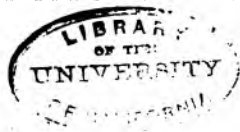


Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

Band XXI. Jahrgang 1891.



München.
Verlag der K. Akademie.
1892.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 7. März 1891.

1. Herr N. RÜDINGER hält einen Vortrag: „Ueber die Umwandlung Lieberkühn'scher Drüsen durch die Follikel im Wurmfortsatz des Menschen.“ (Mit einer Doppeltafel.)

2. Herr W. v. GÜMBEL macht eine Mittheilung: „Ueber die geologischen Verhältnisse der Thermen von Bormio.“

Geologische Bemerkungen über die Thermen von Bormio und das Ortlergebirge.

Von C. W. v. Gümbel.

(Eingelaufen 31. März.)

In meiner Schilderung der geologischen Verhältnisse von Gastein (Sitzber. d. bayer. Akad. d. Wiss. math.-phys. Cl. 1889. Bd. XIX. S. 341) habe ich auf die Thermen von Bormio hingewiesen, welche eine ähnliche Temperatur wie die warmen Quellen Gasteins besitzen, sich aber von diesen durch ihren beträchtlichen Gehalt an gelösten Mineralstoffen in auffallender Weise unterscheiden.

Ein längerer Aufenthalt im alten Bade Bormio und im Gebiete des Ortlergebirges hat mir Gelegenheit gegeben, die geologischen Verhältnisse näher kennen zu lernen, welche in dieser Gegend herrschen und der Entstehung der so eigenartigen Quellen von Bormio zu Grunde liegen. Obwohl die vorgenommenen Untersuchungen einen

Anspruch auf Vollständigkeit nicht machen können und wollen, so haben sie doch zu einigen Ergebnissen geführt, welche für eine spätere eingehendere Erforschung dieser Gegend von Nutzen sein können und wenigstens über die Quellenverhältnisse nähere Aufschlüsse zu geben geeignet scheinen. Sie sind deshalb in dem Folgenden kurz zusammengestellt.

Die Thermen von Bormio treten am Südrande des gewaltigen Kalkstocks der Ortlergruppe da zu Tage, wo die Kalkschichten dieses Gebirgsmassivs auf einem thonig-schiefrigen, impermeablen Fundamente aufruhend und der ganze mächtige Gebirgsstock von einer tief einschneidenden Querbucht, nämlich jener der Adda, bis unter diese Unterlage durchbrochen ist. Zwar kommen die Hauptquellen jetzt nicht auf der tiefsten Thalsohle der Addaschlucht zum Vorschein, wie man folgern könnte, wenn man den Ursprungsort der Quellen mit dem Thaleinschnitt in unmittelbar genetischem Zusammenhange sich dächte, sondern sie brechen 80—100 m höher an dem Berggehänge zu Tage aus. Dies hat jedoch seinen Grund in dem Umstande, dass der grossartige Gebirgseinschnitt, der von Bormio bis auf die Passhöhe des Stilsfer Jochs emporzieht, da, wo jetzt die Hauptquellen bei dem alten Bade ausfliessen, in früherer, wie sich nachweisen lässt, diluvialer Zeit, nicht bis zur jetzigen Thalsohle, sondern nur bis etwa zur Höhe des alten Bades eingetieft war, so dass die Quellen zur Zeit ihrer vermuthlich ersten Entstehung allerdings auf der damals tiefsten Einbuchtung ihren Ausfluss sich verschafft haben, den sie dann auch später und bis jetzt als den bereits gebahnten und die geringsten Widerstände bietenden Weg beibehalten haben. Dass die Quellen bereits in sehr früher Zeit auf beträchtlicher Höhe ausgeflossen sind, das deutet die mächtige, wahrscheinlich diluviale Conglomeratbildung an, deren durch eine dem jetzigen Quellenabsatz entsprechende Kalksinter-

masse verkittete Geröllbänke sich oberhalb des Bades wie eine krustenartige Decke über die Gehänge ausgebreitet zeigen.

Ausser den Hauptquellen im alten Bade treten aber auch noch Quellen an tiefer liegenden Stellen zu Tag, z. B. die Plinius-, Augen-, Ostgothen- und Nibelungenquelle und in der Addaschlucht selbst sollen sich im Winter, wenn dieselbe zugänglich ist, noch 16 kleinere Quellen beobachten lassen.

Die Quellen brechen aus stark zerklüfteten, oft Breccienartigen, dolomitischen, schwärzlichen Kalkfelsen auf Klüften oder Aushöhlungen, welche sie sich nach und nach ausgebildet haben, hervor. Die Hauptrichtung der zahllosen, sich schneidenden Klüfte ist nach St. 3 und 9 gerichtet. Am besten lässt sich der Quellenausfluss in dem gegen 40 m langen Quellenstollen beobachten, der hinter dem alten Bad schon zu einer unbekannt alten Zeit in dem anstehenden Felsen getrieben worden ist. Nicht weit vom Eingange sprudelt hier aus einer ausgehöhlten Spalte die sog. Martinsquelle mit 38° C. Wärme und liefert beiläufig 3 Sekundenliter Mineralwasser. Früher sollen in diesem Stollen noch an mehreren Stellen Ergüsse stattgefunden haben, die jetzt nicht mehr fliessen. Auch die Martinsquelle soll zuweilen grossen Schwankungen in der Ergiebigkeit unterliegen und sich sehr verschwächen, sobald zur Winterszeit die Oberfläche der ganzen Umgegend mit Eis bedeckt ist.

Etwas tiefer als diese Hauptquelle für das alte Bad liegt die Quelle des sog. römischen Bads (Frauenheil) nebst dem sog. Kleinkindersprudel mit 36,6° C. und 7,5 Sekundenliter Wasser. Ihr Austrittspunkt aus einer mit einem Gewölbe umschlossenen Felsenhöhle hinter der Martinskirche lässt sich in diesem engen Raume des Wasserdunstes wegen nicht genauer beobachten. Beide Thermen liefern das Wasser für das neue Bad. Ganz in der Nähe derselben entspringt eine weitere Mineralquelle, Cassiodora oder äussere Ostgothenquelle, an einer schwer zugänglichen Stelle aus einer Ge-

steinsspalte und fliesst, Dampfwolken bildend, durch ein Gerinne und über die mit einer weissen und z. Th. gelben Sinterkruste überzogenen Felsen unbenützt ab. Sie soll eine Temperatur von 39° C. besitzen und 1,7 Sekundenliter Wasser liefern. Die zur Trinkkur benützte Pliniusquelle kommt etwas tiefer am Thalgehänge aus einer deutlichen Felsenspalte mit $38,3^{\circ}$ C. (nach meinen öfteren Messungen) und 1,9 Sekundenliter Erguss zu Tag.

Eigenartig ist die sog. Augenquelle (St. Carlsquelle) wegen ihres ockerigen Absatzes; sie liefert nur lauwarmes Wasser, das wohl als eine im Geröll abzweigende und bei dem Durchfliessen durch letzteres mit Eisencarbonat angereicherte Ader der Hauptquellen anzusehen ist. Entfernter von diesen Hauptquellpunkten am Steilgehänge der Addaschlucht entspringen noch zwei grössere Thermen, die sog. innere Ostgothen- und die Nibelungenquelle. Uebrigens beobachtete ich in der ganzen Umgebung des alten Bades an sehr zahlreichen Stellen Quellen, welche einen gegen die Lufttemperatur erhöhten Wärmegrad erkennen liessen und gleichfalls als Thermen oder Abzweigungen von solchen gelten müssen. Das wird auch durch die an den Felsen der ganzen Umgegend beobachteten Vorkommen von Salzausbildungen bestätigt, welche, wie Untersuchungen gelehrt haben, fast rein aus Bittersalz mit nur geringer Beimengung von Glauber- und Kochsalz bestehen. Ueberhaupt scheint mir das ganze Erdreich an diesem Gehänge weit und breit erwärmt zu sein, wodurch die ungewöhnlich üppige Vegetation in dieser Gegend ihre Erklärung findet.

Zusammenfassende Messungen des Ergusses aller Quellen liegen nicht vor. Der Schätzung nach mag derselbe 18–20 Sekundenliter und die mittlere Temperatur 38 – 39° C. betragen.

Was die chemische Zusammensetzung des Mineralwassers anbelangt, so zeichnet sich dieselbe durch das Vorwalten der Sulphate neben beträchtlichen Mengen von Kalkcarbonaten

bei geringem Gehalte an Chlorverbindungen vor den Quellen von Pfäfers und Leuk, denen die Thermen von Bormio sonst am nächsten stehen, aus.

Wir besitzen eine neuere Analyse nur von der Martinsquelle, welche Dr. v. Planta-Reichenau¹⁾ vorgenommen hat. Demnach enthält das Wasser in 1000 Theilen:

Chlornatrium	0,0112
Schwefelsaures Natron . . .	0,0604
Schwefelsaures Kali	0,0181
Schwefelsaure Magnesia . . .	0,2520
Schwefelsaure Kalkerde . . .	0,4863
Kohlensaure Kalkerde	0,1735
Kohlensaures Eisenoxydul . .	0,0025
Kohlensaures Manganoxydul . .	0,0014
Phosphorsäure	0,00004
Kieselsäure	0,0207
	1,02614
Direkt bestimmt	0,9996

Um die Uebereinstimmung oder Abweichung in dem Gehalt der verschiedenen Quellen erkennen zu können, wurden einige derselben einer Analyse durch Herrn Ad. Schwager unterworfen und dabei in dem Wasser der Plinius- (I) und Ostgothenquelle (II) folgende Gemengtheile in 1 Ltr. gefunden:

	Plinius- quelle	Ostgothen- quelle
Kalciumsulphat	0,4423	0,4280
Magnesiumsulphat	0,2400	0,2362
Natriumsulphat	0,0767	0,0795
Kaliumsulphat	0,0037	0,0007
Chlornatrium	0,0012	0,0010
Chlorkalium	0,0109	0,0109

1) Dr. A. v. Planta-Reichenau, Chem. Untersuchung der Heilquellen von Bormio. Chur 1860.

	Plinius- quelle	Ostgothen- quelle
Kalkcarbonat	0,1288	0,1429
Magnesiumcarbonat	0,0038	0,0019
Kieselsäure	0,0164	0,0062
Thonerde	0,0137	0,0042
Phosphors., Mangan etc.	Spuren	Spuren
Eisenoxyd	0,0005	0,0009
	0,9875	0,9124

Es ergibt sich daraus im Vergleich zu dem Gehalte der Martinsquelle, dass ein bemerkenswerther Unterschied nicht besteht, um so weniger, wenn man die gegenwärtige Beschaffenheit der letzteren in Rechnung zieht. Nach meiner Untersuchung liefert die Martinsquelle jetzt 0,973 gr bei 110° C. getrockneten Rückstand in 1 Liter mit 0,07334 MgO und 0,4206 SO₃; die Quelle des römischen Bades unter gleichen Verhältnissen 0,8650 gr Trockenrückstand mit 0,0568 MgO und 0,5070 SO₃ neben 0,0025 Cl. Die Augenquelle endlich ergab 0,9740 gr Trockenrückstand mit einem bemerkenswerth hohen Gehalt an Eisenoxyd, nämlich 0,0100 gr. Als Hauptbestandtheile der verschiedenen Quellen erweisen sich demnach mit grosser Uebereinstimmung Gyps, Bittersalz, Glaubersalz und Kalkcarbonat, Salze, welche die aus Gypsstöcken kommenden Wasser gewöhnlich zu enthalten pflegen, wie z. B. jene von Leuk in der Schweiz. Auch die Quellen von Bornio entnehmen ihren Mineralgehalt unzweifelhaft einer Gypsablagerung, wie wir später ausführlicher erörtern werden. Auffallend ist dabei der geringe Gehalt an Chlornatrium, was eine Armuth oder einen Mangel an Steinsalz in dem betreffenden Gypsstock andeutet. Noch auffallender ist das fast gänzliche Fehlen von Schwefelwasserstoff sowohl in dem Quellwasser selbst, wie auch in den mit aufsteigenden Gasen. v. Planta¹⁾ konnte nur quantitativ unbestimmbare Spuren

1) v. Planta a. a. O. S. 15.

dieses Gases nachweisen. Um so bemerkenswerther ist das reichliche Auftreten dieses Gases in dem Schlamm, welcher bei längerem Verweilen des Mineralwassers in dem Reservoir des römischen Bades sich absetzt und für die sog. Schlamm-bäder benützt wird. Dieser schwärzlich gefärbte, stark nach Schwefelwasserstoff riechende Absatz enthält an Algenfäden¹⁾ ausgeschiedenen Schwefel und überdies eine im Vergleich zu dem geringen Gehalt des Wassers an Eisensalzen beträchtlich scheinende Menge von Schwefeleisen, welches eben die schwarze Färbung verursacht. Ausserdem finden sich darin Gyps, Kalkcarbonat und eine beträchtliche Anzahl von Organismen, welche in dem warmen Wasser vortrefflich gedeihen und wuchern. Reichlich sind besonders Fadenalgen und Diatomeen vertreten. Es ist wohl nicht zweifelhaft, dass erst durch den Einfluss der abgestorbenen organischen Stoffe und durch die Lebensthätigkeit von Spaltpilzen eine Zersetzung der Sulphate bewirkt wird, so dass dadurch Schwefel, Schwefelwasserstoff und Schwefeleisen sich erzeugten. v. Planta giebt als Hauptbestandtheile des Schlammes an: Schwefelfäden, organische Stoffe, Schwefelwasserstoff, dann Schwefeleisen, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure und Kohlensäure. Ich habe eine selbst geschöpfte Probe dieses Schlammes in lufttrocknem Zustande untersucht und gefunden, dass derselbe durch Schwefelkohlenstoff ausziehbaren Schwefel 0,125 in 1 Gramm enthält. An Schwefeleisen finden sich in einem Gramm der Masse 0,0004, ausserdem vorherrschend Magnesiumcarbonat (24,3%) neben Kalkcarbonat (13,8%), sehr wenig Gyps ($\text{SO}_3 = 1,1\%$), Kieselsäure (0,5%) und Spuren von Arsensäure und Phosphorsäure. Im Verhältniss zu der Zusammensetzung des Sinterabsatzes ist die grosse Menge des Magnesiumcarbonats auffällig. Es scheint während des Verbleibens des

1) Vgl. Ch. G. Brügger in Jahresber. der Naturforsch. Gesell. in Zürich, N. F. VIII, 1863. S. 231.

Mineralwassers im Behälter sich eine Umsetzung von Bittersalz und Kalkcarbonat vollzogen zu haben.

Im Verhältnisse zu dem Gehalt der Quellen an Kalkcarbonat ist die Sinterbildung, namentlich da, wo das Wasser vertheilt über die Felsen abfließt, eine sehr beträchtliche. Neugebildete derartige rosenroth und saftgrün gefärbte Absätze sind so innig mit Algen¹⁾ durchwebt, dass sie sich wie Lappen abheben lassen, während die älteren Sinterkrusten mehr oder weniger arm an organischen Beimengungen sind. Die röthliche Färbung wird vorzugsweise durch *Leptothrix dictyothrix*, und *Scytonema Bormiense*, die grüne hauptsächlich durch *Aphanocapsa thermalis*, *Chroococcus membraninus*, *Lyngbya conglutinata*, *Chthonoblastus Plantae*, *Phormidium Lyngbyanum* u. s. w. verursacht. Die Zusammensetzung eines solchen beim Austrocknen lederartigen neugebildeten Lappens (nach einer Analyse von Herrn A. Schwager) (I) und die einer alten Sinterkruste (II) ist folgende:

	I.	II.
Kalkcarbonat	83,44	92,80
Bittererdecarbonat	1,22	1,14
Kalksulphat	3,18	1,31
Kali	0,12	} Sp.
Natron	0,12	
Thonerde	1,63	} 3,50
Manganhaltiges Eisenoxyd . . .	0,72	
Kieselerde	0,92	
Organisches (und Wasser) . . .	8,61	1,25
	99,96	100,00

Bei dem Reichthum der Quellen an gelöstem Kalksulphat ist die Ausscheidung von Gyps eine verhältnissmässig geringe; das Kalkcarbonat aber scheidet sich rasch und in

1) Vgl. Brügger in Jahresb. d. Naturforsch. Ges. Graubündens, N. F. VIII, 1863. S. 244.

grosser Menge ab, weil es den Quellen an freier Kohlensäure fehlt.

Streifenweise ist der Sinterabsatz durch einen Gehalt an Eisenoxydhydrat etwas gelblich gefärbt. Vorherrschend aus Eisenocker zusammengesetzt ist der Absatz an der Augenquelle. Derselbe bildet eine braungelbe pulverige Masse, welche gewissen ockerigen Brauneisensteinen sehr ähnlich ist und nicht unbeträchtliche Mengen von Arsen enthält. Eine von Hrn. A. Schwager vorgenommene Untersuchung ergab in diesem Ocker folgende Nebenbestandtheile in Procenten:

Arsensäure	3,55
Arsenigsäure	1,18
Antimonsäure	1,27
Zinnoxidul	0,31
Blei	Spuren
Phosphorsäure	0,24
Kieselsäure	4,20
	10,75

Dazu kommt dann noch

Eisenoxydhydrat	64,00
Manganoxyd	Spuren
Kalk	13,25
Bittererde	Spur
Kohlensäure	11,00
Organisches und Wasser	0,85

Nachprüfungen haben in Folge dieser Entdeckung in allen Trockenrückständen in dem Schlamm sowohl wie in den gelbgefärbten Sinterkrusten das Vorhandensein von Arsen in Spuren erkennen lassen.

Dieser Arsengehalt in sehr geringer Menge verleiht dem Thermalwasser von Bormio eine erhöhte therapeutische Bedeutung und verdient besondere Beachtung. Derselbe

scheint von der Zersetzung des Arsenkieses herzurühren, welcher in dem von dem Mineralwasser durchzogenen Schichtgestein vorkommt.

Wenn wir nun weiter nach den Ursachen der Entstehung und des Gehaltes der Quellen von Bormio fragen, so können uns nur die geologischen Verhältnisse dieser Gegend Anhaltspunkte für die Beantwortung geben. Wir werden daher darauf hingewiesen, zunächst einen Blick auf den geologischen Bau der Umgebung des Bades, und da diese nur einen kleinen Theil des grossen Gebirgsstocks der Ortlergruppe ausmacht, auf jenen der letzteren selbst zu werfen.¹⁾

Der Graubündener Kalkzug im Allgemeinen.

Die durch die Höhe (3905 m), Massenhaftigkeit, grossartige Wildheit seiner Felswände und die beträchtliche Ausbreitung der Gletscher berühmte Gruppe des Ortlergebirges verdankt diese Eigenartigkeit, welche sie vor fast allen Hochalpenstöcken auszeichnet, wesentlich der Entwicklung der Kalkschichten, die seine Hauptmasse ausmachen. Während wir sonst in den Centralketten der Alpen nur ältere krystallinische Bildungen zu finden gewohnt sind, sehen wir den Ortler als ein jüngeres Kalkgebirge über den Urgebirgsbildungen ausgebreitet mitten im Centralstock mächtig

1) Vgl. Leonhardi, Das Veltlin, 1860; Ch. G. Brügger, Ost-rhaetische Studien, 1863; Theobald, Das Bündner Münsterthal im Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens, N. F. VIII, 1863. S. 53; Theobald, Geol. Beschreibung von Graubünden 1864, und 2. Theil, 1866; Ders. und J. J. Weilenmann, Die Bäder von Bormio (ohne Jahreszahl); Theobald, Bormio u. s. Bäder, Chur 1865; Dr. C. Meyer, Ahrens und Ch. G. Brügger, Die Thermen von Bormio, 1869; G. Stache im Jahrb. d. k. k. geol. Reichs. 1877. S. 162; Stache und C. v. John, Geolog. u. petrog. Beiträge das. 1879. S. 318; Stache, in Verh. d. geol. Reichs. 1873, 222; Ders. das. 1878, 174; v. Mojsisovics, Geolog. Bedeut. d. Rheinlinie im Jahrb. d. geolog. Reichs. 1873, 152.

emporragen und hier eine gewisse Verbindung oder nähere Beziehung zwischen den nördlichen und südlichen Kalknebenzonen vermittelt, ohne sich jedoch beiden unmittelbar anzuschliessen. Die westlichsten Ausläufer dieses centralalpinen Kalkgebirges, die wir zusammen den Graubündener Triaskalkzug nennen wollen, beginnen schon südlich von Chur in dem Gebirge an der Albula sich anzusetzen; von hier an breiten sie sich dann am oberen Engadin weiter aus, ziehen bis zu den Quellen der Etsch und erreichen das Maximum ihrer Entwicklung im Ortlerstock, wo sie in dem Zuge nach Osten plötzlich abbrechen und endigen. Nur die Kalkköpfe südlich von Innsbruck und das kalkige Gebirge der Radstädter Tauern nehmen eine ähnliche Stellung ein und lassen vielfach analoge Verhältnisse mit dem Graubündener Kalkzug erkennen. Es sind dies die Reste eines ehemals wohl zusammenhängenden inneralpinen Kalkgebirgszugs.¹⁾ Im Bezug auf die geologische Stellung dieses Gliedes der jüngeren Kalkbildungen der Westalpen äussert schon Escher v. d. Linth,²⁾ es sei kaum zweifelhaft, dass die Dolomitmassen des östlichen Bündens und des Stifserjochs die Fortsetzung des vorarlbergischen sei und auch ich habe bereits 1861 in der Beschreibung des bayerischen Alpengebirges (S. 139) auf diesen Zusammenhang hingewiesen. Damit übereinstimmend spricht sich auch v. Mojsisovics³⁾ aus, dass aus Vorarlberg eine Bucht des Triasmeeres südlich bis zur Bernina und von da östlich bis zum Ortler in die Mittelzone hineingereicht habe.

1) Es wird hier wie im Nachfolgenden der ganze Schichtencomplex als „Kalkbildungen und Kalkschichten“, wenn er auch neben Kalk sehr häufig aus Dolomit oder oft auch aus Mergel besteht, bezeichnet.

2) Geolog. Bemerk. ü. d. nördlichen Vorarlberg u. e. angrenz. Gegenden, 1853, S. 48.

3) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1873, Bd. XXIII, S. 143.

Gleichwohl ist es trotz der beträchtlichen Mächtigkeit dieser Kalkschichten, welche sich hier auf dem langen Zug von Chur bis zur Königsspitze entwickelt zeigen und trotz der nicht zu verkennenden reichen Gliederung des Schichtenbaues bis jetzt noch in geringem Grade geglückt, befriedigende Resultate in Bezug auf Gliederung und Gleichstellung der unterscheidbaren Stufen mit denen der Kalkgebilde einer der Nebenzonen zu gewinnen. Es rührt dies hauptsächlich von der trostlosen Armuth der Schichten an organischen Einschlüssen und von der eigenthümlichen, durch fast alle Schichten hindurch gleich bleibenden Gesteinsbeschaffenheit her, welche den Vergleich mit den Gliedern der zunächst benachbarten Kalkablagerungen erschweren.

Zwar hat der bewunderungswürdig fleissige und unnachahmbar eifrige Theobald,¹⁾ welcher, wie kein anderer Geologe, diese Gebirge genau durchforscht hat, die Grenzen festgelegt, innerhalb welcher die mächtigen Kalkmassen dieses Gebiets in das System einzureihen sind, nämlich zwischen den alpinen Muschelkalk und den *Belemniten* führenden Liasschiefer, im Einzelnen aber hat er diese einzuschaltende Glieder zu schematisch mit den in den benachbarten Kalkalpen unterschiedenen Abtheilungen der Trias in Parallele gestellt, ohne für eine derartige in's Einzelne gehende Eintheilung immer genügende Anhaltspunkte durch Versteinerungen gewonnen zu haben. Indem er sich vornehmlich nur auf die Gesteinsbeschaffenheit und die Lagerungsverhältnisse stützt, gelangt er für den Graubündener Kalkzug zu nachstehender Reihenfolge der Schichten in absteigender Ordnung:

1. Im Hangenden: Lias (Steinsbergkalk und Algäuschiefer).
2. Rhätische Stufe (Kössener Schichten).

1) Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, III. Abth. Bl. XX, 1866.

3. Hauptdolomit.
4. Obere Rauhwacke und graue, den Raibler Schichten vergleichbare Kalke.
5. Arlberger (Hallstätter-) Kalke.
6. Partnachschiefer.
7. Graue und schwärzliche Kalke und Streifenschiefer (unterer Muschelkalk).
8. Untere Rauchwacke und Guttenstein-Kalk (unterer Muschelkalk).
9. Verrucano (Perm), dem er graubraune Schiefer und rostige Quarzite anreicht.
10. Als Basis betrachtet er den sog. Casannaschiefer und Gneiss-artige Schiefer, die ihm als metamorphosirte Bildungen gelten.

Abgesehen von Lias und den rhätischen Schichten, welche durch Versteinerungen als ganz sicher nachgewiesen gelten können, führt Theobald nur *Bacryllien* (? *Schmidtii*) aus dem Virgloriakalk *Dadocrinus gracilis*, *Gervillia substriata*, *Myophoria* (?) und unbestimmbare Bivalven im Ortlergebiete an. Ganz unklar bleibt bei ihm die Abgrenzung der Triasbildungen nach unten. Hierher stellt Theobald den sog. Verrucano, welchen er aber bereits für permisch hält, wonach der alpine Buntsandstein, bezw. die Werfener Schiefer, in diesem Gebiete nicht entwickelt wären.

Bei einem mehrjährigen Besuch des Engadins in Tarasp und St. Moritz habe auch ich mich näher mit den geologischen Verhältnissen des Graubündener Kalkzuges beschäftigt und über die Ergebnisse einen kurzen Bericht erstattet.¹⁾

Der Lias und die rhätische Stufe konnten ganz unzweifelhaft an mehreren Stellen nachgewiesen werden. Auch

1) Geologisches aus dem Engadin im Jahresber. d. Naturf. Gesellschaft Graubündens, Jahrg. 31 und Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1887. S. 291.

der Muschelkalk wurde an charakteristischen Versteinerungen sowohl bei Tarasp, als im Chiamuera-Thale erkannt. Etwas höher liegen dünngeschichtete, schwarze Mergelschiefer mit Fischschuppen, *Bacryllien* und *Ostracoden*, welche gleichfalls einer bestimmten Stufe zu entsprechen scheinen. Ferner fand ich in einem hellgrauen, durch Verwitterung gelblich gefärbten Mergel in der Nähe des Passes Sür Som zwischen Zernetz und Münster zahlreiche Versteinerungen vom Typus jene der Raibler Schichten. Es deutet dies an, dass trotz der Armuth an organischen Ueberresten innerhalb mächtiger Schichtencomplexe durch eine sehr genaue Untersuchung des Gebiets Anhaltspunkte zu einer schärferen Gliederung sich wohl gewinnen lassen.

Was die den Muschelkalk unterlagernden Bildungen anbelangt, so glaube ich mich durch eine ausgedehnte Untersuchung dieser Grenzsichten vom Davoser Thal an über Filisur nach Bellaluna und dem Stulser Thal, dann bei Ponte im Engadin, bei Tarasp, insbesondere im Ofen-Passthal überzeugt zu haben, dass die von Theobald im Verrucano zusammengefassten graubraunen Schiefer und rostischen Quarzite, welche stellenweise in ein Augengneiss-ähnliches Gestein und in Sericitschiefer verlaufen, stellenweise durch ächte Conglomerate und rothe Sandsteine mit zwischengelagerten grünlichen und röthlichen Schiefern ersetzt werden und stets concordant unter dem schwarzen Kalke ihre Stelle einnehmen, den Werfener Schichten bezw. dem alpinen Buntsandstein entsprechen. Man vergleiche nur die hierhergehörigen Schichten bei Werfen selbst und zwischen Bischofshofen und Mitterberg mit jenen im Samina-Thale bei Vaduz am östlichen Rheinthalrande, mit den Felsen, worauf Filisur steht, mit den Schichten im Eingang des Chiamuera-Thales bei Ponte, mit dem Sandstein des Ofen-Passes bei Ilg Fuorn oder im Spöl-Thale bei Livigno und endlich mit den *Myophoria costata* einschliessenden, petrographisch gleichen

Schichten von Bovegno unfern Collio und von Nona in den Bergamasker Alpen,¹⁾ um sich zu überzeugen, dass man es bei allen diesen Abänderungen nur mit örtlichen Ausbildungsweisen ein und derselben Schichtenstufe zu thun hat.

Zuletzt, so viel ich weiss, hat sich G. Diener²⁾ mit der sorgfältigen Erforschung eines grossen Theils des Graubündener Gebirges befasst. Abgesehen von den Bündener Schiefen, die uns hier nicht beschäftigen und von denen ich — um das gleich hier anzuführen — im engeren Gebiet des Ortler nichts Entsprechendes gesehen habe, stimmt G. Diener im Allgemeinen mit den Ansichten Theobalds in so weit überein, als sich dies aus den Lagerungsverhältnissen folgern lässt. Leider gelang es auch ihm nicht, durch Petrefaktenfunde die Schichtenglieder bestimmter abzugrenzen.

Ohne vollständige Orientirung über alle einzelnen Glieder im Aufbau des Kalkzugs in Graubünden erlangt zu haben, betreten wir nun das engere Gebiet des Ortlerstocks, um hier Umschau zu halten.

Der Ortlerstock.

Schon eine ganz flüchtige Untersuchung des höchsten und grossartigsten Gliedes der mittelalpinen Graubündener Kalkzone im eigentlichen Ortlerstock genügt, um zu erkennen, dass der mächtige Schichtenbau von Kalk- und Dolomitmassen auf drei Seiten einem älteren krystallinisch ausgebildeten Schiefergebirge in der Art aufsitzt, dass das letztere ringsum aus ungefähr gleichen Gesteinsschichten bestehend eine flache Mulde bildet. Im Grossen und Ganzen fallen dementsprechend die Schiefer am Nordrande gegen S. und SW., am Südrande nach N. und NO. Die Grenze

1) Gümbel, Sitz. d. Akad. d. Wiss. in München, 1880. S. 194 und 235.

2) Dr C. Diener, Geol. Stud. im Sw. Graubünden in d. Sitzungsab. d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-naturw. Cl. Bd. 97, I. 1888.



zwischen den kalkig dolomitischen Gebirgsgliedern und der Schieferunterlage verläuft auf der Südseite von Livigno her am Fusse der Cima di Plator und des Mt. della Scala zum alten Bad Bormio in fast genau W-O-Richtung. Auf dieser Strecke begegnen wir Aufschlüssen an dem alten Passübergang unterhalb den beiden Wachtthürmen (Pass la Scala) und längs dem nach Bormio führenden Wege namentlich in den Wasserrissen oberhalb der einzelstehenden Kirche zwischen Premadio und Torripiano. In der Addaschlucht selbst und an den Felsen, aus welchen die Thermen von Bormio hervorbrechen, verdecken mächtige Lagen von Gehängeschutt und zum Theil ältere Diluvial-Conglomeratbänke die Grenzregion bis auf einzelne, aus der Ueberdeckung aufragende Felsenköpfe. Eine ähnliche Schuttmasse verbreitet sich auch weiter ostwärts am Fusse der Kalkwände des Mt. Cristallo über das nördliche Gehänge von Valle del Zebro, in dem nur durch einzelne tief einschneidende wilde Schluchten wie Val Campello, V. d'Uzza und mehrere unbenannte Gräben bis zum Val Marmotta und dem Zebrugletscher anstehendes Gestein blossgelegt und der Beobachtung zugänglich wird. Daraus erkennt man, dass die Grenze zwischen Kalk- und Schiefergebirge unter der Wand des Mt. Cristallo von einer Einsattelung des Dosso Reit gegen Casa del Zebro streicht und der Thalsole bei Prato Beghino und der Alphütte Il Pastore ganz nahe kommt, um von da an über das Königsjoch oder über Passo Cedek zum Suldenthal hin über zu biegen. Die Königswand und die Felsschroffen an der Königsspitze bestehen aus Kalk- und Dolomitschichten, das Schrötterhorn aus krystallinischem Schiefergestein, dazwischen verläuft die Gebirgsscheide durch einen oder den anderen der genannten Pässe. So viel sich aus der Ferne beurtheilen lässt, besteht die Kreilspitze auch aus Kalk, sodass die Gesteinsgrenze auf den Cedekpass treffen würde. Doch ist dies noch genauer zu ermitteln.



Königseipitz. Ortlerspitz. St. Gertrud Marlkopf.
 Ansicht des Ortlergebirges vom Suldener Thale (St. Gertrud) aus mit der Ortlerspitz.
 Königswand und dem Suldenthal.
 (Erklärung der Buchstaben im Texte.)

Auf der Suldenseite macht sich die Grenzlinie jenseits des Suldenerfers am Sattel der hinteren Gratspitze wieder deutlich bemerkbar und wendet sich nun in fast rein nördlicher Richtung zum Ende der Welt am Kuhbergrücken und zum Sattel des Marlberges da, wo der von St. Gertrud zur Payerhütte führende Steig sich abwärts zu den Tabaretta-wänden umbiegt. Hier bietet sich eines der am besten aufgeschlossenen und am bequemsten zugänglichen Profile, das wir später näher beschreiben werden. Von diesem Sattelpunkt zieht sich die Grenze unter den Tabaretta-, Bärenkopf- und Hochleiten-Spitz-Wänden zum Sattel zwischen Hochleitenpitz und Zumbanellberg und schlägt von da wieder eine südwestliche Richtung gegen die hl. Dreibrunnen im Trafoier-Thal und dicht hinter den Häusern von Franzenshöhe vorüber zum Sattel am Stilfser Joch ein, das fast genau auf der Gesteinsscheide eingetieft ist.

Im Gebiete des Braulio-Thales verläuft die Grenzlinie zunächst von der Passhöhe am Gehänge auf der Südseite der Strasse, welche sie nahe am 15. Kilometerstein durchschneidet, um sich gegen das Umbrail Joch zu wenden, sodass hier eine direkte Fortsetzung des Kalkgebirges vom Ortlerstock zu den westlichen Kalkbergen des Mt. Braulio, Pedenollo, Mt. della Scala u. s. w. quer durch das Braulio-Thal und die Addaschlucht besteht.

Im Grossen und Ganzen bemerkt man auf dieser langen Grenzlinie — einzelne Strecken, namentlich an Verwerfungsspalten ausgenommen — eine wirklich oder doch nahezu concordante Auflagerung der kalkischen Schichten auf den krystallinischen Schiefern. In deutlich discordanter Lagerung stehen z. B. die Schichten auf der Passhöhe des Stilfser Joches an, wo die schieferigen Phyllite nordwestlich einfallen, während die zunächst angeschlossenen schwarzen schieferigen Kalke eine Neigung nach SO. besitzen, weil hier eine Verwerfungsspalte hindurch zieht.



Hochleitensp. Tabarettawände. Ortlersp. Trafoithal. Madatschsp. Mt. Cristallo-
Ortlergruppe von der Strasse bei der Franz Josefs-Höhe.
(Erklärung der Buchstaben im Texte.)

Von der Passhöhe überblickt man einen grossen Theil des kalkigen bezw. dolomitischen Aufbaues des Ortlerhauptstocks längs der nördlichen Auflagerungsgrenze auf den krystallinischen Schieferschichten. Von dem äussersten nördlichen Punkte unter der Hochleitenspitz an zeigen die Kalkschichten über den Bärenkopf, die Tabarettawände, die Felsen unter der Ortlerspitz und dem unteren Ortlergletscher bis gegen das Trafoier Thal ein südöstliches Einfallen, das in den wenigen, zunächst am Ortler selbst über das Gletschereis vorstehenden Felsen in eine nahezu söhliche Lagerung überzugehen scheint. An den Madatschwänden stellt sich wieder ein steileres Einfallen ein, wobei zugleich die Schichten stark gefaltet und zusammengebogen sind. Weiter nach Süden zu, schon im Val Vitelli wenden sich die Schichten und nehmen an den Wänden unter dem Gletscher des Mt. Cristallo schliesslich

eine nordwestliche Neigung an, mit welcher sie am ganzen Südabbruch des Kalkstocks dem gleichförmig einfallenden Schiefer aufgelagert sind.

Um nun die Schichten, mit welchen das mächtige Kalkgebirge aufgebaut ist, im Einzelnen näher kennen zu lernen, erweist sich unter allen mir bekannt gewordenen Aufschlüssen namentlich in Bezug auf die tiefsten Lagen und den Anschluss an die krystallinischen Schiefer keiner lehrreicher, als jener am Marltkopf längs dem Steig, auf welchem man gewöhnlich von Suldén aus zur Payerhütte und der Ortler Spitze aufzusteigen pflegt, während für die Untersuchung der hangenden Gesteinsregionen der alte Passweg der Scala bis ins Fräle-Thal gute Gelegenheit bietet.

Profil am Marltkopf.



Profil am Marltkopf (Steig zur Payerhütte) mit dem Marltgletscher.
(Erklärung der Buchstaben im Texte.)

Sobald man von St. Gertrud in Suldén kommend den Marltbach und die grossartige vom Marltferner abstammende Trümmerhalde (T) überschritten hat, betritt man den von der Höhe herabziehenden felsigen Marlt-Rücken, über welchen der Steig aufwärts zu den Tabarettawänden emporführt. Die ersten anstehenden Felsen bei etwa 2050 m Meereshöhe bestehen hier aus quarzitischen Augengneiss-artigen Schichten, welche öfter mit glimmerig glänzenden Phylliten wechseln (a). Die wellig gebogenen Schichten fallen im Allgemeinen mit

ungefähr 10° nach W. ein. Der Weg führt nun aufwärts über ziemlich stark verwitterte zweiglimmerige Gneisse (b) zu einer zackigen Felswand aus Sericitquarzitschiefer und Augengneiss mit grossen Orthoklas-Knollen (2125 m) (c). Hier biegt sich der Steig wieder auf die Trümmerhalde und kehrt erst da zum Bergrücken zurück, wo derselbe oberhalb des schroffen Felsriffs aus weicheren, leicht verwitternden phyllitischen Schiefern (d) besteht. Bei 2240 m beginnt eine weitere felsige Region mit theils feinen, theils grossaugigen zweiglimmerigen Gneissen und sericitischem Quarzitschiefer (e), welche nach oben in vorwaltend phyllitische Schiefer (f) übergehen. Die Schichten sind immer noch gleichförmig mit $10-18^\circ$ nach W. geneigt. In dieser Region der Phyllitschiefer (f) setzt bei 2475 m ein ungefähr 1 m mächtiger, in St. 12 streichender, stark verwitterter Suldenit oder Ortlerit-Gang (s) auf, der noch weit über den Rücken bis zum Steilabfall gegen die Tabarettawände hin sich verfolgen lässt. Zahlreiche Blöcke dieses oder eines ähnlichen Gesteins gewahrt man schon unten in der Schutthalde des Marlbachs; es ist wahrscheinlich, dass zahlreiche Gänge dieser Felsart hier das Schiefergebirge durchschwärmen.

Die Region der phyllitischen Schiefer, welche mehrfach mit grünen, chloritschieferähnlichen Lagen, wie wir sie später näher kennen lernen werden, wechseln und zahlreiche Quarzlinsen und quarzitisches Zwischenschichten in sich schliessen, reicht aufwärts bis etwa 2480 m. Hier stellen sich nun durch ihre helle Farbe hervorstechende quarzitisches, sericitische Flaserschiefer (g) ein, welche Linsen, Streifen und dünne Lagen eines gelblichen dolomitischen Minerals umschliessen, von zahlreichen, durch Verwitterung in eine Brauneisensubstanz übergegangenen Butzen begleitet werden und mehrfach eine Art Trümmerbeschaffenheit annehmen. Es sind dies die von Theobald als Verrucano bezeichneten Gesteine, welche hier jedoch weder mit Sandsteinen, noch mit Con-

glomeratbänken vergesellschaftet sind. Die gelben Butzen bestehen aus:

Eisenoxyd	5,8
Thonerde	0,1
Manganoxydul	0,6
Kalkcarbonat	39,9
Magnesiumcarbonat	16,2
Kieselsäure	0,3
Kohlensäure	2,4
In Säuren Unlöslichem (Quarz, Glimmer, Thon)	23,4
Wasser	11,3
	100,7

Es werden diese Einschlüsse von gelben dolomitischen Linsen, namentlich die oft sehr eisenhaltigen, besonders dadurch bemerkenswerth, dass sie sich stellenweise zu mächtigen Lagen erweitern und durch ihre Verwitterung einen ockrigen Brauneisenstein liefern. Es sind dies jene Eisenablagerungen, welche in früherer Zeit an mehreren Stellen namentlich an der Südabdachung des Gebirgsstock ausgebeutet und auf mehreren Eisenhütten, bis in die neueste Zeit zu Premadio, verschmolzen wurden, wie die analogen Eisenerze in den Bergamasker Alpen und in den Werfener Schiefer bei Werfen.

Mit Säuren behandelt brausen die sericitischen Schiefer schwach auf und geben an 5% Salzsäure 2,7% ab, welche aus

Eisenoxyd	1,15
Kalkcarbonat	1,34
Bittererde	Spur
Wasser	0,21
	2,70

bestehen.

Der Rest enthält in ‰:

Kiesel- und Titansäure	78,75
Thonerde	13,00
Eisenoxyd	1,00
Kali	1,93
Natron	0,72
Wasser	3,70
	99,10

Demnach macht die Hauptmasse des Gesteins Kieselsäure aus, welcher eine thonige Substanz und sericitische Schuppen beigemengt sind. Ein Feldspathbestandtheil lässt sich in Dünnschliffen nicht erkennen.

Diese rostfleckigen, quarzitischen Flaserschiefer reichen im Marlprofil bis zum Sattel dieses Bergrückens, über welchen der Steig sich nun abwärts zu den Tabarettawänden umbiegt. Schicht für Schicht aufgeschlossen zeigen diese Grenzschichten einen deutlichen, allerdings raschen Uebergang in tief schwarze, splittrige, blättrig verwitternde, 8 m mächtige Kalkschiefer (1 des Profils) mit noch halbkrySTALLINISCH ausgebildeten, schwach glimmerglänzenden Thonfasern und Ueberzügen, welche fast dasselbe Aussehen besitzen, wie manche Phyllite. Solche halbkrySTALLINISCH entwickelte, phyllitähnliche Thonfasern wiederholten sich in Zwischenlagen noch mehrfach innerhalb der nächst höheren Schichten. Mir scheint dieses Verhältniss von grosser Wichtigkeit zu sein. Es wird doch wohl Niemand dieselbe als Folge einer Metamorphose, sei es durch Druck oder Contact, deuten wollen. Dafür lässt sich hier nicht der Schein einer Veranlassung auffinden.

Diese krySTALLINISCHE, phyllitähnliche Ausbildung der den Kalk sonst in Form von gewöhnlichem erdigen Thon begleitenden Fasern beweist vielmehr, dass, wie auch bei den unterlagernden Flaserschiefern, die eine krySTALLINISCHE Entwicklung begünstigenden Verhältnisse an dieser Stelle und in gleicher

Weise in dem ganzen Gebirgsstock in analoger Weise weiter fortgedauert haben, wie sie vorher hier geherrscht hatten, während in anderen Gegenden die thonigen Absätze in gewöhnlicher Weise abgesetzt wurden und eine erdige Beschaffenheit beibehalten haben.

Die Kalkschiefer (1) nehmen nach oben eine festere Beschaffenheit an, gehen in etwas dickere Lagen über, enthalten eigenthümliche wulstige, *Rhizocorallium* entfernt ähnliche Concretionen und weisse streifige Kalkspathauscheidungen, welche an organische Einschlüsse erinnern. Deutliche Versteinerungen wurden jedoch nicht entdeckt. Man könnte diese im Ganzen 30 m mächtigen Schichten Streifenkalk¹⁾ nennen. Sie schliessen eine mächtigen Bank, weissen, fleckweise etwas röthlichen Kalks ein. Bei 2550 m legen sich darüber gleichförmig dichte Bänke eines gelblich angewitterten, trümmerigen, Breccien-, oft Rauhwaacke-artigen etwa 5 m mächtigen Dolomites an. Dieses Gestein besteht aus:

Kalkcarbonat	72,07
Bittererdecarbonat	25,01
Eisenoxyd (urspr. wohl Siderit)	1,00
Ungelöstem Rückstand	1,12
	100,00

Nach oben gehen diese Schichten in schwarze, weissgeaderte, etwas gelblich verwitternde Dolomite vom Typus der Guttensteiner Stufe über, welche die obersten, in zackigen Felsriffen anstehenden Kalkgebilde unter den nun in fast senkrechten Wänden ansteigenden schwarzgrauen Dolomite

1) Es sei hier die Bemerkung wiederholt, dass man bei der Bezeichnung Kalk und Dolomit eine scharfe Unterscheidung nicht machen kann, man müsste denn jede einzelne Schicht chemisch analysiren, da sehr häufig körnige, dolomitisch aussehende Gesteine als zum Kalk gehörig sich erweisen, wie andererseits dichte kalkähnliche Gesteine eine dolomitische Zusammensetzung besitzen.

des Ortlerstocks zusammensetzen. Man klettert, auf dem Steig, welcher an den Tabarettawänden zur Payerhütte führt, über die Köpfe dieser Kalk- und Dolomitschichten, die nur von wenig mächtigen, mergeligen schlecht aufgeschlossenen Mergelbänken unterbrochen werden, zum Sattel empor. Auch die obersten aus dem Gletschereis des Ortler Ferners aufragenden Felsköpfe bestehen noch aus dem gleichen dolomitischen Gestein. Dass in diesem ungemein mächtigen Schichtencomplexe noch verschiedene, bisher nicht getrennte Triasglieder verborgen stecken, ist nicht zweifelhaft. Aber die enorme Ausbreitung der Gletschermassen hindert hier eine nähere Untersuchung, jedoch findet man in dem von der Ortlerwand auf den Marltgletscher und den Endderwelt-Ferner herabgestürzten Gesteinsbrocken nicht gerade selten einzelne Stücke, welche durch eingeschlossene Versteinerungen auf das Vorhandensein mehrerer Unterabtheilungen hinweisen. Ein solcher tiefschwarzer, krystallinisch körniger Kalkbrocken mit 94,60 Kalkcarbonat, 2,75% Bittererdecarbonat, 2,00% Thon, 0,58% Eisenoxyd, 0,05 kohligen Bestandtheilen und Spuren von Phosphorsäure umschliesst zahlreiche weisschalige Ueberreste von Gastropoden und Bivalven. Unter ersteren befinden sich namentlich *Natica*-ähnliche Formen und solche, welche der *Neritopsis ornata* Schöff. sehr nahe stehen, wenn nicht mit derselben identisch sind.

Die Grenze zwischen dem Phyllitschiefer und den Trias-schichten verläuft von dem Marltsattel nordwärts unter den Kalkwänden des Bärenkopfs und der Hochleitenspitze deutlich erkennbar bis zu einer Einsattelung zwischen der letzteren und dem Zumpanellberg und senkt sich dann zum Trafoierthal. Südwärts stösst man wieder auf die hier weniger vollständig aufgeschlossene Gesteinsscheide am Kuhberg vor dem Endderwelt-Ferner. Auch an dieser Stelle wiederholt sich dieselbe Schichtenfolge, wie am Marltrücken. Tiefer

am Gehänge gegen das Suldenthal sind es Augengneisse, quarzitische Schiefer, höher Phyllite und grüne chloritische Schiefer, welche die Unterlage der ihnen gleichmässig aufgesetzten sericitischen Quarzite mit rostigen Flecken und gelben dolomitischen Linsen bilden. Höher an dem Berg Rücken in der Nähe des sog. Signals ragen gelblich verwitternde, trümmerige Dolomite in zackigen Felsen als die letzten zugänglichen Schichten unter der Steilwand des Ortler empor. Jenseits des Endderwelt-Ferners zieht die Scheidelinie deutlich durch den Sattel zwischen dem hinteren Grat und den Felswänden des Sulder-Ferners fort und verliert sich endlich unter der Eismasse dieses Gletschers, um erst an dem südlichen Abbruch des Kalkstockes im Zebruthal wieder deutlich zum Vorschein zu kommen. Hier fand ich an einer nördlichen Seitenschlucht bei den Alphütten Prato Beghino unterhalb eines kleinen Wasserfalls einen ziemlich guten Gebirgsaufschluss, der insofern recht bemerkenswerth erscheint, als auch an diesen Stellen dieselben rostfleckigen, quarzitischen Flaserschiefer, wie am Marlsattel, den gleichförmig auflagernden tiefsten Kalkschichten zur Basis dienen; nur fallen hier die Lagen unter geringer Neigung nach NO. ein und bilden demnach mit den Schichten im Suldenthale eine schwach vertiefte Mulde.

In dieser Seitenschlucht des Zebruthales stehen oberhalb eines verstürzten Felsblockes zunächst sericitische, flaserige, rostfleckige Quarzitschiefer an, auf welche nach oben eine gelbliche Dolomitbank und darüber wieder grünlichweisse quarzitische Schiefer, wie in den tiefen Lagen folgen. Eine mächtige Bank dichten weissen und blassröthlichen Kalks bildet in gleichförmiger Lagerung das Hangende und auf diese legen sich intensiv schwarze schieferige Kalke und über diesen schwarze weissgeaderte Dolomite an, genau in der Reihenfolge, wie am Suldenthalgehänge. Tiefer abwärts im Zebruthale stehen dann vorwaltend Augengneiss-artige und

Der Rückstand mit concentrirter Salzsäure unter Luftabschluss in der Kochhitze behandelt gab weiter 25,48% Lösung (die SiO_2 ausgeschlossen) mit:

Eisenoxyd	4,75
Thonerde	3,50
Eisenoxydul	5,75
Kalkerde	2,00
Bittererde	6,48
Wasser	3,00
	25,48

Dazu

Kieselsäure	6,00
-----------------------	------

Bei dieser Lösung scheint sich hauptsächlich der Chlorit-ähnliche Bestandtheil zersetzt zu haben, der allgemein in den Phylliten enthalten ist und vom typischen Chlorit durch seine verhältnissmässig leichte Zersetzbarkeit durch Salzsäure sich unterscheidet. Ich habe diesen Gemengtheil deshalb unter der Bezeichnung „Phyllochlorit“ (Geog. v. Bayern, I. Bd. S. 166) vom eigentlichen Chlorit unterschieden.

Der letzte Rest ist immer noch grünlich gefärbt und erweist sich zusammengesetzt aus faseriger hellgrüner Hornblende, gelblichem Epidot mit Quarz und spärlichen schuppigen Theilchen. Nach dem spezifischen Gewicht getrennt theilt sich der Rest in

Epidot	5
Hornblende	30
Quarz	60
Unbestimmt	5

Der Flusssäure-Aufschluss ergab ein Gehalt von 8,4% Chloralkalien, in welchem Kalium nur in ganz geringen Mengen vertreten war. Der weisse schuppige Gemengtheil dürfte demnach aus Paragonit bestehen.

einen sehr mächtigen Stock zwischen den flaserigen Quarziten und den schwarzen schieferigen Kalken oder Dolomiten und ragt oben an den letzten Ausläufern der Uzzaschlucht in Erdpyramiden-ähnliche Pfeiler zernagt auf.

Von hier streicht die Gesteinsscheide zwischen krystallinischem Schiefer und dem Kalkgebirge über den Sattel zwischen Dosso Reit und der Cristallowand zum Val Campello, in welchem mächtiger Schutt die unmittelbare Ueber-einanderlagerung der verschiedenen Gesteinsschichten streckenweise überdeckt, wie dies auch in der Nähe des alten Bades und am Ausgang der engen Addaschlucht der Fall ist. Nur vereinzelt ragen hier Felsköpfe aus dem Gehängeschutt hervor. So ist an der alten Passstrasse zwischen Stadt Bormio und dem alten Bade ein Riff chloritischen Schiefers, der wohl in die Reihe der Pietra verde Gastaldi's¹⁾ gehört, blossgelegt, dessen Schichten gleichfalls in St. 3 mit 15° nach NO. einfallen. Ein ähnlicher Schiefer wurde bei dem Fundamentgraben des neuen Bades aufgefunden.

Dieser grüne Schiefer besteht nach Untersuchungen der Dünnschliffe aus einer innigen Vermengung von intensiv grünen chloritischen Blättchen, lichtgrüner faseriger Hornblende, gelbgrünem Epidot (besonders reichlich) und Quarz neben zerstreut eingebetteten Kalkspaththeilchen, Eisenerzen (Schwefelkies, Magnet- oder Titaneisen) und weisslichen Schüppchen. Mit schwacher, 5% Salzsäure behandelt zeigt sich ein geringes Aufbrausen und es gehen 4,7% in Lösung. Diese Lösung enthält

$$\begin{array}{r}
 3,06\% \text{ Ca CO}_3 \\
 0,40\% \text{ Mg CO}_3 \\
 1,20\% (\text{Fe}^2 + \text{Al}^3) \text{O}_3 \\
 0,04\% \text{ SiO}_2 \\
 \hline
 4,70\%
 \end{array}$$

1) Gastaldi, Studii geologici sulla Alpi occidentali, Firenze 1871. —

Phylliten und chloritischen Schiefer vorüber allmählig in die Höhe. Die Schiefer fallen hier noch constant in St. 3 mit $10-15^\circ$ nach NO. ein. Auch die Einlagerung von weissem körnigen Kalk, welche wir im Zebruthale und in der Uzzaschlucht bereits kennen gelernt haben, taucht in der entsprechenden Streichlinie wieder auf. Wir gelangen endlich zu einer breiten kesselartigen Einbuchtung, erfüllt mit Gebirgsschutt und grossen Kalkfelsblöcken, unter denen mächtige Quellen (bei 1625 m mit $6,5^\circ$ C.) hervorbrechen. Diese Vertiefung unmittelbar vor der Steilwand, über welche der Weg zu der mit den zwei verfallenen Thürmen gekrönten engen Passschlucht emporzieht, scheint durch Auswaschung eines in dieser Schichtenregion zu vermuthenden Gypsstockes entstanden zu sein. In der durch ungemein reiches Vorkommen von Edelweiss ausgezeichneten Schutthalde sah ich zum ersten Mal in diesem Gebirgstheil Bruchstücke eines rothgefärbten Trümmergesteins, welches unzweifelhaft dem sog. Verrucano entspricht, wie es von da westwärts bei Livigno und in dem Ofener Passthal öfters austehend zu beobachten ist.

Bei dem Aufsteigen zum Pass überschreiten wir zuerst — die tieferen Schichten sind hier von Schutt überdeckt und verhüllt — äusserlich graue, etwas gelblich angewitterte, im Innern schwarze, trümmerige Dolomite, wie sie am alten Bade anstehen, dann wohlgeschichtete, dünnbankige, schwarze Dolomite mit weissen Kalkspathadern, in welchen die Scharte (1875 m) eingeschnitten ist. Jenseits derselben erweitert sich die Furth zu einer verebneten Fläche, auf der eine Kapelle steht. Die Kalkwände bestehen hier aus grauen, weissfleckigen Dolomitschichten, für welche weisse Kalkspathadern und kleine weisse rundliche Kalkspathknöllchen charakteristisch sind. Gegen die Seen hin legen sich mit gleichem NO-Einfallen ähnliche Schichten mit zahlreichen hellen Streifen und dann intensiv schwarze, weissaderige

Dolomite mit Zwischenlagen von weichem schwarzem Schiefer bis zur Wegbiegung und Senkung gegen das Frälethal in ununterbrochener Aufeinanderfolge an. Die gleichen Schichten sieht man weithin beiderseits sowohl am Mt. della Scale wie an der Cima di Plator bis zu den Berghöhen fortstreichen. An der erwähnten Wegbiegung stossen wir auf zahlreiche, karrenfeldartig ausgefurchte Bänke eines blaugrauen Kalkes, wechsellagernd mit weichen, schwarzen Mergelschichten. Indem die weichen Zwischenlagen auswittern, entstehen wildzerrissene Felsgruppen, welche in spitzen Riffen aufragen und mit dem Auge bis hoch an den Gehängen von Cima di Plator sich verfolgen lassen. Das Gestein ist erfüllt von zahllosen kleinen *Gasteropoden*, welche theilweise ausgewittert über die Oberfläche vorstehen, aber doch zu undeutlich sind, um eine genaue Artenbestimmung zu gestatten. Es sind Formen vom Typus der *Holopella alpinu* und der *Turritella Zitteli* neben *Loxonema*-artigen Steinkernen. Ungemein zahlreiche schwarze Pünktchen gaben Veranlassung, das Gestein in Dünnschliffen zu untersuchen. Dabei zeigte sich, dass der Kalk von einer erstaunlich grossen Menge von *Foraminiferen* erfüllt ist, welche alle einer Art, und zwar nach den Quarschnitten zu urtheilen, der Gruppe der *Trochammina* oder *Endothyra* angehören. Ein ähnlicher Reichtum an *Foraminiferen*-Einschlüssen ist bis jetzt in den Alpen nur noch in den Bellerophonkalken bekannt geworden. Von dieser Stelle senkt sich der Weg allmählig zur Thalsole und durchschneidet eine sehr mächtige Region schwarzgrauer, in kleinste Trümmer zerklüfteter Dolomite, welche ihrer petrographischen Beschaffenheit nach dem Hauptdolomit anderer Gegenden gleich kommen. Wo der Weg die Thalsole erreicht, legen sich am Rande des Thaies darüber graue, gelblich angewitterte, flaserige Mergelkalke voll von rhätischen Versteinerungen an. Sie werden von eigenthümlichen, halbglimmerglänzenden Zwischenschichten begleitet, deren thonige

Bestandtheile eine sericitische Beschaffenheit zu besitzen scheinen. Sie erinnern an die Phyllit-ähnlichen Schiefer in den liegendsten Schichten des Kalkgebirges am Marltkopf. Eine Reihe schmaler, langgezogener, parallel neben einander fortlaufender Hügel zieht sich an dem Thalrande fort. Die jäh aufragenden Kuppen derselben bestehen aus karrenfeldartig ausgewitterten Bänken eines harten, grauen, z. Th. weisslichen, seltenen röthlichen Kalks, während in den Eintiefungen zwischen den einzelnen Hügelrücken weiche, leichtverwitternde Mergel austreichen. Man wird hierbei lebhaft an das Vorkommen gewisser Dachsteinkalke erinnert. Doch glückte es mir nicht, Versteinerungen in diesen Schichten aufzufinden. Erst am Fusse des am nördlichen Thalrande aufsteigenden Berggehänges von Piz Ciumbraida finden wir geschlossene Lagen eines hell- und dunkelgrau gefleckten Mergelkalkes und schieferiger Mergel anstehen, welche den Liasfleckenmergel oder Algäuschiefer, wie sie sich am P. Lischana bei Tarasp vorfinden, entsprechen. Ihre Schichten fallen conform mit jenen am südlichen Thalgehänge nach NO. ein.

In diesem breiten, mit vortrefflichen Weidflächen versehenen Frälethale haben sich bereits aus zahlreichen Quellen die Gewässer zur Adda gesammelt und fliessen ostwärts in eine enge unzugängliche Felsschlucht zur Ponte del Piano, wo der Bach des Brauliothales sich mit der Adda vereinigt. Hoch am Gehänge verläuft ein Steig aus dem Frälethale zu dieser Brücke und der Jochstrasse. Schlägt man diesen Weg ein, so stossen wir in der Nähe der östlichsten Alphütte der Thalverebnung auf das Ausgehende der rhätischen Mergelkalke, in der Fortsetzung jener am oberen Thalrande und steigen dann über die aufgewitterten Schichtenköpfe der Dachsteinkalk ähnlichen Gesteinsbänke zu einem Sattel empor, von dem sich nun der Steig zu der wilden Schlucht des Forcolabachs senkt. Hier begegnen wir erst wieder sehr

mächtigen, dem Hauptdolomit ähnlichen, stark zerklüfteten Dolomiten mit einer Bank von Rauhwacken und grobgeschichteten, weiss punktirten Streifenkalken oder Dolomiten, unter denen sich an der Bachsohle tief schwarz gefärbte lettige Schiefer herausheben, wie solche in der Nähe des 6^{ten} Kilometersteins an der Jochstrasse ausstreichen.

Ein grosser Granitblock von der Beschaffenheit des Berninagranit auf 2075 m neben dem Steig liegend erinnern uns an Moränenschutt aus entfernten Gebirgstheilen hergeführt, welcher hier einst wohl weit verbreitet war, durch spätere Abwaschungen aber grossentheils wieder weggefeigt worden ist.

Von der Forcolaschlucht an herrschen streifige, weissgefleckte Kalke und Dolomite, denen sich näher gegen die Jochstrasse hin mergelige und dünnschichtige Lagen beigesellen. Sie scheinen aus der Tiefe der Addaschlucht sich am östlichen Steilabfall des Mt. della Scala emporzuziehen und hier jene steilaufrichteten, vielfach gebogenen und gewundenen, stark ausgewitterten Felsriffe zusammenzusetzen, welche man von der Jochstrasse aus mit dem Auge weithin verfolgen kann. Sie setzen auch ostwärts über die Jochstrasse in der Nähe des 6. Kilometersteins hinüber und streichen weiter zum Mt. Cristallo fort.

Bevor wir den Gebirgsaufschluss an der Jochstrasse zwischen Bormio und dem Stilschpass weiter verfolgen, wollen wir zunächst noch einen Blick auf die nächste Umgebung des alten Bades werfen. Die hochaufragenden Felsen, auf welchen die Gebäulichkeiten stehen und aus welchen die Quellen entspringen, bestehen, wie wir bereits erwähnt haben, aus einem splittrigen, gelblich angewitterten, z. Th. breccienartigen schwarzen Dolomit, wie er als eine der tiefsten Stufe des Kalkgebirgs überhaupt nahe an der Grenze des unterlagernden, krystallinischen Schiefers aufzutreten pflegt. Er besteht, wie schon angegeben ist, aus 64,51% Kalkcarbonat

und 35,49% Bittererdecarbonat. In demselben ist auch der Stollen der Martinsquelle eingetrieben. Zwischen den einzelnen zu Tag emporragenden Felsenköpfen ist theils Gehängeschutt, theils eine Art diluvialer Nagelfluh ausgebreitet, so dass die unmittelbar an diesen Dolomit angeschlossenen Schichten hier nicht entblösst sind. Doch stehen unfern der Badgebäude an einem schmalen Steig, welcher aufwärts gegen die Nibelungenquelle und dann abwärts zur Addaschlucht führt, intensiv schwarze, sehr dünnschieferige, mergelige Schichten an, in welchen ich ähnliche Fischschuppen, wie in der p-Schicht des Val Triazza-Profiles bei Tarasp¹⁾ und *Ostracoden*-Schälchen fand. Das Hangende wird von gelblich verwitternden Dolomiten, die in eine 2. Lage solcher dünn-geschichteter Schiefer und dann in schwarze weisspunktirte und mit kleinen Kalkspathknöllchen durchspickte Schichten übergehen, gebildet. Aehnliche Schichtencomplexe sind auch an der Jochstrasse bei dem 6^{ten} Kilometerstein blossgelegt.

Indem wir die Aufschlüsse an der Jochstrasse weiter aufwärts verfolgen, beobachten wir zunächst über dieser Region schwarzer Dolomite und dünn-geschichteter Schiefer, welche constant nach NO. einfallen, wohlgeschichtete, z. Th. tiefschwarze, z. Th. hellfarbige, selbst röthliche, vorherrschend weiss gefleckte und gebänderte Streifenkalke, welche vielfach von der Strasse durchschnitten werden. Sie erinnern lebhaft an die hellstreifigen, oft breccienartige Kalke der Radstädter Tauern. Auf grössere Strecken laufen sie mit dem Strassenzuge parallel bis in die Nähe der 2. Cantoniere. Bevor man diese erreicht hat, stösst man auf intensiv schwarze Dolomite mit weissen *Gyroporellen*-ähnlichen, aber nicht deutlich abgegrenzten und durch die späthige Beschaffenheit der Aushüllungsmasse auch mikroskopisch nicht bestimmter erkennbaren Einschlüssen neben sehr deutlichen *Crinoideen*-

1) a. a. O. S. 22.

Stielen und Durchschnitten von Conchylienschalen ähnlich denen auf dem Marlt-Ferner angetroffenen.

Längs der zahlreichen Windungen der Strasse, welche hier aufwärts zur 3. Cantoniere führt, gehen vorherrschend dunkelgefärbte, doch auch vielfach hell, weisslich und röthlich gestreifte Kalke und Dolomite mit anhaltender Neigung nach NO. zu Tag. Dieser Wegstrecke gegenüber thürmen sich die Schichten des Kalkgebirgs von der Tiefe des Val Braulio an den Wänden des Mt. Pedenollo und Mt. Braulio wohl über 500 m hoch in grosser Regelmässigkeit über einander auf, während unten im Thale oberhalb des 15. Kilometersteins die Kalkgebirgsschichten von einer Verwerfungsspalte plötzlich abgeschnitten werden und sich nun weiter aufwärts bis zum Stilfserpasse wieder krystallinische Schiefer im Allgemeinen von dem Typus jener im Zebbru- und Suldenthale anlegen. Es sind theils glimmerigglänzende graue Phyllite und grüne chloritische Schiefer, auf welche bei der Kirche St. Rainieri ein kleiner Steinbruch angelegt ist, theils quarzitisches Augengneisse, welche in vielfachem Wechsel uns bis zur Passhöhe begleiten und dann weiter durch das Trafoierthal gegen die Hochleitenspitz fortstreichen. Der Sattel selbst schneidet, wie bereits erwähnt wurde, auf der durch eine Verwerfungsspalte erzeugten Grenze zwischen Kalkgebirge und den krystallinischen Schiefer ein.

Sucht man nun ein allgemeines Bild von dem im Ganzen sehr ruhigen Aufbau des Ortlerstocks zu gewinnen, so stellt sich uns der obere wesentlich aus Dolomit- und Kalkschichten bestehende Theil der Gebirgsmasse als auf einem sanft von NO. nach SW. geneigten Fundament aus krystallinischen Schiefer aufgesetzt dar, wobei die Scheide zwischen den beiden Gesteinsgruppen von 2500 m im Norden sich auf 1500 m im Süden senkt und die Schichten zugleich einander zugeneigt, im Nordflügel nach SW., im Südflügel nach NO. einfallen und gegen die Mitte hin eine flache Mulde bilden.

In Allgemeinen scheinen Schiefer- und Kalkgebirgsschichten in gleichförmiger Lagerung sich an einander anzuschliessen. Sicher nachgewiesen ist dieses Verhältniss zwischen den hangendsten, den krystallinischen Schiefern ähnlich ausgebildeten flasrigen Quarziten und den liegendsten kalkigen Schichten.

Leider geben die im Ortlerstock bis jetzt aufgefundenen spärlichen organischen Ueberreste noch keine zureichende Anhaltspunkte, um das ungemein mächtige Schichtensystem zwischen den sicher nachgewiesenen rhätischen Schichten und den flasrigen, weissfleckigen Quarziten, welches man als Ganzes wohl Ortlerkalk und -Dolomit nennen kann, in einzelne Stufen zu gliedern. Nur im Vergleiche mit den gut unterscheidbaren Stufen bei Tarasp und im Ofen-Gebirge sowie nach der Aehnlichkeit in der Gesteinsbeschaffenheit lässt sich vorläufig ungefähr folgende Schichtengliederung, welche mit der bereits 1863 von Theobald für das Bündner Kalkgebirge aufgestellten Reihenfolge nahezu übereinstimmt, vorschlagen:

Lias: Algäuschiefer-ähnliche graue, dunkelfleckige Kalke und Mergelschiefer mit Algenabdrücken und *Belemniten*-Einschlüssen.

Dickbankige graue oder weissliche, stellenweise röthliche, in Karrenfelder auswitternde Kalke (Lias- oder Dachsteinkalk?)

Rhätische Stufe: Versteinerungsreiche, graue, rostig verwitternde Mergel und Kalke.

Ortler Kalk und -Dolomit:

- a) Hellgraue, splittrige Dolomite (? Hauptdolomit).
- b) Rauhwaacke, nur stellenweise entwickelt.
- c) Schwarze, dünnbankige, versteinerungsreiche (kleine *Gasteropoden*, *Crinoideen*, *Foraminiferen*) Kalke und Dolomite (? Raibler Stufe).

- d) Streifendolomit, graue, weissgestreifte und gefleckte Dolomite und Kalke mit spärlich und undeutlich erhaltenen Versteinerungen (? Wettersteinkalk).
 - e) Intensiv schwarze, bankartig wohlgeschichtete Dolomite im Wechsel mit tief schwarzem mergeligen Schiefer, welche Fischschuppen und *Ostracoden*-Schälchen enthalten (? Partnachsichten).
 - f) Grauschwarze, splittrige Dolomite mit weissen Kalkspathadern, voll von kleinen weissen Kalkspathknöllchen und stielartigen Ausscheidungen nach Art der Guttensteiner Schichten.
 - g) Streifenschiefer, dünngeschichtete, weissgestreifte graue Mergel; zuweilen eine Bank weisslichen Kalks einschliessend.
 - h) Gyps und Rauhwacke (nur stellenweise vorhanden). Flaserquarzitschiefer (Stellvertreter des Verrucano und der Werfener Schichten.)
- Krystallinische Schiefer: Graue und grüne Phyllite, sericitische Quarzitschiefer und quarzige Augengneisse.

Ursprung der Thermen von Bormio.



Ansicht von den Bädern von Bormio mit dem Mt. Cristallo im Hintergrunde.
(Erklärung der Buchstaben im Texte.)

Die heissen Quellen von Bormio treten aus Klüften und Aushöhlungen jenes Dolomites zu Tag, welcher in der eben aufgestellten Schichtenfolge unter f aufgeführt wurde

und unzweifelhaft einer der tiefsten Schichten des Kalkgebirgs nahe der Schiefergrenze angehört.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass diese Quellen sichtlich nicht, wie es so häufig bei warmen Quellen zu beobachten ist, mit einer gewissen Heftigkeit empordringen und aus der Tiefe aufsteigen. Im Gegentheil macht die Art ihres Zutagtretens den Eindruck, als ob sie von oben her sich herabzögen und deshalb auch hoch an dem Bergabhang und nicht im tiefsten Thaleinschnitt ihren Austritt fänden. Dass die einzelnen Quellenergüsse einem gemeinsamen Hauptherde entstammen, dürfte nach der nahe vollständigen Uebereinstimmung in ihrer chemischen Zusammensetzung kaum zu bezweifeln sein.

Was zunächst die in diesen Thermen enthaltenen Salze anbelangt, so scheint nach dem geologischen Bau der Gegend sicher angenommen werden zu dürfen, dass diese Salze den Gyps führenden Schichten (ut. des voranstehenden Profils) entstammen, welche in der nächsten Nähe zwischen dem sericitischen flasrigen Quarzitschiefer und den tiefsten Dolomitschichten sowohl im Uzzathale wie am Südabhang des Mt. della Scala oberhalb Premadio bis zu Tag austreichen. Es ist eine stets sich wiederholende Erscheinung, dass mit solchen Gypsablagerungen Ausscheidungen von Stein-, Bitter- und Glaubersalz vergesellschaftet sind. Doch fehlt stellenweise eines oder das andere dieser Begleitsalze oder ist nur spärlich vorhanden.

Letzteres scheint bei den Gypsablagerungen des Ortlerstocks in Bezug auf Steinsalz (Chlornatrium) der Fall zu sein. Es fehlen in dem die Gypslinsen einschliessenden Mergelschiefer dementsprechend auch jene würfelförmigen Eindrücke oder Krystallausfüllungen von Steinsalz, welche sonst so häufig in derartigen Schichten vorzukommen pflegen. Daraus erklärt sich die relative Armuth der Thermen an Chlornatrium gegenüber dem Gehalte an Gyps, Bitter- und

Glaubersalz. Dass auch Kalkbicarbonat in grösserer Menge in dem Quellwasser enthalten ist, erklärt sich leicht aus dem Umstande, dass die Wässer auf weite Strecken durch Kalkgestein ihren unterirdischen Verlauf nehmen. Es ist dieser Gehalt sogar verhältnissmässig klein, was davon herrührt, dass nur geringe Mengen von Kohlensäure zur Verfügung steht, um Kalk in Lösung aufzunehmen. Damit hängt auch die Thatsache zusammen, dass der Sinter, welcher von dem über die Felsen abstürzenden, CO_2 -armen Quellwasser gebildet wird, verhältnissmässig viel Kalkcarbonat und nur wenig Gyps neben namhaften Mengen von Bittererdecarbonaten enthält.

Die geringe Beimengung von Eisen- und Mangancarbonat leitet sich von den in der bezeichneten Schichtenregion vorfindlichen gelben Knollen ab, welche neben Kalk- und Bittererdecarbonat auch geringe Mengen jener Carbonate enthalten. Der Gehalt an Arsenik, Antimon, Zinn und Blei möchte von spärlich in den durchflossenen Schichten vorkommenden metallhaltigen Mineralien, namentlich Schwefelmetallen, herrühren.

Die Bedeutung des Fehlens von Schwefelwasserstoff ist bereits vorn hervorgehoben worden. Von den übrigen Bestandtheilen, welche nur in höchst geringen Mengen vorhanden sind, ist keiner, welcher nicht gewöhnlich in solchem Gyps-haltigen Quellwasser vorzukommen pflegt.

Schwieriger ist die Frage nach der Ursache der hohen Temperatur unserer Quellen zu beantworten. Theobald¹⁾ bringt sie mit dem geologischen Aufbau des Ortlergebirgs in Beziehung und erläutert dies in folgender Weise: „Da die Kalkmulde von dem Stelvio sehr steil einfällt, z. Th. sogar von dem krystallinischen Schiefer überlagert wird, dass diese über sie hingebogen sind, bei Bormio aber ebenfalls an ihr

1) Beit. z. geol. Karte der Schweiz. 3. Lief. 1866 S. 343 u. Bäder von Bormio S. 123.

nördliches Einfallen beobachtet wird, so muss sie sehr tief hinabgreifen. Das Wasser sinkt in den zerklüfteten Dolomit ein bis auf die impermeablen Schiefer, welche unter den Kalkbildungen liegen, und steigt dann von dem südlichen Schenkel der Mulde durch die Klüfte des Dolomits wieder auf. Es ist tief genug hinabgegangen, um eine Erdwärme zu treffen, welche genügt, um es bis zu 39° C. zu erwärmen. Dass es grade an der Stelle erscheint, liegt daran, dass hier eine synclinale Einbiegung in der Richtung der Streichungslinie ist, welche man deutlich beobachten kann und in welcher auch die Schlucht der Adda verläuft, welche aber eine Erosionsschlucht und späteren Ursprungs ist, als die durch die Erhebung des Gebirgs bedingte Biegung der Schichten.* Theobald leitet demnach die hohe Temperatur der Quellen von der inneren Erdwärme und von dem Umstande ab, dass Tagwässer sehr tief in die Erde eindringen, dort an einer undurchdringlichen Gesteinsschicht sich ansammeln und erwärmen, um alsdann wieder an günstiger Stelle zu Tag aufzusteigen. Woher die Quellen ihren Gehalt an Salzen nehmen, wird hierbei nicht erörtert. Indess kann man von einem solchen Aufsteigen der Thermen aus der Tiefe nichts wahrnehmen; das Quellwasser scheint vielmehr da, wo es zu Tag tritt, eher von der Höhe sich herabzuziehen und zwar, wenn man die Verbreitung der verschiedenen Quellpunkte ins Auge fasst, von dem hohen mächtigen Kalkstock des Mt. Cristallo her. Dazu kommt, dass die geringe Neigung der Kalkschichten am N.- und S.-Rande des Ortlerstocks nicht für eine beträchtig tiefe Einmündung der Kalklagen spricht; es scheint vielmehr der Kalkstock auf einer schwach nach SW. geneigten und nur gering eingebuchteten Unterlage aufgesetzt zu sein.

Zur Erklärung der hohen Temperatur der Quellen ist aber auch die Annahme einer solchen tief niederziehenden Schichtenbiegung, aus der die Thermen wieder empor zur

Oberfläche gedrückt würden, durchaus nicht erforderlich. Mir scheint es zu genügen, dass unmittelbar neben dem Quellpunkte ein so gewaltiges und hohes Gebirgsmassiv, wie es der Ortlerstock und der nächst benachbarte Mt. Cristallo ist, emporragt. Beträgt doch der Höhenunterschied zwischen Bormio und der Gebirgsausbreitung her mehr als 1500 m! Man darf nun wohl annehmen, dass die innere Erdwärme mit der Erhebung der Erdoberfläche sich, wenn auch nicht in gleichem Maassstabe, wie das Ansteigen selbst, emporzieht und im Innern der Berge beträchtlich sich steigert, so dass selbst die auf den Höhen von ewigem Schnee und Eis umstarrten Gebirgsmassen im Innern hohe Temperaturen beherbergen können. Dies darf wohl als Grund auch im Ortlerstock angenommen werden. Die Geoisothermen steigen auch hier in der Bergmasse mit deren Erhebung so beträchtlich in die Höhe, dass dies genügt, um selbst Gletscherschmelzwasser, welche auf Spalten des Dolomits in die Tiefe eindringen, hochgradig zu erwärmen.

Ich stelle mir vor, dass auf den Höhen des Mt. Cristallo solches Schmelzwasser durch das klüftige Gestein bis zu dem aus dichtgeschlossenem Schiefer bestehenden Fundament des Kalkstocks niedersinkt, hier die in dieser Tiefe herrschende Temperatur annimmt, zugleich auch aus den in diesen Regionen vorkommenden Gypsablagerungen, wie wir sie am Gebirgsabbruch in der Uzza-Schlucht kennen gelernt haben, mit dem Gyps vergesellschaftete Mineralsalze in Lösung nimmt und sodann an der Stelle als gehaltreiche Therme zu Tag tritt, wo die Grenzfläche zwischen Schiefer und Kalkgebirgsschichten an einem tiefsten Punkte von der Erdoberfläche angeschnitten wird. Dies findet nun augenscheinlich in dem tiefsten Einschnitt der Morena da statt, wo dieser von dem Stilfser Joch herziehend zwischen dem Stock des Mt. Cristallo und Mt. della Scala vertieft ist und von der Verebnung oberhalb Bormio geschnitten wird. An dem

niedrigsten Punkte dieser sich kreuzenden Linien finden die bis dahin unterirdisch circulirenden Gewässer den geringsten Widerstand, der ihrem Austritt zur Tagesoberfläche entgegensteht und hier an dem Felsenabbruch des alten Bades ist es, wo sie dann aus den Klüften des Dolomites als Thermen hervorquellen.

So wenig wahrscheinlich es auch für den ersten Augenblick sich darstellen mag, dass so hochgradig warme Quellen, wie es die Thermen von Bormio sind, ihren Ursprung eiskaltem Schmelzwasser sollten zu verdanken haben, so leicht begreiflich wird diese Annahme, wenn man sich die geologische Constitution der hier herrschenden Gesteinsbildungen und die eigenthümlichen Oberflächenverhältnisse eines fast senkrecht bis gegen 2000 m aufsteigenden Gebirgsmassiv ins Auge fasst. Bestätigt wird diese Annahme überdies noch durch die Wahrnehmung, dass in Jahreszeiten lang andauernder Kälte, während welcher kein Schmelzwasser erzeugt wird, die Ergiebigkeit namentlich der Martinsquelle als eine der höchstgelegenen beträchtlich nachlässt. Es wird gesagt, dass diese Quelle schon auf kurze Zeit ganz ausgeblieben sei, dann aber bei Beginn der Schneeschmelze wieder zu fließen begonnen habe.

Das eingehende Studium der Quellenverhältnisse von Bormio hat mich nunmehr zur Ansicht geführt, es sei auch für die Thermen von Gastein wahrscheinlich, dass einfach durch ein Niedersinken von Schmelzwasser auf den benachbarten höchsten Gebirgsteilen der Taurenkette in das Innere des Gebirgsmassivs bis auf das Niveau von Gastein genügt, um dem Wasser den hohen Wärmegrad zu ertheilen, mit dem es zu Gastein gleichfalls ohne irgend beträchtlichen Druck wahrnehmen zu lassen, zu Tage tritt.¹⁾

1) v. Gümbel, Geolog. Bemerk. ü. d. warmen Quellen von Gastein im Sitz. d. bayer. Acad. d. Wiss. math.-phys. Classe 1889. XIX. S. 407.