Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXII. Jahrgang 1902.

München.
Verlag der k. Akademie.
1903.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Ueber den Ursprung der Thermalquellen von St. Moriz.

Von **A. Rothpletz.**

(*Eingelaufen 18. Juni.*)

Vor neun Jahren hat W. von Gümbel in diesen Sitzungsberichten eine Arbeit unter dem Titel „geologische Mittheilungen über die Mineralquellen von St. Moriz im Oberengadin und ihre Nachbarschaft" veröffentlicht, in der zum ersten Mal die Frage nach dem Ursprung dieser so vielbesuchten und berühmten Heilquellen auf Grund eingehender geologischer Untersuchungen beantwortet worden ist. Die Aufgabe war keineswegs leicht, und wenn auch ihre Lösung einen grossen Fortschritt bedeutete, so blieb doch mehreres und insbesondere der grosse Gehalt der aus Granit entspringenden Quellen an Kalk- und Magnesium-Carbonaten im Unklaren. Eigne Arbeiten mit ganz anderen Zielen führten mich im vorigen Herbst in dieses Gebiet und machten mich mit einer bis dahin unbeachtet gebliebenen Thatsache bekannt, die auch auf die Entstehung dieser Quellen ein neues Licht warf und just jene im Unklaren gebliebenen Punkte erhellte. Ehe ich die dadurch gewonnene Auffassung mittheile, will ich jedoch kurz die hauptsächlichsten Ergebnisse hervorheben, zu denen Gümbel gekommen war.

Er hatte festgestellt, dass die fünf Mineralquellen, die bei St. Moriz bekannt sind, alle auf einer schwach gebogenen, von SW nach NO gerichteten Linie, also wohl auf einer Gebirgsspalte liegen. Diese Spalte liegt im Gebiet des Rosatsch-Granitstockes, der von Gneiss und anderen krystallinen Schiefern umgeben ist. Sie ist aber in ihrem Verlaufe nicht an die

Grenzen des Granites gegen den Schiefer gebunden, sondern durchschneidet den tieferen Untergrund ohne Rücksicht auf die Gesteinsarten.

Der Granitstock besteht vorwiegend aus Hornblendegranit und Diorit, welche stellenweise eckige Bruchstücke der sie umgebenden Gneisse, Glimmer-Hornblende und Quarzitschiefer einschliessen. Auch setzen pegmatitische Granitgänge in diesen Schiefern auf, deren höheres Alter gegenüber dem Granit somit erwiesen ist. Am Silvaplaner und Silser See gewinnen grüne chloritische Schiefer und Phyllite mit zahlreichen Einlagerungen von Serpentin und Marmor eine ausgedehnte Verbreitung. Diese Schiefer dienen in der weiteren Umgebung den Sedimenten der Trias- und Liasperiode als Unterlage.

Die Mineralquellen sind schwache Thermalquellen (5—7° C.) deren Temperatur die mittlere Jahrestemperatur dieses Platzes (1.1° C.) und die Temperatur der dortigen gewöhnlichen Trinkwasserquellen nur um einige Grade übertrifft.

Auf 1000 gr kommen an gelösten Bestandtheilen 1,2 bis 1,7 gr und zwar an

Sulphaten	0.3
Carbonaten	0.8 — 1.2
Kieselerde	0.04 — 0.06
Kochsalz	0 — 0.04.

Ausserdem sind geringe Mengen von Bor, Brom, Jod und Fluor nachgewiesen. Freie Kohlensäure ist reichlich vorhanden, daneben auch Eisencarbonat (0.025 — 0.037), weshalb die Quellen als „Eisensäuerlinge" bezeichnet werden, während die freie Kohlensäure (2.5 — 2.7 °/₀₀) als der eigentliche „Brunnengeist" gilt. Auffällig ist der hohe Gehalt an Calciumcarbonat (0.7 — 0.9 °/₀₀) und Magnesiumcarbonat, da die Quelle doch aus Granit bez. Diorit entspringt. Der Betrag ist ungefähr 10 mal so gross wie in dem gewöhnlichen St. Moritzer Trinkwasser (0.073), von dem Gümbel eine Analyse mittheilt leider ohne Angabe, wo die Quelle liegt. Voraussichtlich entspringt auch sie aus der Nähe, doch mag ihr an sich geringe

Mineralgehalt mit Bezug auf die Carbonate etwas von den kalkhaltigen Moränen beeinflusst sein. Von der Kohlensäure nimmt er an, dass sie auf jener Gebirgsspalte aus der grössten Tiefenregion der Erdrinde emporsteige, dabei von den im Gebirge circulirenden Gewässern aufgenommen werde und mit diesen in den Nebengesteinen Zersetzungen bewirke, denen die Quellen ihren Mineralgehalt verdanken. Letzterer kann aber nach seiner chemischen Zusammensetzung nicht direct aus dem Granit oder Gneiss herrühren. Ebensowenig will Gümbel ihn mit dem Auftreten der benachbarten mesolithischen Kalkschichten in Zusammenhang gebracht wissen, weil diese Gebilde zu entfernt von der Quellenspalte liegen, und nicht anzunehmen sei, dass eine Scholle derselben in der Tiefe eingekeilt zwischen den krystallinen Gesteinen sich vorfinde. Unter diesen „mesolithischen Gebilden" sind die nach meiner Bestimmung als permisch anzusehenden Dolomite von Plaun da Statz und der Alp Laret, sowie die gleichen Dolomite, Gypse, Rauhwacken und die kössener und liasischen Kalksteine des Piz Padella und von Samaden gemeint. Der Ursprung der mineralischen Bestandtheile der Quellen wird hingegen als „sehr wahrscheinlich" auf das Vorkommen von Eisen-, Mangan- und Magnesiumhaltigen Kalksteineinlagerungen und von Schwefelkies in den chloritisch-phyllitischen Schiefern zurückgeführt, von denen man „nach den beobachteten geologischen Lagerungsverhältnissen mit Grund annehmen" könne, dass eine Scholle derselben längs der Quellenspalte von Surlej her in den Granit eingeklemmt vorhanden sei. Diese Scholle würde also an die durchziehenden kohlensäurehaltigen Wasser die Mineralbestandtheile und insbesondere den am reichlichsten vorhandenen Kalk abgeben. Dass die so aus der Tiefe aufsteigenden Wasser gleichwohl eine verhältnissmässig niedrige Temperatur besitzen und dass sie im Winter sogar nicht oder doch nur in sehr geringen Mengen bis zu Tage aufsteigen, wird vermuthungsweise so gedeutet, dass das Schmelzwasser des Sommers sich mit dem in der Tiefe circulirenden und ununterbrochen fortarbeitenden Zersetzungswasser nur in höheren

Theilen der Quellenspalte vermischt, diesem die grössere Wassermenge liefert, damit aber auch die niedrige Temperatur gibt und zugleich die Quelle durch den Druck einer höheren Wassersäule zum Ausfliessen bringt.

Dies sind in kurzer Zusammenfassung die Ergebnisse der Gümbel'schen Untersuchung, die sehr viel zur Klärung unserer Anschauungen über den Ursprung der St. Morizer Quellen beigetragen hat. Einige wichtige Punkte sind allerdings kaum berührt worden, wie z. B. die Herkunft der Chloride, des Broms, Jods und Bors und die grosse Menge von Natrium und bei Erklärung des hohen Gehaltes an Kalk- und Magnesiumcarbonaten vermisst wohl jeder Leser eine Begründung jener Gebirgsscholle, welche auf der Quellenspalte zwischen dem Granit eingeklemmt liegen soll. Die „beobachteten geologischen Lagerungsverhältnisse", welche Gümbel zur Annahme jener Scholle geführt haben, sind leider mit keinem weiteren Worte erwähnt. Und doch ist das eigentlich die Hauptsache und der Kernpunkt der Gümbel'schen Auffassung. Nachdem er zwei andere Annahmen für die Herkunft der Mineralbestandtheile — nemlich aus dem Granitstock selbst oder aus dem allzu entfernt gelegenen jüngeren Kalkgebirge — als unmöglich abgelehnt hat, und da wir die Richtigkeit seiner Beweisführung voll anerkennen müssen, könnte es allerdings so scheinen, als ob nur die Annahme jener eingeklemmten kalkreichen Gebirgsscholle übrig bliebe. Deshalb werden wir uns zunächst der Untersuchung nicht entziehen dürfen, ob zwingende Gründe für diese Annahme vorliegen, ehe wir uns einem anderen Erklärungsversuche zuwenden.

Obwohl die Wahrscheinlichkeit zugegeben werden muss, dass die St. Morizer Mineralquellen, weil sie in einer bestimmten linearen Anordnung zu Tage treten, auf ein und derselben Gebirgsspalte aufsteigen, so darf man doch nicht vergessen, dass diese Spalte selbst noch nicht beobachtet worden ist. Ausser jener linearen Quellenanordnung sind keine weiteren directen oder indirecten Beweise für ihre Existenz bisher bekannt geworden. Wir können also auch nicht wissen,

ob dieser vermutheten Spalte der Charakter einer nur einfachen Kluft oder der einer Verwerfungsspalte zugeschrieben werden darf. Was die von Gümbel gemachten geologischen Beobachtungen betrifft, die ihm eine Einkeilung von grünen Schiefern und Phylliten wahrscheinlich erscheinen liessen, so sind uns dieselben zwar leider unbekannt geblieben, ich vermuthe aber, dass für ihn der winkelige Verlauf der Grenze zwischen Granit und jenem Schiefer bei Surlej Ausschlag gebend war. Nordöstlich der Ortschaft Surlej bilden diese Schiefer einen bewaldeten Hügelvorsprung, hinter dem sich die Granitwände von 1900 bez. 1950 m Meereshöhe an bis zur Kammhöhe des Rosatschstockes erheben. Die Grenze gegen den Schiefer ist scharf und deutlich, sie verläuft in nordwestlicher Richtung gegen die Plaun della Turba. Dort aber biegt sie um, wird in südwestlicher Richtung rückläufig und erreicht so mit dem Südende des Crestaltahügels die Ufer des Sees von Campfer. Die Granitgrenze hat somit einen winkeligen Verlauf und in den nach Süden geöffneten Winkel dringt wenigstens auf der Ostseite eine Partie jenes Schiefers ein. Ob dies auch auf der Westseite der Fall ist, wissen wir nicht, da hier alles durch Moränen und Seealluvionen verhüllt ist.

Denkbar ist es unter diesen Umständen ganz wohl, dass jener nach Norden vorspringende Schieferkeil sich unterirdisch noch weiter fortsetze, und wenn überhaupt jene Quellenspalte als Verwerfungsspalte existirt, dass diese Fortsetzung als eingeklemmte Scholle in nordöstlicher Richtung sich verlängere und so der aufsteigenden Kohlensäure den Kalk- und Magnesiagehalt liefere. Dieser sehr vagen Vermuthung liesse sich jedoch eine andere entgegensetzen, die Gümbel gar nicht in Erwägung gezogen hat, dass nemlich die Granitmassen bei ihrem Emporsteigen durch das schon gefaltete Schiefergebirge einzelne Theile jener grünen Schiefer und kalkführenden Phyllite eingeschlossen und umhüllt hätten, dass solche grössere Einschlüsse gerade unter St. Moriz verborgen lägen und dem Quellwasser den Mineralgehalt verliehen.

Wir können mithin gar nicht in Verlegenheit kommen,

den seltsamen Mineralgehalt dieser dem Granit entspringenden Quellen zu erklären, so lange wir in Annahmen Befriedigung finden, deren theoretische Möglichkeit nicht bestritten, deren Realität aber eben so wenig bewiesen werden kann.

Um uns jedoch in derartigen unfruchtbaren Speculationen nicht zu verlieren, wollen wir diejenigen thatsächlichen Verhältnisse in Erörterung ziehen, welche geeignet sind, uns über den Ursprung der St. Morizer Quellen aufzuklären.

1. Das Alter des Granites.

Wir fassen hier unter dem Namen Granit alle die verschiedenen granitischen Varietäten, Diorite und Syenite zusammen, welche das Rosatsch-Massiv aufbauen, sich über das Bernina-Massiv weiter ausdehnen und auf der anderen Seite des Innthales Gebirgsketten zusammensetzen, die im Piz Ot, Piz Julier und Piz d'Err allbekannte Bergspitzen besitzen. Nach Art ihrer petrographischen Ausbildung und ihres Vorkommens erweisen sie sich alle als Theile einer einheitlichen und gleichzeitigen Intrusion.

Gümbel hat sich darauf beschränkt festzustellen, dass dieser Granit jünger ist als die ihn umgebenden krystallinen Schiefer und Gneisse, und da er diese als Glieder der archaischen Formation ansah, so ergibt sich daraus nur, dass der Granit jedenfalls nicht viel älter als palaeozoisch sein kann.

Theobald (Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Lief. 3, S. 228, 1866) hingegen hat sich dahin ausgesprochen, dass diese Granite jünger als die Liasformation seien, weil der Lias das jüngste Sedimentgestein sei, das durch die granitisch-syenitische Erhebung gehoben und verbogen wurde. Besonders in der Nähe von St. Moriz bei Gravasalvas sah er den Granit in mächtigen Massen über den Schichtköpfen der gefalteten Bündner- und Liasschiefer ausgebreitet und obwohl er darüber schreibt (S. 123): „Entweder müssen wir eine Ueberschiebung der granitischen Gesteine über diese Schiefer annehmen, oder voraussetzen, dass erstere als ein feurig-flüssiger

Teig sich über letztere ausgebreitet haben", so scheint ihm doch nur die letztere Annahme eingeleuchtet zu haben, und so wurde er um so mehr im Glauben an ein postliasisches Alter des Granites bestärkt. Ein drittes Argument erwähnt er S. 87: „Es ist merkwürdig, dass sich weder im Verrucano noch in dem liasischen Kalkconglomerat Trümmer von Juliergranit oder Serpentin finden, was darauf hinzudeuten scheint, dass diese Gesteine erst nach der Bildung dieser Conglomerate an ihre jetzige Stelle gekommen sind".

Für den Serpentin ist dies richtig. Er ist in diesem Theil der Alpen in Verbindung mit basaltartigen Eruptionen erst nach der ersten Alpenfaltung also zur Tertiärzeit emporgedrungen (siehe: Meine Geolog. Alpenforschungen I, 1900). Für den Engadiner Granit gilt das aber nicht, und es ist offenbar Theobald entgangen, dass das mächtig entwickelte liasische Conglomerat auf der Nordseite des Piz Julier am Suvretta Pass stellenweise erfüllt ist von zum Theil recht grossen Brocken von Porphyr, porphyrartigem Granit mit röthlichen Feldspathen und granitischen Gesteinen mit weisslichen und grünlichen Feldspathen. Ob letztere geradezu dem Juliergranit angehören, muss erst durch eine genaue petrographische Untersuchung festgestellt werden, aber jedenfalls beweisen sie, dass schon vor dem Lias in Graubünden mächtige Granitintrusionen erfolgt und auch in Folge von Dislocationen gehoben, entblösst und zu Uferfelsen des Liasmeeres geworden waren.

Die Hebungen und Verbiegungen der liasischen oder älteren Sedimente im Dache des Granites auf dessen Empordringen zurückzuführen, wie es Theobald gethan hat, geht so lange nicht an, als in diesen Schichten keinerlei Contactmetamorphosen oder granitische Apophysen und Gänge nachgewiesen werden können.

Was endlich die Lagerung grosser Granitmassen auf dem Lias am Lunghino- und Gavasalvas-Pass betrifft, so ist das keine ursprüngliche — denn auch hier fehlen alle Spuren von Contactmetamorphosen — sondern Folge einer grossartigen Ueberschiebung, von der nachher die Rede sein wird.

Wenn wir uns in der weiteren Umgebung von St. Moriz umsehen, so finden wir im Hintergrund des Julierthales auf dem Südgehänge des Piz Suvretta in den dort so mächtig entwickelten Sernifitschiefern hellfarbige Granitgänge, die von deutlichen Contacthöfen umgeben sind. In den auf dem Sernifit ruhenden Dolomiten, Rauhwacken und Gypslagern, ebenso in den höheren Liasschiefern und Flyschgesteinen sind hingegen bisher nirgends granitische Gänge oder Contactmetamorphosen aufgefunden worden. Theobald und Gümbel haben die Dolomite in die Trias, den Sernifit in den Buntsandstein gestellt, ich habe aber schon früher gezeigt, dass diese Gebilde im nördlichen Graubünden von der Trias einschliesslich des Buntsandsteines überlagert werden, also älter wie diese sind. Sie müssen als Vertreter der Permformation aufgefasst werden, und somit ergibt sich für diese Granitintrusionen als das wahrscheinlichste ein unterpermisches Alter was allerdings nicht absolut für alle Granite dieser Gegend aber doch für einen Theil derselben ausgesprochen sein soll und auch für diese nur unter dem Vorbehalt, dass weitere Untersuchungen der in den Hochregionen der Gletscher und des ewigen Schnees gelegenen Ueberreste der jüngeren Sedimentdecke nicht doch noch Apophysen oder ähnliche Bildungen zur Kenntniss bringen.

Wir sind also dazu gekommen, in den grossen Granitmassen des Engadins Gesteine zu sehen, die sicher vorliasisch wahrscheinlich jungpalaeozoisch, sind aber jedenfalls längst erstarrt waren, als zur Tertiärzeit die alpinen Hebungen und Faltungen begannen. Dabei wurde dieser Granit geradeso gehoben, geschoben und verworfen wie die Sedimentgesteine.

2. Der Gebirgsbau im Gebiet der Quellen.

An anderem Orte habe ich nachgewiesen, dass eine der grossen rhätischen Ueberschiebungen, durch welche fast die ganze Masse der Ostalpen viele Kilometer weit über diejenige der Westalpen in westlicher Richtung auf verhältnissmässig

sehr flach gelagerten Schubflächen hinwegbewegt worden ist, auch das Engadin quer durchschneidet. Die Schubfläche streicht am Lunghinopass aus, senkt sich auf dem westlichen Thalgehänge des Engadines langsam nach Osten herab bis zum Silvaplaner See und steigt am jenseitigen Gehänge gegen Süden wieder herauf bis zur Höhe des Capütschin, biegt dort nach Osten um und umzieht das Berninamassiv auf dessen Südseite. Das Gebirge unter dieser Schubfläche besteht aus Gneissen mit Granitinjectionen, jenen Marmor- und Dolomitlagern, Kalkglimmerschiefern und grünen Bündnerschiefern, die Gümbel als Phyllite bezeichnet hat, während ich darin Vertreter der älteren palaeozoischen Schichten mit eingelagerten Diabasen und Diabastuffen sehe. Sie werden discordant von permischen Sernifit und Röthidolomit überlagert, auf denen theilweise obertriasische Koessner Kalke, meist aber unmittelbar liasische Kalksteine und Schiefer, mancherorts auch noch Flysch ruhen. Alles dies ist stark gefaltet.

Ueber der Schubfläche treffen wir wiederum Granite und Gneiss, darüber Sernifit und Röthidolomit; ob stellenweise vielleicht auch noch Liasablagerungen darüber erhalten sind, muss erst festgestellt werden.

In Folge dieser Ueberschiebung ist der Granit der Schubmasse bei Gravasalvas auf die gefalteten Schichten des Lias, des Perms und der palaeozoischen Bündnerschiefer zu liegen gekommen, was Theobald bereits erkannt und in der schon erwähnten Weise sich zu erklären versucht hat. Ebenso liegt aber auch der Granit des Piz Surlej bei Surlej über den palaeozoischen Bündnerschiefern und man kann diese Ueberlagerungsfläche (siehe Fig. 1) am Gehänge herauf gegen den Crialetsch am Fusse des Piz Corvatsch leicht verfolgen. Die Schubfläche ist hier mit 10—12° gegen Norden geneigt, wird aber zwischen der Alp Surlej und Mortèls von einer Querverwerfung getroffen, jenseits welcher sie höher und fast horizontal liegt.

Bei Surlej senkt sich die Ueberschiebungsfläche unter den Thalboden. Wenn man annimmt, dass sie sich gegen Norden mit gleicher Neigung von 10° weiter senkt, so muss sie unter

Morizbad bereits etwa 300 Meter unter der Oberfläch
Aber selbst, wenn hierbei ihre Neigung stärker oder sc
wäre, immer müsste man annehmen, dass der Granit
dem überschobenen
gebirge liegt, dass
nicht in die „unendlicl
herabgeht. Die Wur:
Granitstockes ist w
Osten zu suchen, hi
wir nur einen ober
gewissermassen den K
selben.

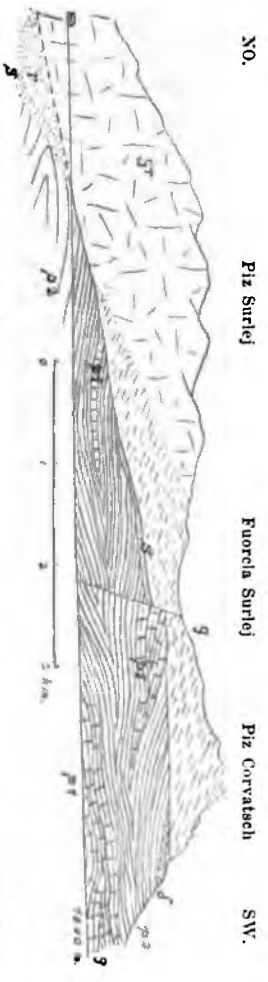

Fig. 1 zeigt die Ueberschiebungsfläche, auf der am rechten Thalgehänge des Engadins die krystallinischen Schiefer (*g*) und der Granit (*gr*) über die palaeozoischen Marmore und Dolomite (p^1), die grünen Schiefer (p^2) und die Serpentschiefer (*s*) geschoben worden sind. *δ* Lager von Diabas. *r* Röthidolomit. 1:75000.

Durch den sichere
weis dieser Uebers
ist zugleich das Quell
gelöst. Die Quellwa
Gase, die aus dem G
Tage treten, kom
grösserer Tiefe un
aus einer Gebirgsm
von Granit nur ober
bedeckt wird, selbst
verschiedenartigen
ablagerungen besteht
die Mineralbestandth
halten können, wel
Morizer Thermalquel
zeichnen.

Wie steht es n
mit der Quellenspa
welche Gümbel aufi
gemacht hat? Auf
habe ich sie einge
wenn schon ein sicherer Beweis für sie, wie schon
noch nicht zu erbringen war. Wenn man jedoch a
dass die westliche Gebirgsmasse auf dieser Spalte eine

erfahren habe, dann erklärt es sich, was sonst kaum verständlich wäre, warum der Granit, der östlich von Surlej bei 1950 m Meereshöhe über dem palaeozoischen Bündnerschiefer liegt, 1 km weiter im Westen, wo er eigentlich in ebenso hoher Lage erwartet werden sollte, bereits über 150 m tiefer herabreicht, so dass der unterliegende Schiefer am Ufer des Sees vom Campfèr gar nicht mehr sichtbar ist. Besser unterrichtet sind wir von einer zweiten Verwerfung, welche mit dieser ungefähr parallel verläuft und durch das ganze obere Engadin auf der westlichen Thalseite hinläuft. Auf ihr haben grosse Verschiebungen nachweislich stattgefunden und es zustande gebracht, dass nirgends eine vollkommne Uebereinstimmung im geologischen Bau der beiden Thalseiten besteht. (Näheres darüber werde ich in

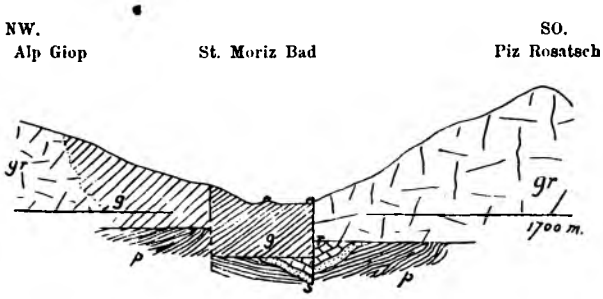

Fig. 2. Schnitt quer über das Inuthal (1 : 75000) mit den muthmasslichen tektonischen Verhältnissen unterhalb des 1700 Meter-Niveaus.

Alpenforschungen II später mittheilen.) So mag es denn gestattet sein, die Quellenspalte als eine Begleiterscheinung jener Verwerfungsspalte aufzufassen, und es ergibt dies dann für die nähere Umgebung von St. Moriz das Bild eines Grabenbruches, wie ihn Fig. 2 zur Darstellung bringt.

Was früher als etwas Seltsames und schwer zu Erklärendes erschien, nemlich der Mineralgehalt der Morizer Thermen, das ist für die nun gewonnene tektonische Auffassung etwas ganz selbstverständliches, ja geradezu nothwendiges geworden. Die Quellen müssen aus Kalkgebirg aufsteigen, weil sie Thermen sind, also aus grösseren Tiefen kommen.

3. Woher stammt die viele freie Kohlensäure?

Diese Erscheinung ist nicht auf St. Moriz beschrän
sondern recht eigentlich eine besondere Eigenthümlichkeit Gr
bündens, wodurch sich dasselbe vor den meisten anderen Thei
der Alpen auszeichnet. Ebenso eigenthümlich ist aber die
Gegend das Vorhandensein zahlreicher tertiärer Basalt- u
Serpentingänge. Die Basalte sind allerdings in der Litera
hinter den Namen Melaphyr, Spilit, Diabas und Diorit zie
lich gut versteckt, aber es sind jedenfalls basaltartige Er
tionen, die abwechselnd alle alpinen Sedimentgesteine dur
setzten und zwar zu einer Zeit, als die alpine Faltung h
schon vollendet war, also etwa in der mittleren Oligocänzeit o
später. Das Gleiche gilt für die Serpentine, die in wild v
bogenen Schichten aufsetzen und trotzdem oft kilometerlan
ganz geradlinige Gänge darin bilden. Freilich hat man v
fach versucht, diese Serpentine in einen genetischen Zusamm
hang mit den sog. grünen Bündnerschiefern zu bringen, wel
nach meiner Auffassung palaeozoische Diabase und Diabast
sind, und es ist ja auch die Möglichkeit keineswegs von
Hand zu weisen, dass in den Alpen auch Serpentinmas
vorkommen, die älter als tertiär sind. Dies ändert aber nic
an der Thatsache, dass Graubünden zur Tertiärzeit der Sch
platz stärkerer vulkanischer Thätigkeit war, die jetzt allerdi
ganz erloschen zu sein scheint, aber in den starken Kohl
säure-Exhalationen noch wenn auch schwache Nachwirkun
verräth. Als solche steigen also auch die Gase unter St. M
aus grösseren Tiefen und mit hohen Temperaturen auf.
werden von den kühleren unterirdischen Gewässern aufgenc
men und abgekühlt, erwärmen aber ihrerseits jene Gewäs
die mit dieser Unterstützung lebhafter mineralische Stoffe
Lösung nehmen und mit ihnen in die Höhe steigen.

4. Woher stammen die mineralischen Bestandtheile?

Das Vorhandensein des basalen Kalkgebirges erklärt uns zu Genüge den Gehalt an Kalk-, Magnesium-, Eisen- und Mangancarbonaten sowie an Kieselerde und Thonerde. Anders liegt es mit den Sulphaten, Chloriden, dem Bor, Brom und Jod. Das sind Stoffe, die das Meereswasser in Lösung enthält und unter günstigen Verhältnissen auch in seinen Sedimenten ausscheidet. Aber wo wir ältere Meeresablagerungen zu Tage gehen sehen, sind diese Bestandtheile gewöhnlich nicht, oder doch nur theilweise und in verschwindenden Massen vorhanden, so dass wir uns gewöhnt haben, sie nicht zu den gewöhnlichen Absatzproducten zu zählen. Gleichwohl dürften sie viel häufiger zu Ablagerung gekommen sein, als sich beobachten lässt. Da aber, wo sie nicht in grösseren Mengen in Form von Steinsalz- oder Sollagern auftreten, sondern nur verhältnissmässig spärlich den Kalk-, Mergel- oder Thonschichten beigemengt waren, sind sie im Ausgehenden dieser Gesteine längst durch die circulirenden Tageswässer ausgelaugt, und nur in grösseren Tiefen kann dieser Salzgehalt noch erhalten geblieben sein, wo eben noch keine so kräftige Durchwässerung eingetreten ist. Wir können also erwarten, dass alle marinen Sedimente, die hier unter dem Schutze der darübergeschobenen Granitdecke liegen, noch jene leicht löslichen Salze, soweit sie darin abgesetzt worden waren, aufgespeichert enthalten und nun an die aufsteigenden kohlensäurereichen Thermalwasser abgeben. Besonders jedoch steht zu erwarten, dass die permischen Dolomite, die von Rauhwacken und Gypslagern begleitet sind, reich an solchen Salzen gewesen sind und in ihnen dürfen wir deshalb die Hauptlieferanten sehen.

Wir wissen aber, dass die palaeozoischen Bündner Schiefer von Permablagerungen discordant überlagert werden, und es hätte somit gar nichts auffallendes, wenn unter dem Boden von St. Moriz und seiner Granitdecke solche permische Ablagerungen in grösserer Mächtigkeit vorhanden wären, wie dies in Fig. 1 und 2 dargestellt ist.

Für die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme lässt sich a führen, dass thatsächlich oberhalb Surlej zwischen dem Gra bezw. Gneiss und den liegenden Bündner Schiefern die pe mischen Sernifitschiefer ausstreichen, und wenn die Dolomi darüber fehlen, so erklärt sich dies durch die Richtung d Ueberschiebung, durch welche sie hier weggeschoben word sind, während sie auf der anderen Thalseite oberhalb Grav salvas noch thatsächlich erhalten geblieben sind aus de Grunde, weil sie da tiefer in die Bündner Schiefer eingefalt waren. Aehnlich können aber auch die Verhältnisse unt St. Moriz liegen.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Ein grosser Granitstock, der in Gneiss, krystallinen Schiefe und palaeozoischen Sedimenten aufsitzt und wahrscheinlich geg Ende der palaeozoischen Zeit eingedrungen war, ist mit dies Schiefern und den später über und neben ihm abgelagert jüngeren Meeressedimenten in der Oligocänperiode von d ersten alpinen Faltung ergriffen und dislocirt worden. Dara wurde er von der rhätischen Ueberschiebungsspalte, welche dem Alpenkörper entstand und denselben von Nord nach S quer durchschnitt, in zwei übereinander liegende Theile zerle von denen der obere durch jene Ueberschiebung nach West fortgeschoben, von seinem Sockel entfernt und auf bere gefaltete palaeozoische und mesozoische Meeresablagerung heraufgeschoben wurde. Der Piz Rosatsch, sowie die gai Bernina-Granitmasse, der Julier- und Albula-Granit gehört zu diesem jetzt wurzellosen nach Westen verschobenen Gran stock, der nachträglich nochmals von Gebirgsspalten in v schiedenen Richtungen durchschnitten und in mehrere Scholl zerlegt wurde, die ebenfalls durch vertikale und horizont Bewegungen gegeneinander verschoben worden sind, so d deren ursprünglicher Zusammenhang auch in dieser obe Hälfte des Granitstockes gründlich verloren ging.

Vielleicht gleichzeitig damit, jedenfalls aber zeitlich ni

weit davon entfernt, fanden im Gebiet dieser Ueberschiebung Durchbrüche von Basalt- und Serpentinmassen statt, die gangförmig aus der Tiefe emporstiegen. Obschon diese vulkanische Thätigkeit längst erloschen ist, so erkennen wir ihre Nachwirkungen doch noch an den starken Gasausströmungen, welche sich an vielen Orten und so auch bei St. Moriz in Form von kohlensäurereichen Thermalquellen äussern.

Die in die Erde eindringenden Wasser der atmosphärischen Niederschläge absorbiren in der Tiefe diese Gase und erhalten dadurch einen Auftrieb, der sie auf vorhandenen Gebirgsspalten aufsteigen macht. Sie steigen um so höher, je grösser der hydrostatische Druck ist, d. h. je höher die Niveaufläche des Untergrundwasserstandes liegt. Da diese im Engadin im Winter ihren tiefsten, im Sommer aber in Folge der Schneeschmelze einen bedeutend höheren Stand hat, so begreift es sich leicht, warum die im Sommer stark fliessenden St. Morizer Thermalquellen im Winter sehr schwach sind oder auch ganz ausbleiben.

Der hohe Mineralgehalt dieser verhältnissmässig kalten Quellen ist demnach dadurch bedingt, dass die Auflösung von Salzen in grösseren Tiefen begünstigt durch die freie Kohlensäure und hohe Temperatur vor sich geht und dass das aufsteigende Wasser erst in höheren Regionen durch das kältere niedersinkende Tageswasser abgekühlt wird.

Der für die St. Morizer Quellen charakteristische Mineralgehalt besteht hauptsächlich aus Bestandtheilen, die im Meereswasser gelöst vorkommen, mithin auch in Meeresablagerungen zum Absatz kommen können und wahrscheinlich von dem palaeozoischen Meere in seinen Sedimenten einstmals aufgespeichert worden sind, aus denen sie jetzt die kohlensäurehaltigen St. Morizer Quellen beziehen und wieder an die Erdoberfläche bringen.