Salmiak behandelt gingen $15,88 \text{ Mg O} = 23,02 \text{ Mg O H}_2\text{O}$ und $0,30$ Kalk in Lösung. Ein ähnliches, jedoch wasserfreies Umwandlungsproduct vom Monte Somma hat ROTH*) untersucht und die Vermuthung ausgesprochen, dass dasselbe ein durch erhitze Wasserdämpfe veränderter Dolomit ist. Ferner theilt ROSEN**) die Analyse eines wahrscheinlich durch die Hitze eines Kalkofens und durch Atmosphärlilien veränderten Dolomits mit, dessen Zusammensetzung folgende ist:

H ₂ O***)	2,80
CaO CO ₂	59,43
MgO CO ₂	8,30
MgO H ₂ O	27,12
R	3,15
	100,80

Der Dolomit wird also durch erhitzten Wasserdampf wirklich in ein Gemenge von Kalkspath und Magnesiahydrat zerlegt, und es ist möglich, dass diese Umwandlung schon bei verhältnissmässig niedriger Temperatur eintritt, worüber künftige Versuche entscheiden müssen. Da der frische Predazzit vollkommen compact und frei von Poren ist, so muss er dasselbe Volum wie der Dolomit, aus dem er hervorgegangen ist, einnehmen, trotzdem der Abgang von je 22 Theilen Kohlensäure durch blos 9 Theile Wasser ersetzt wurde, oder mit anderen Worten, das specifische Volum (= Atomgewicht dividirt durch das specifische Gewicht) muss für Dolomit und Predazzit gleich sein. Das Atomgewicht des Dolomits ist = 184, das specif. Gew. = $2,827 \dagger$), also das specif. Volum = 65; das Atomgewicht des Predazzits ($\text{Ca } \ddot{\text{C}} + \text{Mg } \ddot{\text{H}}_2$) = 158, das specif. Gew. ist variabel: $2,534 \dagger\dagger$), $2,562$, $2,57 \dagger\dagger\dagger$), $2,623$; für diese vier Zahlen berechnet sich das specif. Volum zu:

*) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. IV., S. 566.

**) Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands. 1. Serie, Bd. III., p. 105.

***) Hygroskopisches Wasser.

†) Dolomit vom Kopfe des Melaphyrganges 28.

††) Vom Vesuv nach ROTH.

†††) Nach DAMOUR.

62,3, 61,6, 61,4, 60. Die specifischen Volumina stimmen ziemlich gut miteinander, so gut wenigstens, als sich bei dem Schwanken des specifischen Gewichts von Dolomit und Predazzit erwarten lässt, auch muss hinzugefügt werden, dass die Predazzite nur selten in ihrer Zusammensetzung genau dem Dolomit correspondiren.

Der Gedanke liegt nun nahe, dass die Wärme des geschmolzenen Monzonits*) und Wasser den Dolomit in Predazzit umgewandelt haben; diese Wirkung konnte sich natürlich nicht weit erstrecken; demgemäss kommt der Predazzit auch nur in der Nähe des Monzonits vor, die weiteste Entfernung dürfte wohl 60 Meter (29) betragen, von wo ab Dolomito auftreten. Selbstverständlich durfte kein hoher Druck vorhanden sein, der das Entweichen der Kohlensäure verhinderte.

So einfach diese Erklärung auf den ersten Blick erscheint, so stellen sich doch Bedenken ein, die nicht alle beseitigt werden können. Wird Dolomit durch erhitzten Wasserdampf zerlegt, so bildet sich ein sehr inniges Gemenge von Kalkcarbonat und Magnesiahydrat, man kann die beiden Verbindungen nicht nebeneinander erkennen, was beim Predazzit (nach Behandlung mit Silberlösung) dem unbewaffneten Auge möglich ist. Es musste nach der Metamorphose ein Umkrystallisiren stattfinden, wobei aus dem innigen Gemenge die gleichartigen Theile zu grösseren Complexen zusammentraten. Das ist möglich, aber es ist sehr fraglich, ob bei so tief eingreifenden Processen: Verlust von Kohlensäure, Aufnahme von Wasser, Umkrystallisiren die Schichtung so gut erhalten werden konnte, als dies beim Profil A der Fall ist. Man bedenke, wie bei der Dolomitisirung sedimentärer Lagen die Schichtung vollkommen verloren geht. Allerdings zeigen die oberhalb des Profils A vorkommenden Predazzite keine Spur einer Schichtung, allein es ist eine durch nichts bewiesene Hypothese, dass diese Gesteinsmassen veränderte Mendoladolomite sind, also

*) Ausdrücklich sei bemerkt, dass die experimental bewiesene Zerlegung des Dolomits durch erhitzten Wasserdampf keineswegs auch nur als Stütze für den einst feurigflüssigen Zustand des Monzonits gelten soll. Warme Quellen, die in der Nähe des Monzonits empordrangen, konnten ebenfalls die Metamorphose des Dolomits und die Bildung der zahlreichen Contactproducte bewirken, ohne dass zwischen der Wärme der Quellen und dem Monzonit irgend ein causalere Zusammenhang stattfand.

ursprünglich geschichtet waren. Die freiwerdende Kohlensäure im Verein mit dem Wasserdampf war jedenfalls ein sehr energisches Zersetzungsmittel der im Dolomit eingelagerten Silikate. Konnten ihr so basische Silikate wie Olivin und die Verbindungen 7d, 11, 12a widerstehen? Am schwierigsten zu deuten sind die in der Schicht 6 vorkommenden, der Schichtfläche parallel laufenden, durch Schwefeleisen dunkel gefärbten Striemen 6a. Wenn irgend etwas, so musste die sehr geringe Schwefeleisenmenge bei der Metamorphose entweder zersetzt oder doch völlig regellos zerstreut werden. Auch beim späteren Umkrystallisieren konnten sie sich nicht parallel der Schichtfläche bilden, sondern im günstigsten Falle senkrecht darauf, in der Richtung des in's Gestein eindringenden Wassers. Die Gegenwart dieser Striemen spricht für eine Ablagerung des Predazzits aus wässriger Lösung, worauf schon ROTH aufmerksam gemacht hat. Die in Rede stehende Frage ist noch lange nicht spruchreif, und der günstigste Ort, sie zu entscheiden, dürfte wohl der Vesuv sein, die einzige Localität, ausser Predazzo, wo Predazzit vorkommt und wo man hoffen kann, die wirksamen Kräfte noch heute thätig zu sehen.

4. Die das Profil A durchziehende Silikatschicht ist in der Mitte reich an Alkali, welches gegen den Rand, also gegen den Predazzit hin, völlig verschwindet, um durch Kalk und Magnesia ersetzt zu werden (12a). Die dünnen, im magnesiaführenden Kalkstein eingebetteten Zonen 7 und 11 sind in ihrer ganzen Masse reich an Kalk und Magnesia, dagegen fast frei von Alkali, ausserdem sind die drei Proben 12a, 7d und 11 in ihrer chemischen Zusammensetzung einander sehr ähnlich, namentlich die beiden ersten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass zwischen dem hohen Kalk- und Magnesia-gehalt dieser Silikate und der gleichfalls bedeutenden Kalk- und Magnesiamege der umgebenden Carbonatgesteine ein causal-er Zusammenhang stattfindet, dass hier eine wirkliche Contacterscheinung vorliegt, welche, da diese Schichten Sedimente sind, nur durch hydro-chemische Processe bewirkt sein kann. Es fragt sich nun, waren diese Silikatlager ursprünglich anders zusammengesetzt, etwa so wie die alkalireiche Mitte der Schicht 12, und trat erst später die Metamorphose ein? Das ist möglich; die aus den umgebenden Carbonaten stammenden Stoffe Kalk und Magnesia verdrängten das Alkali der Silikate,

um dessen Stelle einzunehmen; bei den dünnen Lagen 7d und 11 geschah das in der ganzen Masse, bei der breiten Schicht 12 nur in dem schmalen Grenzsäum 12a. Dieser Process hat, wenigstens was den Kalk betrifft, sein Analogon in der Umwandlung des Alkalifeldspaths in Epidot.

Es wäre noch möglich, dass sowohl diese Silikatlagen als auch der Kalzit und Brucit mit den ihnen innig vermengten Mineralien (Serpentin, Olivin, Spinell) sammt und sonders sich aus einer Lösung niedergeschlagen haben. Wir wollen im Folgenden für jede einzelne Schicht die Gesammtmenge des in ihr enthaltenen Kalks und der Magnesia angeben, ohne Rücksicht darauf, ob diese Basen an Kohlensäure, Wasser oder Kieselsäure gebunden sind. Es sollen nur ganze Zahlen hier angeführt werden, da kleine Schwankungen hierbei nicht in Betracht kommen; No. 9 ist ausgeschlossen, weil das Gestein sehr stark verändert und ausserdem der Rückstand nicht analysirt ist; die stark ausgelaugten Predazzite 13 und 14 sind zwar aufgeführt, sollen aber ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

Procentische Menge von CaO und MgO in den Schichten

	5	6	7	8	10	13	14	7d	11	12a
CaO	34	34	27	33	33	37	39	24	20	25
MgO	19	22	22	22	17	15	11	13	17	13

Die Mengen von Kalk und Magnesia in den Schichten 5 bis 10 weichen vom Mittel dieser fünf Schichten 32 : 20 wenig ab, obwohl hier fast reine Predazzite (5 und 6) und Kalksteine mit sehr viel Magnesiasilikat (7 und 10) vorkommen; das Mittel für CaO und MgO in den Silikatschichten 7d bis 12a = 23 : 14 ist vom obigen Mittel bedeutend abweichend.

Jedenfalls kann man sagen: in dem Profil A ist die procentische Menge des Kalks und der Magnesia für jede einzelne Schicht ziemlich constant, obwohl beide Basen in sehr verschiedenen Mineralien auftreten; in einigen Schichten (5 und 6) ist der Kalk als Carbonat, die Magnesia als Hydrat vorhanden, in anderen (7, 10) der Kalk als Kohlensäure, die Magnesia an Kieselsäure gebunden, in noch anderen (7d, 11, 12a) treten beide Basen als Silikate auf, natürlich finden sich auch Zwischenglieder (wie 8) vor — kurz, alle diese Schichten sind,

so zu sagen, einander äquivalente Bildungen. Nimmt man nun an, dass der Kalzit und Brucit sich aus einer Lösung niedergeschlagen haben, die Silikate Olivin, Serpentin, Spinell und die Proben 7d, 11, 12a aber fertig zugeschwemmt wurden, so wäre es doch der merkwürdigste Zufall, wenn dabei eine solche Konstanz in der Kalk- und Magnesiummenge eingehalten werden konnte. Anders dagegen in einem tiefen Meer, wo das Verhältniss der gelösten Stoffe für lange Zeiten ein constantes bleibt; ein Wechsel in den bedingenden Umständen bewirkte, dass der Kalk und die Magnesia bald als Carbonat, bald als Hydrat oder Silikat niedergeschlagen wurden. Für den Kalzit und Brucit*) der Schichten 5 bis 10 und die ihnen innig beigemengten, also gleichzeitig mit ihnen entstandenen Silikate Olivin, Serpentin, Spinell ist diese Bildungsweise ziemlich wahrscheinlich**), weniger schon für die wasserfreien, kalk- und magnesiareichen Silikate 7d, 11, 12a. Jedenfalls sind letztere, weil zwischen sedimentären Carbonaten eingebettet, auf nassem Wege entstanden, und wenn irgendwo, so kann hier der Schlüssel für die ähnlichen Erscheinungen gefunden werden, die im Folgenden erörtert werden sollen. Leider wurde die Wichtigkeit dieses Profils erst nach Ausführung der Analysen klar, und die Zahl der entnommenen Proben war viel zu gering, um sichere Schlüsse zu ziehen. Ich kann daher eine erneute Untersuchung des ganzen Profils nur empfehlen.

5. Oberhalb des Profils A zieht sich zwischen dem Kalkstein und dem Monzonit eine Zone von sehr kalkreichen Mineralien Vesuvian, Grauat, Gehlenit hin. Nach der plutonischen Anschauung ist diese Zone das Product der Zusammen-

*) In Betreff des Brucits sei bemerkt, dass nach den Versuchen von ROSE (POGGEND. Annal. Bd. LXXXIII, p. 427) die kohlen saure Magnesia schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasser in basisches und saures Carbonat zerlegt wird, wobei Temperatur, ja sogar das Fällungsmittel modificirend einwirken; eine vollständige Spaltung der kohlen sauren Magnesia in Hydrat und Kohlensäure ist daher wohl möglich.

**) Vielleicht waren die Schichten 5 bis 10 ursprünglich Predazzite, und durch Zutritt von kieselsäurehaltigem Wasser wurde der Brucit in Magnesiumsilikat umgewandelt. Vom chemischen Standpunkt ist gegen diese Metamorphose nichts einzuwenden, nur kann man nicht erklären, wie nach diesem Vorgang die Schicht 8 noch 22 pCt. Brucit enthalten kann, während in der tieferen (7) und in der höheren (10) aller Brucit in Silikat umgewandelt sein soll.

schmelzung von feurigflüssigem Monzonit und Triaskalkstein. Letzterer soll dabei umkrystallisirt, ja sogar theilweise geschmolzen sein, und die schönen, grossen Vesuvian- und Granatkrystalle sollen sich aus geschmolzenem, kohlen saurem Kalk, gleichsam wie aus einer Mutterlauge, abgeschieden haben. *) Ausdrücklich fügt RICHTHOFEN **) hinzu, dass Kalksilikate im Allgemeinen eine niedrigere Erstarrungstemperatur als die Alkalisilikate, eine höhere dagegen als kohlen saurer Kalk haben. Die Schmelzbarkeit des Kalkcarbonats gilt fast wie ein Dogma und ist zur Erklärung geologischer Phänomene äusserst oft statuirt worden, mit wie viel Berechtigung soll im Folgenden untersucht werden. Die Experimente von HALL mussten leider von der Discussion ausgeschlossen werden, da mir die „Edinburgh philos. transactions“, sowie das „Neue allgemeine Journal für Chemie von GEHLEN“, wo die betreffende Arbeit abgedruckt ist, nicht zugänglich waren; alle übrigen Untersuchungen sind berücksichtigt worden. Als BUCHHOLZ ***) fest in einen Tiegel eingestampftes Kreidepulver zur lebhaften Hellrothgluht erhitzt hatte, fand er die Kreide in eine blättrig schiefrige, sehr feste, halbgeflossene Masse umgewandelt. Offenbar war das Pulver krystallinisch geworden, aber für eine stattgefundenene Schmelzung oder auch nur Erweichung spricht keine Thatsache, im Gegentheil ist die blättrige Structur mit einer solchen nicht vereinbar. Die Schieferung ist entschieden durch den beim Einstampfen des Pulvers stattfindenden Druck (wahrscheinlich wurde beim Einschütten kleiner Portionen jedesmal gestampft) hervorgebracht, war also schon vor dem Glühen vorhanden und musste beim Schmelzen, ja selbst beim Erweichen verwischt werden. Beim Durchlesen des Artikels hat man den Eindruck, dass die Schmelzung bloß auf Grundlage der HALL'schen Versuche erschlossen sei, und es mag noch ein Umstand, vielleicht auch bei HALL selbst, diese Interpretation veranlasst haben. Zu Anfang des Jahrhunderts war die Thatsache, dass feste Körper umkrystallisiren können, ohne vorher

*) Dieselbe Hypothese hat auch SCHEERER zur Deutung sehr ähnlicher Erscheinungen in Norwegen aufgestellt. N. Jahrb. f. Min. 1843, p. 666.

**) l. c. p. 254.

***) Journal f. Chemie u. Physik von GEHLEN, Bd. I., p. 271.

zu erweichen, zu wenig festgestellt und a priori sehr wenig wahrscheinlich, so dass es vollkommen erklärlich ist, wenn aus dem Krystallinischwerden des Kalkcarbonats auf eine vorgegangene Schmelzung geschlossen wurde.

RICHTHOFEN*) setzte ein in einem dicht verschlossenen Eisencylinder befindliches Gemenge von Kalzit- und Fassaitpulver der Gluth eines SEFSTRÖM'schen Ofens aus und giebt an, dass der Kalk wie beim HALL'schen Versuch geschmolzen war. Abgesehen davon, dass keine Analyse das wirkliche Vorhandensein von kohlensaurem Kalk darthut, spricht für eine Schmelzung desselben keine einzige Thatsache; wohl war der Fassait verglast, wie das nicht anders zu erwarten war, aber die Schmelzung des Kalks ist nur nach dem Vorbilde HALL's erschlossen.

PETZOLDT**) erhitzte ein Gemenge von Marmor- und Quarzpulver in einer eisernen Büchse $1\frac{1}{4}$ Stunde lang bei starker Weissgluth und bemerkt dann: „die eingebrachte Masse hatte sich dem Ansehen nach nicht sehr verändert; sie erfüllte die Höhle wie vorher vollkommen und war noch pulverförmig.“ Hier haben wir einen schlagenden Beweis, dass trotz intensiver Weissgluth der Kalk weder geschmolzen, noch gefrittet war, denn in beiden Fällen musste das Gemenge seine pulverförmige Beschaffenheit verlieren.

In neuester Zeit hat G. ROSE***) im Verein mit SIEMENS derartige Versuche angestellt. In eine Flasche von unglasirtem Porzellan wurde ein Stück lithographischen Kalksteins hineingethan und der übrige Raum der Flasche mit Schlammkreide, die fest eingestampft wurde, ausgefüllt. Das dicht verschlossene Gefäss wurde dann $\frac{1}{2}$ Stunde lang der heftigsten Weissglühhitze ausgesetzt. Kreide wie lithographischer Kalkstein waren in einen feinkörnigen Marmor umgewandelt worden, und ROSE führt an: „Die Kreide war fest und hart geworden und konnte nur in Stücken herausgebracht werden, der Kalkstein hatte aber seine Form behalten, er löste sich meistens leicht von der Kreide ab, die nur stellenweise an ihm haften blieb.“ Auch dieser Versuch thut auf's Entschie-

*) Journ. f. Chem. u. Phys. von GEHLEN, Bd. I., p. 255.

**) ERDMANN'S Journal f. pract. Chem. Bd. XVII., p. 464.

***) POGGEND. Annal. Bd. CXVIII., p. 565.

denste dar, dass trotz Weissgluth und Umkrystallisiren der Kalk keine Schmelzung erlitten hat, in welchem Falle der ganze Flascheninhalt homogen, die Grenzen zwischen der Kreide und dem Kalkstück völlig verschwunden sein mussten. Endlich führt PETZHOLDT *) an, dass es ihm bisweilen glückte, ein kleines Stück Kalkcarbonat augenblicklich in die stärkste Glühhitze des Knallgasgebläses zu versetzen, wobei die Kohlensäure nicht ausgetrieben wurde, ohne jedoch behaupten zu können, wie er ausdrücklich bemerkt, vollständige Schmelzung des Ganzen dabei wahrgenommen zu haben.**)

Man sieht, der kohlen saure Kalk gehört zu den schwer schmelzbaren Mineralien, und es ist sehr fraglich, ob es HALL gelungen ist, diesen in Fluss zu bringen, jedenfalls sind erneute Versuche in dieser Richtung durchaus erforderlich. Es wird dabei nöthig sein, mit möglichst reinem Kalkspathpulver zu operiren, um sicher zu sein, dass eine Frittung nicht durch das Schmelzen der dem Kalk beigemengten Silikate bewirkt wird. Es sei hierbei erinnert, dass ein Zuschlag von 1 pCt. Kalk zu fast reinem Quarzgrus genügt, um die sogenannten Dinasteine beim Glühen zu fritten.

Aus den Versuchen von PETZHOLDT und ROSE geht nun hervor, dass 1) der kohlen saure Kalk umkrystallisiren kann, ohne zu schmelzen, und 2) dass er bei heftiger Weissgluth noch nicht schmilzt. Diese Temperatur ist aber mehr als hinreichend, um Vesuvian und Kalkgranat zu schmelzen, und vollkommen genügend, um Orthoklas, ja Granit im gepulverten Zustande in Fluss zu bringen. Die Behauptung RICHTHOFEN's, die Kalksilikate seien schwerer schmelzbar als der kohlen saure Kalk, ist daher unrichtig, und die darauf gestützte Hypothese einer Ausscheidung von Vesuvian und Granat aus geschmolzenem Kalk unstatthaft, ebenso auch die Ansicht: der Monzonit, als der schwerer schmelzbare Körper, sei vor dem Kalk erstarrt und habe gleichsam die Wand des Gefässes gebildet, an

*) ERDMANN'S Journal f. pract. Chem. Bd. XVII., p. 466.

***) ZIRKEL führt in seinem Lehrbuch der Petrographie Bd. I., p. 227 an, dass CASSOLA dichten Kalkstein vor dem Knallgasgebläse zu Marmor umgeschmolzen habe, und verweist auf das Neue Jahrb. f. Min. 1838, p. 411; am angeführten Ort ist aber eine Schmelzung gar nicht erwähnt, es heisst blos, der Kalkstein wurde umgewandelt.

dem die gelösten Silikate (Vesuvian, Granat etc.) auskrystallisirten. Nach angestellten Versuchen ist der Monzonit recht leicht schmelzbar.

Die vermeintliche leichte Schmelzbarkeit des Kalkcarbonats hat eine Menge Hypothesen in's Leben gerufen, so die von COTTA*), manche Kalklager seien durch Wärme stärker erweicht als ihre Umgebung und so „der Form nach eruptiv“ geworden. Da aber der Kalk sehr schwer schmelzbar ist, so kann ein derartiger Process, wenn überhaupt, nur sehr selten stattgefunden haben, jedenfalls ist durchaus nöthig, als *conditio sine qua non* die geringere Schmelzbarkeit der Umgebung durch das Experiment darzuthun. Es wäre noch möglich, dass der Kalk und seine Umgebung geschmolzen, letztere aber zuerst erstarrt, während ersterer noch unter seinem Schmelzpunkt flüssig blieb. Dagegen ist einzuwenden, dass nach den Versuchen BUNSEN's, deren Resultat durch die mechanische Wärmetheorie vorausgesagt wurde, der Schmelzpunkt von Körpern, die sich beim Flüssigwerden ausdehnen, mit zunehmendem Druck steigt. Der kohlen saure Kalk kann nun aber nur unter sehr hohem Druck geschmolzen werden, also unter Umständen, die einem Flüssigbleiben unter dem Schmelzpunkt wenig günstig sind. Dass der Kalk beim Erkalten sein Volum erweitert habe, wie SCHEERER, NAUMANN und Andere meinen, ist unwahrscheinlich, da diese Eigenschaft wenigen Körpern zukommt.

Wir wollen nun die Annahme gelten lassen, die oberhalb des Profils A anstehenden Kalke seien umgewandelte, geschichtete Triaskalke, und da zum Krystallinischwerden des Kalkcarbonats eine Schmelzung**) nicht erforderlich ist, so könnte ja immerhin Wärme diese Metamorphose bewirkt haben. Aber auch das geht nicht. Trotz Umkrystallisirung musste die Schichtung erhalten bleiben, genau so wie sich beim ROSE'schen Versuch das Kalkstück gegen die umgebende Kreide nicht bloß scharf abgrenzte, sondern sich sogar leicht trennen

*) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. IV., S. 47.

**) Die von RICHTHOFEN angenommene Schmelzung der Triaskalke auf weite Entfernung hin ist schon deshalb zu verwerfen, weil man dann gezwungen ist, für den schmalen Monzonitstock ganz ungeheuerere Temperaturen anzunehmen.

liess. Auch muss hervorgehoben werden, dass bei allen bisherigen Versuchen durch Glühen von Kreide sehr feinkörniger Marmor erhalten wurde; die Entstehung der häufig vorkommenden grossen Kalkspathkrystalle lässt sich auf diesem Wege schwierig erklären. Es kommen noch zwei missliche Dilemmata hinzu. Wenn oberhalb des Profils A durch blosses Umkrystallisiren die Schichtung verloren gegangen sein soll, warum geschah das nicht auch am Profil A selbst? Hier war sogar eine Verwischung der Schichten eher möglich, weil nicht blos eine molekulare Veränderung stattfand, sondern auch Kohlensäure aus- und Wasser eintreten musste, damit aus Dolomit Predazzit hervorgehen konnte. Andererseits wenn unten, wo der Druck grösser ist, die Kohlensäure aus dem Dolomit entweichen konnte, so musste dies in den oberen Regionen in noch viel erhöhtem Maasse stattfinden, die Kalke und Dolomite konnten nicht umkrystallisiren, sie mussten kaustisch werden. RICHTHOFEN*) führt an, dass die sehr bituminösen Virgioriakalke durch den Contact ihre dunkle Farbe eingebüsst und grau geworden sind. Will man annehmen, dass durch Wärme ein Theil des Bitumens der trockenen Destillation unterworfen resp. vergast sei, zugleich aber auch der Kalk umkrystallisirt, so stellt sich ein neues Dilemma ein. Wenn der Druck das Entweichen der gasigen Destillationsproducte nicht verhindern konnte, so hätte auch die Kohlensäure des Kalks entweichen müssen, umsomehr, als Kalkcarbonat, mit organischer Substanz erhitzt, seine Kohlensäure als Kohlenoxyd fahren lässt und dadurch die Verwandtschaft zum Kalk aufgehoben wird. Man sieht, die Annahme einer Umbildung durch Wärme allein ist nicht statthaft. Wenn sich herausstellen sollte, dass die Carbonate am Canzocoli wirklich der Triasformation angehören, so kann ihre Umbildung nur durch Wasser bewirkt sein; das durchsickernde Wasser löste den kohlen-sauren Kalk auf, um ihn bald an derselben**), bald an anderen Stellen krystallinisch abzusetzen, wobei die Schichtung verloren ging. Dass die Wärme***) des angrenzenden Mon-

*) l. c. p. 276.

**) Eine analoge Erscheinung ist das Krystallinischwerden des frisch gefällten kohlen-sauren Kalks nach einiger Zeit.

***) Der Einwand, dass unter diesen Umständen sich Arragonit und nicht Kalkspath hätte bilden müssen, ist nicht stichhaltig, da wir wissen,

zonits dabei mitwirkte, ist möglich, vielleicht spielte noch ein anderer Umstand die wichtigste Rolle nicht bloß bei Predazzo, sondern überall, wo dichte Kalke durch Contact mit Silikatgesteinen krystallinisch geworden sind. Bekanntlich kann die Löslichkeit eines Stoffes durch die Gegenwart anderer bedeutend erhöht werden. Extrahirte das Wasser aus dem Monzonit gewisse Salze, wie Chlornatrium, schwefelsaures Natron etc., was durch eine erhöhte Temperatur des Gesteins sehr begünstigt wurde, so vermochte es jetzt den kohlen-sauren Kalk in viel reichlicherem Maasse zu lösen als sonst und das Umkrystallisiren auf weite Entfernungen hin zu bewirken. Noch ein Umstand verdient bemerkt zu werden. Da manche Lavaergüsse aus jetzt thätigen Vulkanen reich an Kochsalz sind*), so kann man wohl annehmen, dass auch den eruptiven Gesteinen ein sehr wechselnder Gehalt an Kochsalz und anderen leicht löslichen Salzen beigemischt war. Wenn letztere bei dem Umkrystallisiren des kohlen-sauren Kalkes als wesentliche Factoren auftraten, so hat die Thatsache nichts Auffallendes mehr, dass schmale Eruptivgänge auf weite Entfernungen hin den Kalk umgewandelt haben, während mächtige Gesteinsmassen, die doch über ein grösseres Wärmequantum verfügten, entweder gar keine oder nur unbedeutende Metamorphosen zu Stande brachten. Enthielt nämlich ein schmales Ganggestein mehr Salze beigemischt als ein breites, so musste im ersteren Falle dem Wasser ein grösseres Lösungsvermögen für Kalkcarbonat ertheilt werden als im letzteren. Hier können nur Experimente die gewünschte Aufklärung geben.

6. Wenn ein Umkrystallisiren der Triaskalke durch Wärme allein entschieden nicht stattgefunden hat, so wäre doch möglich, dass die schmale Granat- und Vesuvianzone durch Zusammenschmelzen von Monzonit und Kalk entstanden ist, und da dieser Process sehr oft statuiert wird, wollen wir etwas näher auf denselben eingehen. Die Analysen lehren, dass bei diesem Vorgang in den Monzonit viel Kalk eingetreten, dagegen

dass die Krystallform wesentlich durch die Gegenwart anderer Stoffe bedingt wird.

*) Ob das Kochsalz schon im vulkanischen Heerde der Lava beigemischt ist oder erst durch Einwirkung von Salzsäuredampf auf Silikate entsteht, ist für den vorliegenden Fall gleichgültig.

sämmtliches Alkali und ein grosser Theil der Kieselsäure ausgeschieden sein muss. Um die Kalkaufnahme zu ermöglichen, durfte aber der Druck nicht so gross sein, aus dem Kalkstein musste die Kohlensäure entweichen können. Wir haben gesehen, dass zur Erklärung der Erscheinungen bei Predazzo ein hoher Druck nicht erforderlich ist, der obige Vorgang konnte hier wohl stattfinden, bei den winzigen, im Granit, Gneiss etc. eingesprengten Kalknestern mit ähnlichen Contactbildungen ist aber der Einwand gerechtfertigt, dass sie ihrer geringen Mächtigkeit wegen ganz und gar mit dem umgebenden Silikat hätten verschmelzen müssen. In einer früheren Arbeit*) wurde hingewiesen, dass kohlenaurer Kalk und Alkalisilikat beim Schmelzen unter hohem Druck sich in Kalksilikat und Alkalicarbonat umsetzen könnten, aber bei diesem Vorgang wird der Sauerstoffquotient der so gebildeten Kalkverbindung derselbe bleiben wie bei der ursprünglichen Alkaliverbindung; nun sind aber die Contactminerale immer basischer als die umgebenden Silikate, es musste also beim Erstarren des Magmas eine Spaltung in die sehr basischen Minerale Vesuvian, Granat etc. und in freie Kieselsäure oder sehr saure Silikate eintreten. Das ist möglich, aber man müsste letztere Verbindungen dann regelmässig den erstgenannten Mineralien beigemischt finden, namentlich in grosser Menge, wenn das umhüllende Gestein ein kieselsäurereicher Granit oder Gneiss ist. Man sieht, der mit einer gewissen Vorliebe zur Erklärung von Contactbildungen angeführte Zusammenschmelzungsprocess ist keineswegs so einfach.

Wie erwähnt, enthalten die grossen Vesuvian- und Granatkrystalle des Bruches B häufig Kalzit eingeschlossen, ebenso oft sind die genannten Silikate gut krystallisiert und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Individuen sind von Kalkspath ausgefüllt. Bald ist also der Kalzit, bald sind die Silikate früher krystallisiert und haben sich in ihrer Ausbildung gegenseitig gestört, wie das schon von ROTH bemerkt wurde. Da wir gesehen haben, dass die Annahme einer Ausscheidung des Vesuvians und Granats aus geschmolzenem kohlensaurem Kalk — die einzige plutonische Hypothese, welche die gegen-

*) Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. XXII., S. 827.

seitige Krystallstörung erklären kann — völlig unstatthaft ist, so können die genannten Silikate nur auf nassem Wege entstanden sein, wobei die erhöhte Temperatur des Monzonits gleichfalls wirksam gewesen sein mag. Für ihre neptunische Bildungsweise haben sich auch ROTH und BISCHOF ausgesprochen, und sollte sich bestätigen, dass die Schichten 7d und 12 im Profil A wirklich Vesuvian führen, so ist die neptunische Entstehung zweifellos.

7. Die Melaphyrgänge zeigen oft gegen den umgebenden Kalk und an den zahlreichen, meist von Kalkcarbonat erfüllten Rissen und Spalten Contactzonen, die wegen ihrer grossen äusseren Aehnlichkeit mit dem Serpentin für dieses Mineral gehalten sind. Diese primären Contactzonen weichen in ihrer Zusammensetzung von dem unveränderten Muttergestein darin ab, dass sie frei von Alkali, aber reich an Kalk und Magnesia sind und weniger Kieselsäure führen. Wahrscheinlich sind sie ursprünglich wasserfrei gewesen, oder wenigstens wasserarm, und der bedeutende Wassergehalt mancher Probe rührt nur von secundären Umbildungsprocessen her. In der procentischen Zusammensetzung weichen sie von einander wenig ab und besitzen alle ein höheres specifisches Gewicht als der unveränderte Melaphyr. Sind diese Contactzonen durch Zusammenschmelzen von feurigflüssigem Melaphyr und Triaskalk entstanden? Abgesehen davon, dass nicht alle Gänge diese Erscheinungen zeigen, findet ein ganz auffallendes Missverhältniss zwischen Ursache und Wirkung statt. Man sollte meinen, dass die breiten Adern (Fig. 8. IV., Fig. 9) auch die mächtigsten Contactzonen zeigen, da sie ihrer grösseren Masse wegen über mehr Wärme verfügten, sie besitzen aber gar keine primären Contactzonen, und die übrigen Gänge weisen solche nicht immer in ihrer ganzen Ausdehnung auf. Noch schwieriger lässt sich auf plutonischem Wege die Bildung der Contactzonen auf den zahlreichen Rissen und Spalten erklären.

Wie schon erwähnt, sind die Contactzonen reicher an Kalk und Magnesia als das unveränderte Gestein; im Folgenden ist der procentische Gehalt an diesen Basen in runden Zahlen zusammengestellt. Mit U ist das unveränderte Gestein, mit Z die zugehörige Contactzone bezeichnet.

	U.	Z.	U.	Z.	U.	Z.	U.	Z.	U.	Z.
	24.	24 a.	24 b.	24 c.	25.	25 a.	23.	23 a.	26:	26 a.
CaO	8	19	10	20	6	14	21	20	8	17
MgO	6	16	4	15	2	16	9	15	10	16

Mit nur einer Ausnahme (26 a) ist in den Contactzonen die Magnesia nicht bloß absolut, sondern auch relativ mehr vorhanden als der Kalk. Nun sind die die Zonen berührenden Carbonate entweder fast reiner Kalkspath oder, wenn wir in den Proben 23 f, 24 e, 25 c, als günstigsten Fall, 50 pCt. des in verdünnter Säure unlöslichen Rückstandes als Magnesia annehmen, doch nur magnesiaarme Kalksteine. Beim Zusammenschmelzen des Melaphyrs mit diesen Carbonaten konnte nur der Kalkgehalt des Schmelzproducts erhöht werden, die Magnesiamege musste im Verhältniss zum Kalk verkleinert erscheinen und zwar bedeutend. Aber gerade das Umgekehrte findet statt, und darin liegt ein entscheidender Beweis gegen die Schmelzungstheorie. Noch ein Umstand fällt in's Gewicht. Die Umgebung der breiten Melaphyrgänge 27 und 28 ist ein fast reiner Normaldolomit; wenn irgendwo, so musste hier beim Zusammenschmelzen der Magnesiagehalt des Contactproducts erhöht werden, nicht aber bei den übrigen Melaphyrgängen, deren Umgebung magnesiaarm ist. Aber wie schon erwähnt, enthalten diese beiden Gänge gar keine primären Contactzonen. Man sieht, nur Wasser konnte eine solche Vertheilung von Kalk und Magnesia bewirken, die Kieselsäure theilweise die Alkalien gänzlich auslaugen, nur dieses vermochte in die feinsten Risse im Innern der Adern einzudringen und dort dieselbe Metamorphose hervorzubringen wie an den äusseren Grenzen.

Die Contactzonen des Melaphyrs zeigen in der chemischen Zusammensetzung eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Silikatlagen 7 d, 11, 12 a, und besonders auffallend ist die Uebereinstimmung bei den folgenden Proben nach Abzug des beigemengten kohlen-sauren Kalks.

7 d. Grünes Silikatband aus dem Profil A.

23 a. Contactzone des Melaphyrs 23.

	7 d.	23 a.
H ₂ O	1,21	2,12
SiO ₂	44,06	42,67
Al ₂ O ₃	11,74	11,53
Fe ₂ O ₃	5,59	5,87
CaO	24,14	21,82
Alkali	0,21	
MgO	13,05	15,99
	<u>100</u>	<u>100.</u>

Die Silikatbänder im Profil A können nur auf nassem Wege entstanden sein, und da sie, was Zusammensetzung und Vorkommen betrifft, den Contactzonen des Melaphyrs sehr ähnlich sind, so liegt der Schluss nahe, dass auch letztere Producte neptunischer Umwandlungsprocesse sind. Eine künftige eingehendere Untersuchung des Profils A kann hier den meisten Aufschluss geben.

Es sei noch hervorgehoben, dass die Melaphyre 27 und 28 in ihrer chemischen Zusammensetzung mit manchen Monzoniten (4,22) vollkommen übereinstimmen, so dass man, die plutonische Entstehung vorausgesetzt, sagen kann: dasselbe Magma krystallisirte bald als Monzonit, bald als Melaphyr.

8. In der Nähe des Kalksteins sind die Silikatgesteine Monzonit, Melaphyr und die Contactzonen oft durch hydrochemische Processe umgewandelt. Das Wasser extrahirte aus dem magnesiahaltigen Kalkstein Magnesiaverbindungen, traf dann mit den genannten Silikaten zusammen und verdrängte aus denselben den Kalk und die Alkalien meist vollständig, die Kieselsäure theilweise; die austretenden Basen wurden durch Wasser und Magnesia ersetzt, und zwar ist letzterer Stoff häufig in grösserer als den austretenden Basen äquivalenter Menge aufgenommen. Es ist klar, dass bei diesem Vorgang die dem Kalkstein näher liegenden Silikate stärker umgewandelt wurden als die weiter liegenden, da zu ersteren das Wasser leichteren Zugang hatte. Wir wollen diesen Process kurzweg als Serpentinisirung bezeichnen, weil die gebildeten Producte chemisch und physikalisch dem Serpentin nahe stehen und in die von BISCHOF als „Producte der letzten Umwandlungsprocesse“ bezeichnete Kategorie hineingehören.

Im Folgenden soll diese sehr häufige und im grossen Maassstabe vorkommende Metamorphose durch Experimente näher erläutert werden. Es wurde eine Reihe von Mineralien mit Lösungen von Chlormagnesium und schwefelsaurer Magnesia bei 100° behandelt und das Product der Einwirkung genannter Salze auf die Silikate untersucht. Wird bei 100° oder einer niedrigeren Temperatur gearbeitet, so ist Chlormagnesium dem schwefelsauren Salze vorzuziehen; es ist eine langwierige Arbeit, den im letzteren Falle sich ausscheidenden Gyps aus dem Silikat auszulaugen, wobei nicht zu vermeiden ist, dass die dazu erforderlichen grossen Wassermengen das Silikat weiter zersetzen. Bei höherer Temperatur ist die Anwendung des Chlormagnesiums nicht rathsam, da man nicht weiss, ob dieses Salz dann noch beständig ist oder sich theilweise in Magnesiahydrat und freie Salzsäure zerlegt, in welchem Falle das Experiment unbrauchbar ist. Um eine Spaltung des Chlormagnesiums bei 100° zu verhindern, darf die Lösung nie eintrocknen; es wurden deshalb alle Versuche in luftdicht schliessenden Silber- und Platingefässen ausgeführt. Alle Mineralien waren auf's Feinste gepulvert.

Gelblichbraune oder graue Gehlenitkrystalle vom Monzoni sind bisweilen mit vollständiger Erhaltung der Krystallform ($0P$; $\infty P \infty$) in eine lauch- oder dunkelgrüne, fettglänzende, dem Serpentin sehr ähnliche Masse umgewandelt. Nicht selten trifft man Krystallindividuen, die zum Theil aus grauweisser, frischer, zum Theil aus lauchgrüner, veränderter Substanz bestehen. Die Erwartung, dass ein so basisches und leicht zersetzbares Mineral zu Experimenten besonders geeignet sei, wurde auf's Ueberraschendste bestätigt; man braucht Gehlenitpulver nur eine Stunde auf dem Dampfbade mit Chlormagnesiumlösung zu behandeln, um in der Lösung Kalk nachweisen zu können. Eine Partie Gehlenit wurde einen Monat*) lang auf dem Dampfbade behandelt, nach welcher Zeit die Lösung wenig Magnesia, aber sehr viel Kalk enthielt. Das Pulver wurde gut ausgewaschen und bei 130° getrocknet, doch hatte

*) Das Dampfbad hatte täglich ungefähr 10 Stunden die Temperatur von 100° ; in der Nacht kühlte es ab, doch sank die Temperatur bis zum folgenden Morgen nicht unter 30° ; hier wie bei allen folgenden Angaben ist der Tag zu ca. 10 Stunden zu rechnen.

es leider beim Auswaschen und Trocknen etwas Kohlensäure aus der Luft angezogen.

a) Gehlenitkrystalle vom Monzoni.

b) Lauchgrüne, serpentinarartige Gehlenitpseudomorphosen ebendaher.

c) Gehlenit einen Monat mit $MgCl_2$ behandelt; bei 130° getrocknet.

	a.	b.	c.
H_2O	4,72	15,93	14,66 *)
SiO_2	30,01	28,75	27,49
Al_2O_3	21,33	17,83	21,45
Fe_2O_3	3,56	3,41	3,51
CaO	36,74	4,76	7,52
MgO	3,77	29,60	23,50
CO_2			1,00
	<u>100,13</u>	<u>100,28</u>	<u>99,13</u>

Es ist nicht blos der grösste Theil des Kalks durch Magnesia ersetzt, sondern auch 14,66 pCt. Wasser aufgenommen worden, es ist künstlich ein Product von fast derselben Zusammensetzung erzielt worden, wie die natürliche Pseudomorphose. Vergleicht man hiermit die Zusammensetzung des amorphen Minerals 22f, so kann man nicht zweifeln, dass letzteres durch Umwandlung von derbem Gehlenit entstanden ist.

Vesuvian, mit einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia bei 180° in zugeschmolzenen Röhren behandelt, lässt etwas Kalk in Lösung gehen, doch schreitet der Process zu langsam vor, es wurde daher folgendes Verfahren eingeschlagen. Bekanntlich erlangt der Vesuvian durch Schmelzen die Eigenschaft von Salzsäure, unter Gelatiniren der Kieselsäure zerlegt zu werden. Der Gedanke lag nahe, dass er dann auch von Salzlösungen leichter angegriffen wird, und die Versuche bestätigen das. Man kann freilich nicht behaupten, dass der geschmolzene Vesuvian noch dasselbe Silikat ist wie der natürliche,

*) Davon entweichen bis 210° 1,70 pCt.

eine Spaltung in mehrere Verbindungen konnte beim Abkühlen eintreten; für den vorliegenden Fall, wo es sich nur um den Nachweis des Ersatzes von Kalk durch Magnesia und Wasser handelt, ist eine etwaige Spaltung gleichgültig.

a) Braune Vesuviankrystalle aus dem grossen Bruche B am Canzocoli; geschmolzen, gelatiniren mit HCl.*)

b) Einen Monat mit Chlormagnesiumlösung behandelt; bei 130° getrocknet; auch diese Probe hatte etwas Kohlensäure angezogen.

	a.	b.
H ₂ O		11,59**)
SiO ₂	37,90	34,09
Al ₂ O ₃	17,08	16,02
Fe ₂ O ₃	5,54	5,50
CaO	35,69	7,80
MgO	3,82	21,35
CO ₂		2,29
	<u>100,03</u>	<u>98,64</u>

Da Kalkgranat gegen Magnesiumlösung wenig reagirte, wurde er gleichfalls geschmolzen und dann mit MgCl₂ behandelt.

a) Gelblicher Grossular vom Monzoni, geschmolzen, gelatinirt mit HCl.

b) Einen Monat mit MgCl₂ behandelt; bei 130° getrocknet.

*) Eine Partie Vesuvian wurde in einem hessischen Tiegel bei intensiver Weissgluth eine halbe Stunde lang geschmolzen, wobei der grösste Theil durch den Tiegel hindurchgesickert war. Der Rückstand, ein völlig homogenes Glas, wurde durch HCl unter Gelatiniren der Kieselsäure zerlegt, doch wirkte MgCl₂-Lösung sehr langsam ein. Eine Analyse des Glases ergab, dass der Vesuvian aus der Tiegelwand sehr viel Al₂O₃ und SiO₂ aufgenommen hatte. Dieser Versuch spricht nicht zu Gunsten einer Ausscheidung des Vesuvians aus einem feurigflüssigen, sehr sauren (Granit- oder Gneiss-) Magma.

**) Bis 200° entweichen 1,93 pCt.; etwas SiO₂ und Al₂O₃ sind ausgetreten.

	a.	b.
H ₂ O		11,65*)
SiO ₂	39,53	36,42
Al ₂ O ₃	20,15	19,04
Fe ₂ O ₃	4,94	5,04
CaO	33,88	11,34
MgO	1,72	16,33
	<u>100,22</u>	<u>99,82</u>

a) Datolith von Andreasberg.

b) Datolith drei Monate mit MgCl₂ behandelt; bei 120° getrocknet.

	a.	b.
H ₂ O	6,04	8,45**)
SiO ₂	36,95	42,74
***) B ₂ O ₃	21,59	13,06
CaO	35,42	20,53
MgO		<u>15,22</u>
	<u>100</u>	<u>100.</u>

Atomverhältniss von RO : SiO₂

in a) 1 : 0,973

b) 1 : 0,954.

Die Kieselsäuremenge ist unverändert geblieben, dagegen ist ausser Kalk auch viel Borsäure ausgeschieden. Diese sehr bedeutende Abspaltung kann nur in der geringen Verwandtschaft der Borsäure zur Magnesia ihren Grund haben, und in der That wird diese Säure bei der Umwandlung des Turmalins in Glimmer, Chlorit, Serpentin ausgeschieden.

Recht rasch wird der Wollastonit in ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat umgewandelt.

*) Bis 200° entweichen 1,70 pCt.; auch hier ist etwas SiO₂ und Al₂O₃ ausgetreten. Leider wurde hier wie beim Vesuvian unterlassen, die Lösung zu untersuchen, in welcher Verbindung die Thonerde vorhanden war; nach Bischof werden Thonerdesilikate durch Magnesiumsalze zerlegt. Ueber diese sehr wichtige Frage hoffe ich nächstens Experimente anstellen zu können.

***) Bis 190° entweichen 0,43 pCt.

***) Aus der Differenz bestimmt.

- a) Wollastonit von Orawitza.
 b) Wollastonit 25 Tage mit schwefelsaurer Magnesialösung behandelt.
 c) Wollastonit ebenso lange mit $MgCl_2$ behandelt.
 d) Wollastonit 2 Jahre bei Zimmertemperatur mit $MgO SO_3$ behandelt; alle drei Proben sind bei 125° getrocknet.

	a.	b.	c.	d.
H_2O	1,51	12,88 *)	13,02	4,19
SiO_2	53,53	53,67	53,47	53,41
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,46	0,41	0,39	0,30
CaO	44,08	1,02	1,29	27,39
MgO		31,97	30,73	11,46
CO_2				3,20
	<u>99,58</u>	<u>99,95</u>	<u>98,90</u>	<u>99,95</u>

Beim Auslaugen des Gypses und beim Trocknen hat die Probe d viel Kohlensäure angezogen, wobei wohl der Wassergehalt eine Verminderung erlitten hat. Dieser Versuch thut in sehr schlagender Weise dar, in welchem raschem Verhältniss die Metamorphose mit steigender Temperatur vorschreitet. Während 8 Grm. Wollastonit in 25 Tagen bei 100° fast völlig umgewandelt wurden, ist von 2 Grm. in zwei Jahren bei Zimmertemperatur etwa $\frac{3}{4}$ Grm. in Magnesiasilikat übergeführt. Wenn man bedenkt, dass der Wollastonit sehr leicht umgewandelt wird, dass die angewandte Magnesialösung concentrirt und, was am stärksten in's Gewicht fällt, das Mineral feingepulvert war, somit die günstigsten Bedingungen stattfanden, so kann man ohne Uebertreibung behaupten, dass zur Serpentinisirung des compacten und chemisch sehr resistenten Monzonits oder Melaphyrs, bloß bis auf einige Centimeter Tiefe, Jahrtausende nöthig waren.

BISCHOF hat die Ansicht ausgesprochen (Chem. Geologie Bd. II., p. 336), dass der mit Wollastonit innig verwachsene Spadait aus ersterem durch Ersatz des Kalks durch Wasser und Magnesia entstanden sei. Nach den vorliegenden Experimenten darf man diese Ansicht als durchaus richtig bezeichnen,

*) Es entweichen bis 185° 2,23 pCt.

um so mehr, als der Spadait fast dieselbe Zusammensetzung besitzt wie die künstlich erzielten Umwandlungsproducte des Wollastonits b und c.

Gleich günstige Resultate wurden mit Pektolith erhalten.

- a) Pektolith aus dem Fassathal.
- b) Pektolith 25 Tage mit $MgO SO_3$ Lösung behandelt.
- c) Pektolith ebenso lange mit $MgCl_2$ behandelt; beide Proben bei 130° getrocknet.

	a.	b.	c.
H_2O	3,01	10,93*)	9,14
SiO_2	54,21	54,03	55,00
Fe_2O_3	1,68	1,80	1,94
CaO	32,54	1,26	4,48
Na_2O	8,95	0,29	1,37
MgO		30,81	26,99
	<u>100,39</u>	<u>99,12</u>	<u>98,92</u>

Hierzu sind noch die in einer früheren Arbeit**) mitgetheilten, künstlich erzielten Umwandlungen des Apophyllits und Chabasits in Magnesiumsilikate zuzufügen, ausserdem konnte bei der Behandlung von Tremolith, Skapolith und Diopsid mit Magnesiumlösung ein Austritt von Kalk nachgewiesen werden, doch reichte deren Menge zur quantitativen Bestimmung nicht aus.***)

Die mitgetheilten Versuche liefern den Beweis, dass Kalk und Alkali in Silikaten durch Magnesia ersetzbar sind; die grosse Neigung der Magnesia, wasserhaltige †) Silikate zu bilden, ist gleichfalls durch's Experiment dargethan. Die Bedingungen zur Serpentinisierung waren und sind heute noch bei Predazzo vorhanden. Eine hohe Temperatur ist, wie aus

*) Bis 200° entweichen 6,63 pCt.

**) Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. XXII., p. 353.

***) Diopsid bei 180° in zugeschmolzenen Röhren mit Magnesiumlösung behandelt, wird ziemlich stark angegriffen. Wenn luftdichte Metallgefässe, die einen hohen Druck aushalten, zur Disposition stehen, wird man nach zweiwöchentlicher Digestion bei 180° hinreichend eclatante Umsetzungsproducte erzielen.

†) Nur Chabasit und Apophyllit haben kein Wasser aufgenommen, offenbar weil sie schon viel Wasser besitzen.

aus dem Versuche mit dem Wollastonit ersichtlich, nicht erforderlich, sie beschleunigt bloß die Metamorphose. Die Carbonat- und Silikatgesteine von Predazzo enthalten verschiedene Schwefelungsstufen des Eisens eingesprengt, bei deren Oxydation schwefelsaure Eisensalze gebildet werden; indem diese mit dem Carbonat und Hydrat der Magnesia zusammentreffen, entsteht die zur Serpentinisirung erforderliche schwefelsaure Magnesia. Nach der Analogie können wir schliessen, dass doppeltkohlen-saure Magnesia ebenfalls im Stande ist, sich mit Alkali- und Kalksilikat umzusetzen. Für Alkalisilikate soll später der experimentale Beweis geliefert werden, für Kalksilikat ist er bis jetzt noch nicht gelungen*), und zwar wahrscheinlich deshalb nicht, weil das etwa gebildete Magnesia-silikat durch die freie und halb gebundene Kohlensäure sehr bald zersetzt wurde. Die künstlichen Magnesia-silikate zeigen nicht entfernt die grosse Widerstandsfähigkeit gegen Kohlensäure wie die natürlichen, was aus folgenden Zahlen ersichtlich ist. Es wurden 0,631 Grm. Wollastonit und 0,5376 Grm. des aus Wollastonit künstlich dargestellten Magnesia-silikats zusammen sechs Stunden lang durch einen raschen Kohlensäurestrom in Wasser suspendirt erhalten; nach 18stündiger Klärung wurde die Lösung untersucht und sie enthielt auf 0,0649 Grm. Kalk 0,045 Grm. Magnesia. Bei gleicher Zersetzbarkeit beider Silikate hätte auf obige Kalkmenge 0,0324 Grm. Magnesia gelöst sein müssen, woraus erhellt, dass die Widerstandsfähigkeit des künstlichen Magnesia-silikats sogar geringer ist als die des leicht zersetzbaren Wollastonits. Da aber die natürlichen Magnesia-silikate äusserst wenig von Kohlensäure angegriffen werden, jedenfalls weniger als die Kalksilikate, so können letztere wohl durch Magnesiabicarbonat umgewandelt werden.

Es fragt sich, ob nicht auch die aus dem Predazzit ausgelaugte hydratische Magnesia im Stande ist, den Kalk und das Alkali aus Silikaten zu verdrängen und deren Stelle einzunehmen. J. N. FUCHS**) fand, dass gewisse Alkalisilikate (Leucit, Analcim, Natrolith), mit caustischem Kalk gemischt, zu einem guten Cäment erhärten, welcher Vorgang von einer

*) BISCHOF theilt in seiner Geologie Bd. I., p. 52 ein dahinzielendes Experiment mit, allein es fehlen die beweisenden Zahlen.

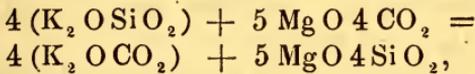
**) Gesammelte Schriften p. 142.

Alkaliausscheidung begleitet wird; er giebt ferner an, dass gebrannter Dolomit noch wirksamer ist als Kalk und schreibt den günstigen Erfolg der grossen Verwandtschaft der Magnesia zur Kieselsäure zu. Zur Entscheidung dieser Frage wurden Analcim-, Leucit- und Elaeolithpulver, jedes mit dem halben Gewicht caustischer Magnesia vermischt, mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt und zu kleinen Kugeln geformt. Alle Proben erhärteten ausserordentlich rasch und konnten nach 24 Stunden unter Wasser gelegt werden. Nach einiger Zeit reagirte das Wasser stark alkalisch und liessen sich die Alkalien nachweisen, doch war die Menge zu gering, um quantitativ bestimmt zu werden; es sollen die Analysen dieser Cämente künftig ausgeführt und mitgetheilt werden, wenn der grösste Theil des Alkalis ausgetreten ist. Es steht somit fest, die hydratische Magnesia kann das Alkali aus Silikaten verdrängen und dessen Stelle einnehmen, und es ist zweifellos, dass dieses energische Agens an der Serpentinisirung der Gesteine zu Predazzo einen wichtigen Antheil gehabt und noch gegenwärtig hat. Ob die hydratische Magnesia auch Kalk verdrängt, wurde nicht ermittelt, es lässt sich aber erwarten, dass wegen der Schwerlöslichkeit der Kalk noch langsamer in's Wasser übergehen wird als das Alkali.

Im ersten Abschnitt wurden Analysen eines serpentinischen Monzonits 21e und Melaphyrs 27b mitgetheilt, wo sämtliches Alkali durch Magnesia ersetzt, der Kalk aber grösstentheils zurückgehalten ist. In Anbetracht der meist grösseren Widerstandsfähigkeit der Alkalisilikate gegenüber den Kalksilikaten ist diese Umsetzungsweise sehr auffallend. Vielleicht ist es gerade die aus dem Predazzit stammende hydratische Magnesia gewesen, welche zuerst das Alkali verdrängte, den Kalk aber unangegriffen liess, bis andere Magnesiaverbindungen auch letzteren Stoff theilweise ausschieden. Auch die im Verhältniss zum Monzonit 21e geringe Serpentinisirung des doch so leicht veränderlichen Vesuvians 21a dürfte in der schwierigen Verdrängung des Kalks durch caustische Magnesia ihren Grund haben.

In vielen Fällen wurde festgestellt, dass die ausgetretenen Basen durch mehr als die einfach äquivalente Menge Magnesia ersetzt sind. Wurde die Verdrängung durch hydratische Magnesia bewirkt, so ist der Vorgang leicht verständlich, er ist durch-

aus analog dem Cämentationsprocess, wo eine geringe Menge frei gewordenen Alkalis durch viel hydratischen Kalk oder Magnesia substituirt wird. Da aber ein derartiger Ersatz sehr häufig an verschiedenen Localitäten nachweisbar ist, andererseits der Brucit ein sehr beschränktes Vorkommen hat, müssen wir annehmen, dass basische Magnesiasalze sich häufig vorfinden. Im letzteren Falle können wir uns den Process deutlich vorstellen. Gesetzt neutrales Kalisilikat wirke auf Magnesia-alba ein, so würde die Reaction folgendermaassen verlaufen:



das neutrale Kalisilikat ist durch ein basisches Magnesiasilikat ersetzt. Zwar kommen basische Magnesiicarbonate im festen Zustande sehr selten in der Natur vor, trotzdem dürfen wir aber annehmen, dass sie häufig im Wasser gelöst sind, da neutrales Magnesiicarbonat sehr leicht durch Wasser in basisches Salz und freie Kohlensäure zerlegt wird; fand die Umwandlung des Gesteins in einiger Tiefe statt, wo die Temperatur höher ist, so wurde die Spaltung des Magnesiicarbonats noch mehr begünstigt. Die Gesteine, deren Kieselsäuregehalt über 40 pCt. beträgt, scheiden bei der Serpentinisirung immer einen Theil der Kieselsäure aus, ist die Kieselsäuremenge unter 40 pCt., so thun sie das sehr häufig. Je mehr Magnesia aufgenommen wird, desto mehr tritt in der Regel Kieselsäure aus, die Magnesia hat somit die Neigung, nicht bloß wasserhaltige, sondern auch basische Silikate zu bilden.

Es sei hier gestattet, an die Discussion des Serpentinisirungsprocesses einige Bemerkungen über den Serpentin selbst anzuknüpfen. Die Fälle, wo der Serpentin durch directen Zusammentritt von Kieselsäure- und Magnesialösung oder aus Olivin durch Austritt von Magnesia und Aufnahme von Wasser entsteht, gehören nicht hierher, aber in allen anderen Fällen, wo er durch Umbildung von Amphibolitgesteinen (Hypersthenfels, Gabbro etc.) hervorgegangen, muss der oben erörterte Process stattgefunden haben. Um das häufige Zusammenkommen von Quarz und Serpentin zu erklären, hat NAUMANN angenommen, dass manche Serpentineruptionen kieselsäurehaltigen Quellen den Weg gebahnt haben, aber diese Hypothese erklärt nicht den causalen Zusammenhang zwischen Ser-

pentin und Quarz, und das häufige Zusammenvorkommen beider Mineralien weist doch auf einen solchen hin. Dieser Zusammenhang ist aber sofort ersichtlich, wenn man berücksichtigt, dass eine Aufnahme von Magnesia in der Regel mit einem theilweisen Kieselsäureaustritt verbunden ist; der den Serpentin begleitende Quarz ist die Kieselsäure, welche bei der Umbildung des Amphibolits frei wurde, und die häufigen Kalkspathnester im Serpentin stammen von dem durch Magnesia verdrängten Kalk her, Vorgänge, die zuerst BISCHOF mit bewunderungswürdiger Klarheit aufdeckte und die durch die hier mitgetheilten Analysen bestätigt werden.

Häufig wird der Serpentin als eruptive Bildung bezeichnet, aber dieses Prädicat ist durchaus unzulässig, selbst wenn man eruptiv und pyrogen nicht identificirt. Dasjenige Gestein, woraus der Serpentin hervorgegangen ist, kann eruptiv sein, dagegen hat dessen nachträgliche Umwandlung in Serpentin nichts mit der Eruption zu schaffen, das eruptive Gestein steht genau in demselben Verhältniss zu dem aus ihm hervorgegangenen Serpentin, wie ein eruptiver Basalt zu dem aus letzterem entstandenen Wackenthon, und doch hat Niemand den Wackenthon für eine eruptive Bildung erklärt.

Manche in krystallinischen Gesteinen eingelagerte Serpentine werden als mit ihrer Umgebung gleichzeitige Bildungen bezeichnet. Da aber der Serpentin nur durch hydro-chemische Processe entsteht, kann von einer Gleichzeitigkeit nur da die Rede sein, wo seine Umgebung gleichfalls auf nassem Wege zu Stande gekommen ist. In allen Fällen, wo der Serpentin in Gesteinen, die man bis jetzt für pyrogen hält, eingebettet liegt, ist er nie gleichzeitig, sondern immer später entstanden, selbst da, wo die Lagerungsverhältnisse eine Gleichzeitigkeit darzuthun scheinen: es hat eben das Gestein, woraus der Serpentin hervorgegangen ist, mit der gegenwärtigen Umgebung des letzteren eine gleichzeitige Entstehung gehabt.

Häufig finden sich im Serpentin kleine Partien von mehr oder weniger verändertem Gneiss oder Granit eingebettet, auch sind Granitgänge im Serpentin beobachtet worden. Aus letzterem Umstande hat man geschlossen, dass der Granit den Serpentin durchbrochen habe, also jünger sei als dieser, aber dieser Schluss ist a priori nicht nothwendig und muss für jeden einzelnen Fall erst bewiesen werden. Wir wollen an-

nehmen, der Serpentin sei durch Metamorphose eines Hornblendegesteins hervorgegangen, welches oft von Granit- und Gneisschmitzen durchsetzt ist, ebenso sind wirkliche Grauitgänge im Hornblendegestein keineswegs selten. Begann nun die Serpentinisirung, so konnte die leicht veränderliche Hornblende vollständig in Serpentin umgewandelt werden, während die eingebetteten Schmitzen und Gänge von Granit und Gneiss entweder gar nicht oder sehr wenig metamorphosirt wurden: die Granitgänge wären in diesem Falle jünger als das Hornblendegestein, aber älter als der aus diesem gebildete Serpentin. Der Einwand, dass bei dieser Umbildung der Hornblende auch der Feldspath des Grauits, namentlich in den kleinen Schmitzen, völlig verändert werden müsste, ist nicht stichhaltig, da der Orthoklas zu den sehr schwer angreifbaren Silikaten gehört. Alle Bestandtheile des Melaphyrs 28 sind in einen magnesiareichen Thon 28f umgewandelt, bis auf den Orthoklas, der zum grössten Theil unverändert geblieben ist; im Turmalingranit von Predazzo ist der Oligoklas stellenweise völlig umgewandelt, der Orthoklas aber frisch. In den genannten Fällen ist der Orthoklas innig mit den anderen Mineralien vermengt, und doch widerstand er, während um ihn herum Alles einer tief eingreifenden Metamorphose unterlag und die Gewässer zu ihm jetzt einen viel leichteren Zutritt hatten; es leuchtet ein, dass für den in compacten Granit-schmitzen und Gängen sich befindlichen Orthoklas die Umstände einer Conservirung noch günstiger waren.

Unzulässig sind Altersbestimmungen des Serpentin. Im besten Falle kann man angeben, wann das ursprüngliche Gestein, aus dem der Serpentin sich bildete, zur Ablagerung kam, nicht aber, wann seine Serpentinisirung begann. Manche im Urgneiss vorkommende Serpentinlager, die beispielsweise aus Amphibolit entstanden sind, konnten bis zur Tertiärzeit unveränderte Amphibolite sein und dann traten erst die Bedingungen der Serpentinisirung ein, und wir dürfen nicht zweifeln, dass die heute unveränderten Amphibolite einst zu Serpentin werden können. Einem wie grossen Wechsel die Bedingungen der Serpentinisirung selbst auf sehr kleinen Entfernungen unterworfen sind, dafür bietet Predazzo Belege; in der Nähe des grossen Steinbruchs D ist der Vesuvian der Contactzone völlig serpentinisirt (19), etwas höher aber vollkommen unverändert.

9. In der Nähe des Monzonits und Melaphyrs sind die Carbonatgesteine häufig von Rissen durchzogen, die von wasserhaltigen Magnesiumsilikaten ausgefüllt sind. Diese Silikate sind entweder fast reiner Serpentin (22g, 24e) oder Thonerdemagnesiumverbindungen (19c); ihre Mächtigkeit beträgt höchstens einige Millimeter und sinkt bis zur Papierdicke. Sie sind theils durch Infiltration, theils durch Verdrängung und Umwandlung der Carbonate entstanden, wobei die Magnesia von den Carbonatgesteinen, die Kieselsäure und Thonerde vom Monzonit, Melaphyr und den Contactproducten geliefert wurde. Dieser Vorgang ist auch von ROTH und VOLGER in der angedeuteten Weise entwickelt worden, es handelt sich nur darum, die experimentalen Belege zu ermitteln. Es wurde festgestellt, dass bei der Serpentinisirung und Verwitterung*) der Gesteine Kieselsäure und Alkali austritt, wobei erstere entweder im freien Zustande oder namentlich bei der Verwitterung an Alkali gebunden ausscheiden kann. Die Kieselsäure trifft nun mit doppeltkohlensaurer oder hydratischer (Brucit) Magnesia zusammen: das Product ist Magnesiumsilikat, wie folgende Versuche darthun.

BISCHOF giebt an, dass Magnesiumbicarbonat sich mit Alkalisilikat umsetzt, aber die angeführten Zahlen sind nicht eclatant genug, deshalb war eine Wiederholung nothwendig. Eine gesättigte Lösung von Magnesiumbicarbonat wurde mit einer Lösung von zweifach kieselsaurem Kali zusammengebracht, und zwar beide Verbindungen zu gleichen Aequivalenten, wobei sofort ein reichlicher Niederschlag entstand; im Filtrat konnte Kalibicarbonat nachgewiesen werden. Der gut ausgewaschene Niederschlag wurde nicht getrocknet**), um jede nachträgliche Kohlensäureabsorption zu umgehen, sondern sofort durch Salzsäure zerlegt, wobei bisweilen ein sehr schwaches Brausen von sich entwickelnder Kohlensäure wahrnehmbar war. Man erhielt bei Anwendung von kieselsaurem Natron dasselbe Resultat, nur bildete sich der Niederschlag nicht sofort, sondern

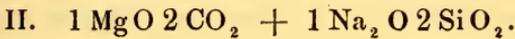
*) Unter Verwitterung ist Austritt des Alkalis und des Kalks ohne Ersatz durch Magnesia verstanden; dieser Process findet im ausgedehnten Maasse bei dem Monzonit statt.

**) Dasselbe wurde auch bei den folgenden Versuchen unterlassen.

allmählig. Hier wie bei den folgenden Versuchen sind die bei der Wägung erhaltenen Zahlen (in Grammen) aufgeführt.



	a.	b.
Si O ₂	0,2490	0,2676
Mg O	0,0686	0,0741
K ₂ O	0,0035	0,0033



	a.	b.
Si O ₂	0,2814	0,2975
Mg O	0,0790	0,0810
Na ₂ O	Spur	

Verhältniss von RO : Si O ₂	RO : Si O ₂
in a. 1 : 2,39	a. 1 : 2,15
b. 1 : 2,37	b. 1 : 2,42.

J. N. FUCHS **) giebt an, dass Magnesiahydrat mit Wasserglas rasch erhärtet, was von HELDT ***) in Abrede gestellt ist. Da Brucit äusserst langsam auf Alkalisilikat einwirkte, wurde statt dessen künstlich dargestellte hydratische Magnesia angewandt und in allen Fällen eine wirkliche Verbindung von Magnesia mit Kieselsäure erhalten; es schied sich nämlich die Kieselsäure bei der Zerlegung des Silikats mit Salzsäure gallertartig ab. Folgende Analysen geben die Zusammensetzung der gut ausgewaschenen Magnesiasilikate an.

- Magnesiahydrat mit einer Lösung von einfachkieselsaurem Alkali bei Zimmertemperatur 11 Tage stehen gelassen.
- 17 Tage stehen gelassen.
- 6 Stunden auf dem Dampfbade behandelt.

	a.	b.	c.
Si O ₂	0,1055	0,2650	0,3150
Mg O	0,6060	0,9920	0,8415
Alkali	0,0025	0,0085	0,0040

*) Jede der analysirten Proben wurde besonders dargestellt.

**) Gesammelte Schriften p. 269.

***) ERDMANN'S Journ. f. pract. Chem. 94, p. 158.

Man sieht, auch hier begünstigt erhöhte Temperatur ganz ausserordentlich die Zerlegung des Alkalisilikats durch Magnesia.

Beim Zusammenbringen gesättigter Lösungen von Kieselsäure und Magnesia erfolgte kein Niederschlag, offenbar war die Verdünnung zu gross. Als hydratische Magnesia in Pulverform mit einer concentrirten (0,1 pCt.) Kieselsäurelösung*) bei gewöhnlicher Temperatur behandelt wurde, trat zwar eine schwache Trübung der Flüssigkeit ein, aber nach einigen Tagen hatte sich fast sämtliche Kieselsäure in gallertartigen Flocken ausgeschieden**), so dass eine etwaige Bindung durch Magnesia nicht nachgewiesen werden konnte; es musste deshalb das Cämentationsverfahren eingeschlagen werden. Als präcipitirtes, ungeglühtes Kieselsäurepulver mit dem halben Gewicht hydratischer Magnesia vermengt, mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt und zu Stücken geformt wurde, trat schon am folgenden Tage Erhärtung ein, und nach Verlauf von acht Monaten, während welcher Zeit das Cäment unter Wasser lag, wurde das Silikat unter theilweisem Gelatiniren der Kieselsäure durch Salzsäure zerlegt, ein Vorgang, den schon FUCHS mitgetheilt hat. Versuche über die Einwirkung der Kieselsäure auf Magnesiicarbonat haben bis jetzt nicht die gewünschten Resultate ergeben.

Die Experimente thun dar, dass, wo Magnesia- und Kieselsäurelösungen***) in Spalten zusammentrafen, letztere von einem Magnesiasilikat ausgefüllt werden mussten, wo Kieselsäurelösung in den Predazzit eindrang, die Kieselsäure vom Brucit gebunden wurde, es bildete sich so ein inniges Gemenge von Kalzit und Serpentin. Es ist sehr wahrscheinlich, dass beispielsweise der Kalkstein 20d durch eine solche Metamorphose aus Predazzit hervorgegangen ist. Da der Kalzit im Vergleich mit dem Magnesiasilikat leicht durch kohlen-saures Wasser gelöst wird, so konnte er stellenweise völlig fortgeführt werden und die Hohlräume wurden durch infiltrirende Magnesia-

*) Durch Zersetzen einer sehr verdünnten Wasserglaslösung durch H Cl erhalten.

**) Beim Verfolgen dieser auffallenden Erscheinung stellte sich heraus, dass selbst Kalkspathpulver eine solche Abscheidung der Kieselsäure bewirkt, wenn auch nach längerer Zeit als Magnesiahydrat.

***) Frei oder als Alkalisilikat.

silikate ausgefüllt: es bildeten sich so grössere compacte Massen von Serpentin.

Alle in diesem Abschnitt behandelten Magnesiumsilikate enthalten mehr oder weniger Thonerde und Eisenoxyd. Zahlreiche Versuche ergaben, dass aus einer thonerde- und eisenoxydhaltigen Alkalisilikatlösung Magnesia jedesmal neben Kieselsäure auch Eisenoxyd und Thonerde ausfällt, wodurch die grosse Neigung der Magnesia, Doppelverbindungen mit den genannten Stoffen einzugehen, dargethan ist.

10. Alle meist sehr stark zerklüfteten, serpentinisirten Melaphyre, Monzonite und Vesuviane zeigen auf der Oberfläche der einzelnen Fragmente einen mehr oder weniger starken Glanz, ja stellenweise vollkommene Spiegelung. Da diese äusserst häufig, namentlich beim Serpentin, vorkommende Erscheinung immer von einer Zerklüftung des Gesteins begleitet ist, hat man sie als Wirkung derselben Kraft gedeutet, welche die Zerklüftung bewirkte, nämlich starker Druck oder Druck mit gleitender Bewegung der Fragmente; letztere rieben sich gegeneinander ab und wurden glänzend. Bei Bergschlipfen und Gletschern verhält es sich in der That so, in allen anderen Fällen ist diese Erklärung sehr zweifelhaft und bedarf für jeden speciellen Fall eines Beweises. Man beobachtet einen starken Glanz auf einander parallelen Rissflächen, die nicht eben sind, sondern muschlige oder nabelförmige Erhöhungen und Vertiefungen begrenzen. Von einer gleitenden Bewegung einer solchen Fläche auf der ihr durchaus symmetrischen kann keine Rede sein. Es bliebe somit der Druck allein als glättendes Agens übrig, aber in diesem Falle müsste die ganze dem Druck ausgesetzte Fläche glänzend sein, nicht bloss einzelne Stellen. Man kann einwenden, die sich drückenden Flächen waren nicht ganz parallel, sie konnten also nur an den Berührungstellen Glanz annehmen.*) Der Einwurf ist richtig, wo es sich um verhältnissmässig breite Risse handelt, aber die eben beschriebene Erscheinung kommt am häufigsten mitten in compacten Steinen vor. Zerschlägt man ein Stück, so zerspringt

*) Man darf hierbei wohl die Frage aufwerfen, ob nicht die kleinen Erhebungen, die einem sehr grossen Druck ausgesetzt waren, hierbei zu einem Pulver zermalm werden mussten.

es nach gewissen Richtungen besonders leicht, ohne dass vorgebildete Risse wahrnehmbar sind. Die Bruchflächen zeigen nur stellenweise starken Glanz, stellenweise gar keinen, und doch war die Berührung überall eine innige. Ganz unerklärlich ist die zu Anfang mitgetheilte Erscheinung am Monzonit (3a, 4a), wo bloß die Hornblende, nicht aber der Feldspath Glanz angenommen hat. Noch ein anderer Fall gehört hierher. Von Kalkstein vollkommen umschlossene, serpentinisirte Silikate sind auf ihrer Oberfläche stark glänzend, ja spiegelnd, die correspondirende Fläche des Kalks ist aber matt; warum nahm der Kalk nicht ebenfalls Glanz an, da er doch demselben Druck ausgesetzt war wie das Silikat? Man sieht, durch mechanische Kraft lässt sich die Entstehung des Glanzes nicht erklären, und da man überall den Glanz von einer chemischen Umwandlung, der Bildung wasserhaltiger Magnesiumsilikate, begleitet findet, wird man nicht irren, wenn man hier einen causalen Zusammenhang vermuthet. Alle durch Umwandlung anderer Mineralien entstandenen Magnesiumsilikate besitzen einen Fett- oder Glasglanz, und wir schliessen nun: der Glanz auf den Riss- und Klüftflächen ist nicht Folge des Drucks, sondern rührt von einer unendlich dünnen Schicht eines Magnesiumsilikats her, die Flächen sind so zu sagen glasirt. Hier liegt die Erklärung dafür, dass diese Erscheinung nirgends häufiger vorkommt als in Serpentinlagern, während wir andererseits keinen Grund haben, für dieses Gestein eine häufigere Anwesenheit von Druck anzunehmen als für Granit, Porphyr oder eine andere Gebirgsart. Woher kommt es aber, dass Glanz und starke Zerklüftung vergesellschaftet sind? Wurde ein Gestein durch mechanische Kraft zerklüftet, so boten die entstandenen Risse dem Wasser den bequemsten Weg, in die Tiefe zu dringen und auf den Rissflächen die chemische Umwandlung zu bewirken; der Druck war somit nicht Ursache, sondern eine günstige Bedingung für das Zustandekommen des Glanzes. Die Metamorphose begann von den Rissflächen aus; war das Gestein homogen, bestand es z. B. nur aus Hornblende oder einem andern leicht serpentinisirbaren Mineral, so wurde die ganze Fläche umgewandelt resp. glänzend; enthielt das Gestein zwei Bestandtheile, von denen der eine leicht (Hornblende), der andere schwierig (Feldspath) in Magnesiumsilikat übergeführt wird, so musste das eintreten, was man am Mon-

zonit (3 a, 4 a) beobachtet: einzelne Stellen sind glänzend, andere nicht. Ist dagegen eine Gebirgsart von lauter sehr resistenten Mineralien gebildet, wie z. B. Granit, so zeigt sich trotz sehr grosser Zerklüftung garnicht oder sehr selten Glanz auf den Kluftflächen. Es ist aber garnicht nothwendig, dass eine Zertrümmerung durch mechanische Gewalt der Serpentinisierung voranging; wie BISCHOF dargethan, kann die Zerklüftung Folge der chemischen Action sein, nämlich da, wo die Metamorphose mit einer Volumverminderung verbunden ist. Entstanden so anfänglich unbedeutende Hohlräume, so waren sie doch Ursache eines Zusammensturzes des Gesteins, wobei eine Menge Risse und Klüfte entstehen mussten. Die grosse Zerklüftung des Serpentin ist in erster Reihe von diesem Vorgang herzuleiten. Der glänzende Ueberzug ist nicht in die Risse infiltrirt*), sondern auf jeder Rissfläche wurde der glänzende Ueberzug an Ort und Stelle gebildet.***) Setzt man Bleiweissstücke einer Schwefelwasserstoffatmosphäre aus, so überziehen sie sich mit einer dünnen Schicht von Schwefelblei; unter günstigen Umständen zeigt die gebildete Schwefelbleihülle einen schwachen metallischen Lüstere. Genau so, wie das matte Bleiweiss oberflächlich in schwach glänzendes Schwefelblei umgewandelt wird, hat man sich die Umbildung des matten Melaphyrs durch hinzutretendes magnesiahaltiges Wasser in ein glänzendes Magnesiasilikat zu denken.

Sehr oft sind die glänzenden Rissflächen von ebenfalls glänzenden Riefen und Striemen bedeckt, eine Erscheinung, die auf den ersten Blick sehr zu Gunsten einer stattgefundenen gegenseitigen Friction spricht. Aber diese Deutung ist nicht nothwendig, und in den Fällen, wo die Streifung mitten im Gestein vorkommt und sich nur auf gewisse Bestandtheile desselben erstreckt, wie am Monzonit 3 a und 4 a, unzulässig.

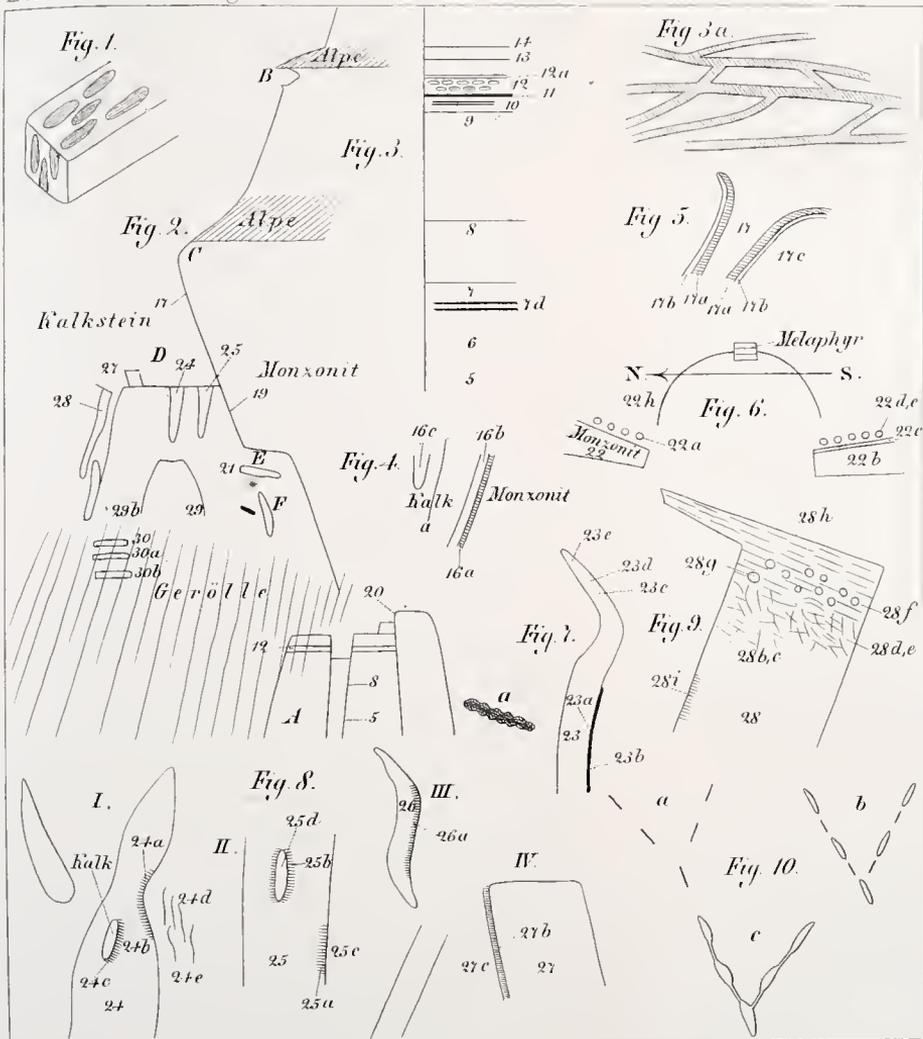
*) Im Turmalingranit von Predazzo sind einige Rissflächen mit einer dünnen, glänzenden Quarzschicht bekleidet; hier hat eine blosser Infiltration stattgefunden. Es wäre interessant, die spiegelnden Flächen der Steinkohlen darauf zu untersuchen, ob der Glanz nicht in manchen Fällen durch einen dünnen Ueberzug von Kohlenwasserstoffen hervorgerufen ist. Die Bedingungen zu einer solchen natürlichen Politur waren vorhanden.

**) In einigen seltenen Fällen liess sich der glänzende Ueberzug von der übrigen Masse ablösen; dasselbe hat auch VOLGER am Dolomit von Reichenstein (Talkglimmerfamilie 271) beobachtet und wie oben gedeutet.

Dringt das Wasser in ein Gestein ein, so wird es in der Richtung, in welcher es fortschreitet, die Metamorphose bewirken. Gestattet das Gestein in einer bestimmten Richtung einen leichteren Durchgang, so wird auch die Umbildung in dieser Richtung am stärksten vorschreiten. Fig. 10 möge diesen Vorgang schematisch veranschaulichen und es bezeichne die Senkrechte auf die Ebene des Papiers die Richtung, in der das Wasser am leichtesten eindringt. Natürlich ist die Permeabilität auch in dieser Richtung nicht überall vollkommen gleich*), es bildeten sich isolirte, aber in ihrer Längsrichtung parallele Bänder oder Fäden. Fig. 10a bezeichne den senkrechten Durchschnitt durch die Längsrichtung dieser Bänder. Später begann die Metamorphose in den zwischenliegenden Partien, während die ersten Bänder breiter und dicker wurden (b), bis schliesslich bei fortschreitender Umbildung alle Bänder zu continuirlichen Flächen zusammentraten (c); die zuerst gebildeten Bänder sind am dicksten, sie erscheinen als Wülste. Es ist klar, dass durch diesen Process die Cohäsion des Gesteins sehr gelockert wurde, die schmalen, von serpentinisirten Lagen eingeschlossenen Partien müssen sich leicht trennen lassen. In der That zerspringen serpentinisirte Silikate sehr oft durch einen schwachen Schlag in eine Menge muschlig-schaliger Lamellen, deren Oberflächen glänzen.

Sickerte das Wasser in präformirte Risse, so mussten sich die Rissflächen mit Wülsten bedecken, deren Richtung mit der Falllinie der Rissfläche zusammenfällt, ein Vorgang, welcher der Bildung von Tropfsteinwülsten auf einer Wand analog ist.

*) Ferner brauchte das eindringende Wasser nicht überall gleich umbildungsfähig resp. magnesiahaltig zu sein; auch mussten die Stellen, die reicher an leicht veränderlichen Mineralien waren (z. B. Hornblende) rascher serpentinisirt werden.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1871-1872

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Lemberg J.

Artikel/Article: [Ueber die Contactbildungen bei Predazzo. 187-264](#)