

I.

# Geologisches aus dem Engadin

von

**Dr. v. Gümbel,**

k. b. Oberbergdirector in München.

~~~~~  
(Nebst zwei Profilen.)  
~~~~~

## Allgemeiner Ueberblick.

Das Eigenartigste in dem geologischen Aufbau der Gebirge des Engadins besteht in der grossartigen Entfaltung der mesolithischen Kalk- und Dolomitbildungen, welche zwischen den aus älteren Gesteinen zusammengesetzten, beiläufig parallelen Ketten des auf mehrere Falten zertheilten Centralstocks der rhätischen Alpen eingekeilt liegen und durch ihre Ausformung in wildzackige, meist nackte, felsigen Bergspitzen zu den mehr abgerundeten Formen der benachbarten älteren Gebirgsmassen im scharfem Contraste stehen.

Dieses auf der Südseite des Innthals sich erhebende tiefgefurchte Kalkgebirge bildet eine Zwischenzone gleichsam inmitten zwischen parallel verlaufenden Rücken der Centralregion und steht südwärts mit dem mächtigen Kalkstocke des Ortler's in nächster Beziehung und Verbindung. Mit diesem theilt es im Wesentlichen den ganz gleichen geologischen Charakter. Eine weite, nach N. offene Bogenlinie,

welche vom Südfusse des Ortler's über Bormio, Livigno, den Casannapass nach Scanfs im Innthal verläuft, schliesst diesen ausgedehnten Kalkstock südwärts ab. Zwischen Capella und Scanfs überschreiten die bis in das Thal abgesenkten Kalkbildungen dann den Inn und ziehen sich als ein verschmälertes Band dem Einschnitte des Albula-Passes folgend nach Oberhalbstein, auf dessen NO.-Seite sie sich wieder zu mächtigen Gebirgstöcken ausbreiten. Weiter in das Davoser Gebiet vordringend und den Silvrettastock auf seiner Nordseite umsäumend treten sie dann in stark verschmälertem Zuge unmittelbar mit den Kalkbergen des Rhätikon und von Vorarlberg in enge Beziehungen. Durch diese direkte Verbindung der Kalkberge des Engadins mit jenen Vorarlbergs erklärt sich die sonst räthselhafte, aber unzweideutig hervortretende Analogie in der geologischen Entwicklung der Engadiner mesolithischen Ablagerungen mit jenen des westlichen Gebiets der nördlichen Kalkalpen Vorarlbergs in der ungezwungensten Weise.

Zwar finden die kalkigen Bildungen des Engadins mit der eben angedeuteten Verbreitungslinie noch nicht ihre äusserste Grenze. Es breiten sich vielmehr noch zahlreiche, jedoch stets kleinere Streifen und Kuppen aufwärts bis zum Silser See und weiterhin westlich von Oberhalbstein aus. Sie sind aber nur als die Reste einer schwachen Kalkdecke zu betrachten, die in früheren Zeitperioden weithin im Osten über das ältere Gebirge ausgebreitet war. Es ist sehr bemerkenswerth, dass unter den mesolithischen Ablagerungen dieses Verbreitungsgebietes ostwärts von Oberhalbstein jüngere jurassische Schichten höchst wahrscheinlich und cretacische Bildungen ganz sicher fehlen, wogegen Lias- und insbesondere

Triasschichten desto mächtiger entwickelt sind und in Bezug auf Gesteinsbeschaffenheit und den Gesamtcharakter kaum eine Aehnlichkeit mit den weiter westwärts, allerdings nur äusserst dürftig auftretenden gleichalterigen Gesteinen erkennen lassen. Es gewinnt daher dieses Verbreitungsgebiet die Bedeutung eines mehr oder weniger abgeschlossenen, selbstständigen Bezirks des alpinen mesolithischen Bereichs, welche man wohl passend als die B ü n d n e r P r o v i n z bezeichnen könnte. Auch mit den analogen Schichtgesteinen in der südlichen Nebenzone der Alpen, welche jenen im Engadin räumlich am nächsten liegen, ergeben sich sehr geringe Verwandtschaftsverhältnisse und nur die schwarzen Varennakalke am Comer See und bei Perledo sind es, welche einiger Maassen an gewisse schwarze plattige Kalke des Engadins und vom Bärenboden bei Wiesen erinnern.

Was den engeren Abschluss dieser geologischen Provinz in östlicher Richtung anbelangt, so finden wir, dass auch noch jenseits, d. h. östlich von der sehr ausgeprägten, tief eingeschnittenen Wasserscheide zwischen Inn und Etsch bei Reschen die kalkigen Gebilde des Engadiner Gebirgs sich in dem mächtigen Bergstock des sog. Endkopfs wiederholen und weiterhin in einzelnen kleinen, dem älteren Gebirge aufgesetzten Fetzen bis über die Höhen N. von Meran sich verfolgen lassen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch die isolirten Kalkköpfe südlich von Innsbruck (Seile-, Kalkkögel, Serles-Spitz) in näherer Beziehung zu dieser inneralpinen Kalkgruppe stehen. Mit derselben tritt eine schärfere Scheidung zwischen den zwei grossen Abschnitten des Hochgebirgs, den westlichen und östlichen Alpen, sowohl in geologischer wie topischer Beziehung unzweideutig hervor, die

sich westwärts erst mit der Querlinie zum Lago Maggiore abschliesst. Ostwärts besteht eine engere Verbindung in geologischer und orographischer Beziehung bis zu jener Scheidelinie, welche vom Nordrande der Alpen quer durch das alte Salzach-, jetzt Saalachthal, den Zeller Seeinbruch, das obere Salzachthal, Gerlos, Tuxer Joch, Brenner und Eisachthal bis zur Judicarienspalte beziehungsweise Etschthal und den Gardasee zieht. Es erscheint als nicht ungerechtfertigt, dieses Zwischenglied als einen selbstständigen Gebirgsstock — die Mittelalpen — aufrecht zu erhalten.

Die jüngeren Schichtgesteine, welche die im Eingange erwähnten wildzackigen Kalkberge der Bündner Triasprovinz zusammensetzen helfen, tragen innerhalb des ganzen Verbreitungsgebietes vom Ortler bis zu den Davoser Bergen ein auffallend übereinstimmendes Gepräge an sich. Auf den *älteren* Schiefergesteinen aufgesetzt oder zwischen denselben eingeklemt beginnen die mesolithischen Bildungen zu tiefst mit vorherrschend rothen und grünlich-grauen, meist dünnbankigen oder schiefrigen Sandstein- und Schieferthonlagen von Typus der Werfener Schichten. Doch sind derartige Gesteine nur an wenigen Stellen deutlich entblösst und sichtbar, wie z. B. an der Ofen-Strasse in Ova del Fuorn und in Val d'Uina bei Schuls. Häufiger nehmen eigenthümliche Trümmergesteine, welche oft die Beschaffenheit der Sericitgneisse täuschend nachahmen, aber stets aus wenigstens z. Th. klastischen Elementen zusammengesetzt sind und in wahre Conglomerate oder Breccien (sogen. Verrucano wenigstens z. Th.), verlaufen, die Stelle der rothen Sandsteinschichten ein. Ueber dieser dem ausseralpinen Buntsandstein entsprechenden Bildung folgt zunächst an den

meisten Stellen ein mächtiges System von Rauhwaacke mit Gypseinlagerungen oder mit geschlossenen Bänken von Gyps. Die nächsthöhere Stufe wird von intensiv schwarzen, oder schwärzlich grauen, regelmässig dünnbankigen, auf den Schichtflächen wulstig unebenen, oft gleichsam ausgezackten und mit einem dünnen Ueberzug von schwarzem Thon überkleideten, häufig weiss gesprenkelten Kalken und Dolomiten gebildet, zwischen denen sich namentlich gegen oben thonige und mergelige Schiefer einlagern. Versteinerungen, wie *Terebratula vulgaris*, welche sich bei Campovasto gegenüber von Ponte in dem Kalk häufig finden, *Dadaerinus gracilis*, dessen weisse Stielglieder nicht selten zu beobachten sind u. A. weisen diese Schichten ihre Stellung in Muschelkalk an. Wenn ausserdem in den thonigen Zwischenlagen nach oben *Bactryllium* und Fischreste sich einstellen, so möchte daraus eine gewisse Parallele mit den Partnachschichten und dem Perledoschiefer abzuleiten sein. Strichweise scheinen diese mergelig-thonigen Schiefer sich nach oben zu einem geschlossenen Glied der Gesteinsreihe zu entwickeln, welche bestimmter der Partnachgruppe gleich kommt. In dem weiteren Aufbau des Gebirgs begegnen wir dann fast regelmässig über dieser Schichtenreihe einer zweiten oberen Rauhwaacke mit Gypsbildung, deren leichte Zerstorbarkeit vielfach zu Sätteleintiefungen und zur Entstehung von grossen, Circus-ähnlichen Felsenkesseln Veranlassung gegeben hat. Oft ist die Region, welche diese obere Rauhwaacke in der Schichtenreihe einzunehmen pflegt, vom herabgebrochenen Felsenschutt und Gesteinsgrus mächtig überdeckt und das hier anstehende Gestein dem Auge verhüllt, so dass sich die weitere Schichtenfolge nicht direkt beobachten lässt.

Den ungleich grössten Antheil an dem ganzen Aufbau der kalkigen Berge nimmt der selbst bis über 1000 m. mächtige, rauchgraue Hauptdolomit. Seine meist wohlgeschichteten, dünnen, von zahlreichen Klüftchen durchzogenen, daher splittrigen Bänke erheben sich über der Rauhwaacke in meist ungemein steilen, oft fast senkrechten, nackten Felswänden bis zu den höchsten zackigen Bergspitzen, denen auf der Seite, nach welchen hin die Schichten geneigt sind, die wenig mächtigen, noch jüngeren Schichtgesteine in gleichförmiger Auflagerung sich anschliessen. Wegen ihrer vorherrschend mergeligen Beschaffenheit der Verwitterung leicht zugänglich lehnen sich diese jüngsten Glieder der mesolithischen Gesteinsreihe — die rhätischen Mergel und Kalke, die jiasischen röthlichen und weisslichen Crinoideenkalke und die grauen bis schwärzlichen Liasmergel — in wohlgerundeten Kuppen und sanft geneigten Gehängen an die wilddurchfurchten Dolomitberge an. Noch jüngere als liasische Gesteine konnten bis jetzt im ganzen Bereiche der Bündner Triasprovinz mit einiger Sicherheit nicht nachgewiesen werden.

Nachdem wir einen flüchtigen Blick auf die Kalkberge des Engadins und des Ortler-Stocks geworfen haben, drängt sich uns unwillkürlich die Frage nach der Natur und dem Verhalten jener Gesteinsbildungen auf, welche die Unterlage der kalkigen Reihe mit Einschluss des Verrucanos ausmachen oder doch auszumachen scheinen. Darüber kann kein Zweifel Platz greifen, dass diese jüngeren Kalkbildungen theils direkt auf Gneisschichten oder diesen beigeordneten krystallinischen Gesteinen aufruhem, theils aber auch und zwar auf weite Strecken hin von meist glimmerig glänzenden, phyllitähnlichen Thonschieferschichten, denen mehr

oder weniger deutlich krystallinisch ausgebildete Kalke und kalkige, grauwackenartige Sandsteine eingelagert sind, unterteuft werden.

Wenn unter den an der Erforschung dieses Alpengebietes beteiligten Geologen darüber keine wesentlich von einander abweichende Meinungen bestehen, dass die erwähnten, oft mit Granit, chloritischem Schiefer, Hornblendegestein und Serpentin vergesellschafteten Gneissbildungen der archäolithischen Gesteinsreihe zuzuweisen sind, so herrscht dagegen über die Altersverhältnisse des Complexes der Thonschiefer eine desto grössere Verschiedenheit der Ansichten. Es genügt einen Blick auf die geologische Karte dieser Gegend von Studer und Escher, dann auf jene von Theobald, v. Mojsisovics und von Stacke\* zu werfen, um sich zu überzeugen, dass kaum irgendwo in den Alpen über eine grössere Schichtengruppe weiter auseinander gehende Meinungen bestehen, als über diese Schiefer. Dieselben werden bald ganz, bald theilweise der alten krystallinischen Schieferreihe, den paläolithischen Grauwackenschichten, dem liasischen Algäuschiefer und selbst wenigstens grossen Theils dem tertiären Flysch gleichgestellt. In der That scheint ihre richtige Einreihung in den normalen Schichtenverband grossen Schwierigkeiten zu obliegen. Wir werden später Veranlassung nehmen, soweit es der Rahmen dieser kurzen Schilderung erlaubt, einige weitere Mittheilungen über diese Verhältnisse beizufügen. Einstweilen sollen diese Thonschiefer mit den sie

---

\* Geol. Karte der Schweiz von B. Studer und A. Escher; Theobald, Geol. Beschreibung von Graubünden; v. Mojsisovics im Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Bd. 23, 137; Stacke daselbst Bd. 24, 135.

begleitenden kalkigen und sandigen Einlagerungen unter der allgemeinen Bezeichnung „Bündner Schiefer“ zusammengefasst werden.

Ich wende mich nun nach diesen einleitenden Bemerkungen zu der Mittheilung einiger Beobachtungen im Gebiete der oben bezeichneten Kalkberge, welche in der nächsten Umgebung von Tarasp von mir angestellt worden sind und welche, auch wenn sie nur die von dem vortrefflichen Theobald mit bewunderungswürdigem Fleisse vorgenommenen Untersuchungen und naturgetreuen Schilderungen im Wesentlichen bestätigen würden, wohl nicht unerwünscht, durch einiges weitere Detail aber gewiss auch nicht überflüssig sein werden.

### **Allgemeine Schilderung der geologischen Verhältnisse von Tarasp.**

Wenn man von Nauders her das Engadin betritt und etwa von der Höhe des Sattels zwischen Nauders und Martinsbruck einen ersten Blick auf das vorliegende Innthal wirft, so stellt sich uns letzteres als ein tiefer und enger, nach oben sich erweiternder Einriss zwischen den im Norden zu gletscherbedeckten, dunklen, steilen, aber in wohlabgerundeten Formen sich erhebenden Riesenbergen und den gegen Süden aufsteigenden wildzackigen, hellfarbigen Kalkgebirgen dar. Die eigentliche Thalfurche ist so tief und enge, dass nirgendwo, soweit das Auge reicht, ein erweiterter Thalboden Platz zu einer grösseren Ansiedlung darbietet und die grösseren Dörfer hier auf schmale Thalterrassen oder stellenweise eingebnete Stufen der Steilgehänge angewiesen sind.

Erst weit ober der schluchtartigen Enge des Innthals von Ardez nehmen mehrere Dörfer von der Thalsohle Besitz und nur Zernetz im obersten Theil des Unterengadins ist es, das sich hier auf einer ersten beträchtlichen Thalerweiterung auszubreiten vermochte. Je stiefmütterlicher die Mutter Natur die Bewohner dieser Gegend mit den Reichthümern bedacht hat, welche man aus der Bebauung des Erdbodens schöpft, mit desto verschwenderischerer Hand hat sie die Landschaft mit reizenden Bildern und jenen seltenen unterirdischen Schätzen von Heilquellen ausgestattet, welche hier aus der Tiefe der Erde in erstaunlicher Fülle und wundervoller Kraft zu Tage treten. Wir stehen staunend vor diesem licht- und schattenreichen Bilde und fragen forschend nach der Ursache dieser seltsamen Erscheinung.

Schon nahe von Landeck an begleitet uns auf dem Wege ins Engadin jene Reihe schiefriger, oft in der bizarrsten Weise gewundener, zusammengefalteter und gebogener Schiefer, welche ihrem Aussehen nach die Mitte halten zwischen glimmerglänzendem Phyllit und paläolithischem Thonschiefer. Es sind jene in den Tiroler Gebirgen so weit verbreiteten Gesteine, welche man früher unter der Bezeichnung „Thonglimmerschiefer“ zusammengefasst und neuerlich in ältere den krystallinischen Schiefen zunächst angeschlossene eigentliche Phyllite und in jüngere wahrscheinlich paläolithische Thonschiefer, aber ohne sichere Unterscheidungsmerkmale zu trennen versucht hat. Das Einförmige in der Beschaffenheit dieses ungemein mächtigen Thonschiefer-Complexes wird nur durch die Einlagerung von zahlreichen Bänken kalkiger, grauwackenähnlicher Gesteine und von mehr vereinzelt Zwischenschichten fast krystal-

linisch entwickelter graulicher Kalke unterbrochen. Nur selten finden sich, wie oberhalb Neufinstermünz und unterhalb Nauders grüne Schiefer eingeschoben. Von organischen Einschlüssen sind kaum mehr als dürftige Spuren von *Algen*, wie ich sie an dem Fussweg zwischen Festung und Dorf Nauders auffand, zu entdecken.

Solche Schiefer und grauwacken-ähnliche Sandsteine bilden auch den Bergrücken, über den man von Nauders ins Engadin gelangt. Bis auf die höchste Höhe (1279 m.) durch grossartige Gletscherschliffe mit nach dem Innthal zu abwärts gerichteten Streifen abgerieben, stehen diese Schichten an den zahlreichen Strassenwindungen nach Martinsbruck an, werden aber häufig auch von erratischem Schutt und Geröll mit vielen Urgebirgsfelsstücken überdeckt und verhüllt.

Denselben Schieferschichten begegnen wir auch im Innthale selbst von Martinsbruck an (1019 m.) bei dem Eintritt in das Unterengadin. Sie begleiten uns durch das Thal aufwärts bis oberhalb Ardez, wo sie von Gneisschichten begrenzt werden, in ganz gleich bleibender Beschaffenheit und zeigen sich nur auf kurze Strecken, wie an der Platta mala bei Remüs, dann unterhalb Sins und besonders zwischen der Tasnaschlucht und Ardez durch von unter eingeschobene ältere Gesteine, grüne, chloritische, hornblendige, dioritische Schiefer, Serpentin, Gneisschichten und jenen eigenthümlichen grünlichen Graniten unterbrochen, welche dem Juliergranit sich anschliessen.

Diese halbglimmerglänzenden, auf den Schichtflächen feingefalteten Thonschiefer, welche strichweise durch kohlige Beimengungen tief schwarz gefärbt sind und von zahlreichen kalkhaltigen, Grauwacke-artigen Sandsteinbänken begleitet

werden, reichen auf der Nordseite des Thals hoch hinauf bis unter die höchsten Bergkuppen, welche vom Piz Cotschen an in nordöstlicher Richtung zum Piz Chiampatsch, Mutler, Piz Mondin und weiter fortstreichen und aus jenen älteren Gesteinen, namentlich aus hornblendigen Schiefern mit grossartigen Serpentinlagerungen bestehen, welche wir im Thale stellenweise z. B. an der Platta mala und unterhalb Ardez im Thonschiefer eingeschoben gefunden haben. Auf der südlichen Thalseite erlangen die Thonschiefer eine nur geringe Ausdehnung. Sie ziehen sich, zwischen Nauders, Martinsbruck und dem NW. Abfall des Piz Lat noch ziemlich mächtig entwickelt, gegen Remüs zu einem schmalen Streifen zusammen, treten unterhalb Sins ganz auf die linke Thalseite über und gewinnen erst wieder bei Schuls, dessen Kirche auf einem Pfeiler ähnlichen Thonschieferrücken steht, das rechtsseitige Thalgehänge, um von hier an in schmalen Streifen über Vulpèra, Schloss Tarasp, Valatscha bis zum schüttigen, steilen Gehänge Ardez gegenüber fortzusetzen. Die zahlreichen Mineralquellen von Tarasp und Schuls beschränken sich sämmtlich auf den südlichen Rand dieses Thonschieferzugs. Zwischen diesem und den weiter südlich sich aufthürmenden schroffen Kalkbergen zieht sich bis zum Fusse der letzteren ein schmaler Streifen älterer Gesteine in der Richtung des Innthal hin, welcher aus eng aneinander gefalteten Lagen ganz derselben Felsarten bestehen, wie wir dieselben an der Platta mala, unterhalb Ardez und auch auf den hohen Gebirgsrücken des Piz Cotschen-Chiampatsch-Mondin-Zugs vergesellschaftet gefunden haben, nämlich aus grünen chloritischen, hornblendigen, dioritischen Schiefern mit reichlichen Einlagerungen von Serpentin, Juliergranit und Diorit neben oft sericitisch entwickelten, knolligen

Gneisschichten. Sie bilden meist einen Steilrand oder einen schmalen Felsrücken, über welche man erst zu dem Fusse der Kalkberge aufsteigt, und werden von den aus den südlich vorliegenden Kalkbergen herabkommenden Bächen in engen, felsigen Schluchten wie im Eingang zur Val d'Uina, des Scarlthals und des Pfafnathals durchbrochen. Dieser Zug der den Kalkbergen vorgelagerten älteren Gesteinen schneidet meist mit scharfer Abgrenzung an den benachbarten Thonschieferschichten ab. Am deutlichsten kann man dieses Verhältniss am Schloss Tarasp beobachten. Die kühn aus der Landschaft aufragende Burgruine erhebt sich auf den festen Sandsteinbänken der Thonschieferregion unmittelbar neben den chloritischen Schiefen und Serpentinien, die an dem vom Dorf Fontana zum Schloss emporführenden Wege zu Tage treten und ihrem Streichen nach schief an den Thonschieferschichten abschneiden.

Das reizende landschaftliche Bild, welches uns im Unterengadin vor Augen tritt, beruht wesentlich auf dem Contraste zwischen majestätisch hohen, ruhigen Bergformen auf der Nordseite des Thals und den pittoresken kühnzackigen, bis zur Gletscherregion aufragenden Kalkgebirge der Südseite. Diese Kalkberge sind es auch, welche nicht nur unsere Blicke auf den wildromantischen Charakter der Tarasper Gegend ziehen, sondern auch im hohen Grade das geologische Interesse erwecken und daher vor Allem eine nähere Schilderung verdienen. Wir bemerken hier ganz im Allgemeinen, dass diese mächtigen und ausgedehnten, nur schwach geneigten Kalkmassen, obwohl der direkte Anschluss an das Fundament, auf welchem sie aufgebaut sind, fast durchweg mit hohem Gesteinsschutt bedeckt ist, doch unzweifel-

haft auf dem oben erwähnten, aus älteren, krystallinischen Schiefeln bestehenden Gebirgsfusse aufgesetzt sind und, wie jede durch das Kalkgebiet hindurch vorgenommene Wanderung erweist, auch jenseits im Süden wieder auf den gleichen Bildungen aufruhend, in diese wie ein Keil eingeschoben und eingefaltet erscheinen. Man gelangt daher, wenn wir von der Unterlage der krystallinischen Gesteine, auf welcher im Norden die kalkigen Gebilde aufruhend, zu den Höhen der Kalkberge emporsteigen, von den tiefsten und relativ ältesten Schichten zu immer höheren und jüngeren Lagen bis zu den Gipfelzacken, an deren Südflanken in der Regel mergelige Schiefer die Reihe der Schichten abschliessen. Ebenso treffen wir bei Absteigen von den Höhen nach der Südseite zu dieselben Stufen der Gesteinablagerungen in absteigender Ordnung, bis wir wieder das aus krystallinischen Schiefeln bestehende Fundament erreicht haben. Dieser Wechsel von kalkigen und Urgebirgsgesteinen wiederholt sich, wenn wir noch weiter in südlicher Richtung vordringen, zwei oder drei Mal. Wir gewinnen dadurch die Ueberzeugung, dass die gewaltigen Kalkfelsmassen in mehreren grossartigen Biegungen mitten von Urgebirgsgesteinen eingeschlossene Falten und Keile bilden ähnlich jenen am Gstellhorn, welche Professor Baltzer so vortrefflich beschrieben hat und die wir später des Vergleichs wegen näher besprechen werden. Noch auffallender als diese Einklemmung der Kalkberge in den Urgebirgsmassen ist das plötzliche Erscheinen von jenen kolossalen Kalkblöcken bei Ardez, auf welchen die Ruine Steinsberg sich erhebt. Hier stehen aber die Kalke, die man von dieser Fundstelle als Steinsbergkalke zu bezeichnen pflegt, in keinem regelmässigen Verbande zu den benachbarten kry-

stallinischen Gesteinen, sondern sie stellen in ihrer wirren Zusammenhäufung zu einem aus riesigen Blöcken regellos aufgethürmten Felsenmeer die Ueberreste eines zerstörten und zusammengebrochenen Kalkbergs dar. Es liegen in dieser Schutthalde daher die verschiedenen Kalkschichten nicht in regelmässiger, ihrem Alter entsprechenden Aufeinanderfolge über- oder nebeneinander, sondern in wildem Durcheinander finden sich hügelgrosse Trümmer des ältesten Triasgesteins neben dem jüngsten Liaskalk aufgethürmt. Ein marmorartig dichter röthlicher, versteinungsreicher Felsblock der letzteren Art trägt die Burgruine Steinsberg auf seiner von Gletscherschliffen wohl gerundeten Kuppe.

Zu diesen bisher nahmhaft gemachten Gesteinen gesellt sich aber noch eine weit verbreitete Bildung, welche nicht wenig dazu beiträgt, dem landschaftlichen Charakter der Gegend ein eigenthümliches Gepräge aufzudrücken. Wir meinen die Wirkungen, welche mit erratischen Erscheinungen sich verknüpft zeigen. Wir haben bereits schon der grossartigen Gletscherschliffe gedacht, welche auf grossen Flächen die Untergrundsfelsen geglättet und polirt haben. Sie können als sicheres Zeichen einer ehemaligen Ausdehnung der Gletscher und ihres gewaltigen Vorschiebens durch das Engadin angesehen werden. Wir finden solche Gletscherschliffe auf beträchtlicher Höhe am Martinsbrucker Berg bei 1279 m., an der Platta mala bei 1520 m., am schwarzen See bei 1500 m., bei Canova oberhalb Ardez bei 1600 m. u. s. w. Noch höher reichen jene auffallenden Abrundungen der Berge, welche wohl auch als Folgen der durch das Vordringen des Gletschereises bedingten Abnagung angesehen werden dürfen und in der auffallendsten Weise gegen die

Auszackungen der noch höhern Gebirgsteile contrastiren. Stellenweise, wie z. B. auf der Terrasse zwischen Vulpèra und Florins, dann am schwarzen See zwischen Avrona und Fontana und an der nördlichen Vorterrasse des Piz Lat bei Nauders begegnen wir auch jenen charakteristischen Oberflächenformen, welche man als die einer Gletscherlandschaft zu bezeichnen pflegt. Zahlreiche kleine, wohlabgerundete Hügel wechseln hier mit zwischen ihnen eingetieften, meist abflusslosen Mulden in grosser Mannigfaltigkeit. Selbst kleine Seen fehlen nicht (Schwarzer See, Teich bei Schloss Tarasp, der grüne und schwarze See bei Nauders). Noch wichtiger als diese durch die Bewegung der Gletscher erzeugten Oberflächenumformungen sind die Gletscherablagerungen, der Glacialschutt, welche über die Terrassen der Thalgehänge ausbreiten und bis auf Höhen von 1600 m. emporreichen. Diese Schuttmassen, welche aus wirr vermengten, oft geritzten Rollstücken von Urgebirgsarten und einem hellfarbigen, grünlich grauen, durch die helle Färbung zu den gewöhnlichen, braunen Verwitterungsprodukten grell abstechenden Lehm bestehen, tragen, indem sie auf den Thalterrassen sich ausbreiten und an den Gehängen verebnete Flächen bilden, wesentlich zur Ausformung der Oberfläche, nicht weniger aber auch zur Art der Bewirthschaftung der Gegend bei. Der landwirthschaftlich zu benützende Boden beschränkt sich fast ausschliesslich auf solche Schuttablagerungen, welche nicht selten von Moränen-artigen Blockwällen, wie zwischen Kurhaus und Schuls, eingefasst werden; wegen der steilen, abgedachten Unterlage, auf der sie abgesetzt sind, zeigen sie sich zu Abrutschungen sehr geneigt.

Nach diesen allgemeinen Andeutungen über die geologischen Verhältnisse des Unterengadins können wir uns nunmehr zu einigen eingehenderen Schilderungen wenden.

### **Die Kalkberge südlich vom Engadin.**

In erster Linie nimmt die Ermittlung der Auflagerungsweise der Schichten des Kalkgebirgs auf die krystalinischen Gesteine ihres Fundamentes und die Aufeinanderfolge der verschiedenen Schichtenreihen, aus welchen die Kalkberge aufgebaut sind, sowie die Feststellung ihrer Stellung im geologischen System das wissenschaftliche Interesse in Anspruch. Wir beginnen daher zunächst mit der Schilderung der Lagerungsverhältnisse, welche sich in den von den südlichen Kalkbergen herabkommenden, in den Inn einmündenden Seitenthälern wahrnehmen lassen.

Die Grenze zwischen dem Urgebirge und den Kalkgebirgsschichten zieht sich am Fusse des letzten, nordöstlichen Vorsprungs der Kalkberge, dem ringsum auf älterem Gestein aufgesetzten Piz Lat, vom grünen See und dem Jochbodensattel her in einer mit dem Innthale nahezu parallelen Linie mit allmäliger Senkung ins Thal herab. Das erste beträchtliche Seitenthal, welches den Piz Lat von den übrigen Kalkbergen absondert, ist die der Platta mala gegenüber einmündende

#### **Val d'Assa.**

Man steigt aus dem Innthale aufwärts von der Säge an über eine sehr steile Felswand von knolligem, z. Th. sericitischem Gneiss, dessen Schichten nach N. einfallen. Die nördliche Neigung der Gneisssschichten hält bis zur Einmündung des Scherina-Thal an. Grosse Schutthalden verhüllen

hier weiter aufwärts den Anschluss an die Kalkschichten, die zuerst als intensiv schwarze, dünn-schichtige, plattige, hornsteinführende Kalke mit südlichem Einfallen aus der Ueberdeckung zu Tag treten. Sie tragen ganz unverkennbar den Charakter der Virgloriakalke des Vorarlberger Gebiets an sich. Einschlüsse von *Terebratula*, *Crinoideen*-Stiele und den weissen Ringen der *Gyroporella pauciforata* bestätigen ihre Zugehörigkeit zum alpinen Muschelkalk. Höher aufwärts im Thale richten sich diese Schichten steil auf und nehmen nach und nach ein nördliches Einfallen an. An der Einmündung des Rasanna Bachs heben sich unter denselben in einem Sattelaufbruch rothe Sandsteine, Schiefer und Conglomerate ganz vom Typus des sog. Verrucano und der Werfener Schichten hervor. An den Gehängen gegen Montenuovo reicht der schwarze Kalk hoch empor. Auf denselben liegen dann rostig verwitternde Kalke und Dolomite und über diesen graue und rothe Breccie mit grauen Mergeln, schwarzen Hornsteinschichten, intensiv rothe Schiefer und darüber endlich in erstaunender Mächtigkeit graulicher Dolomit, der, wie überall in dieser Gegend, auch hier die Hauptmasse der Kalkberge ausmacht und wohl dem Hauptdolomit der Nordalpen gleich kommt. Rothe Liaskalke und hellgraue sandige Schiefer vom Typus der Algäuschiefer bilden die oberste Decke dieses Dolomits.

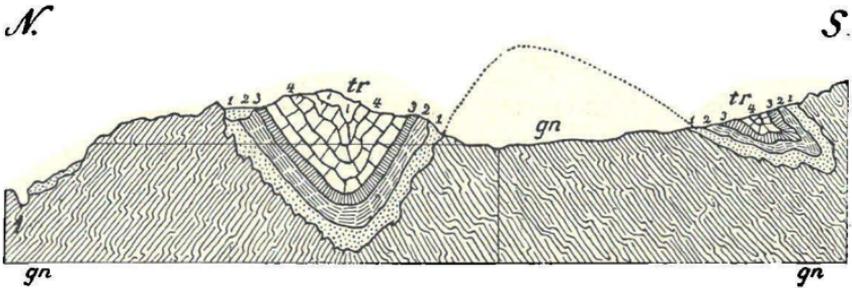
Aehnlich erweist sich auch der Aufbau des Piz Lat, wenn man denselben von Reschen-Scheideck aus über den Ochsenwald und Sass Lat ersteigt. Doch fehlt ihm die liasische Decke. Ich habe hierüber bereits an einem anderen Orte\* Bericht erstattet.

\* Sitz.-Bericht d. k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien: Verhandl. 887, No. 16, S. 291.

### Val d' Uina.

Der nächste Thaleinriss in SW.-Richtung, Val d' Uina, liefert einen sehr ähnlichen Durchschnitt, wie Val d' Assa. Im Eingange zu diesem Seitenthale bei Sur-En stehen dieselben knolligen Gneisse, jedoch mit Einlagerung grüner dioritischer Schiefer und von Serpentin an, welche in dem neuangelegten Holzwege in SO.-Richtung von Sur-En vielfach blossgelegt sind. Die Schichten sind unruhig gelagert, hin und hergewunden, zeigen jedoch im Ganzen nördliches Einfallen bis zu einer Felsenklamm, wo sich die augengneissartigen Schichten nach S. neigen. Ohne erkennbar scharfe Abgrenzung folgen Schichten eines graulichen, glimmerreichen Conglomerats (Verrucano), das nach dem Hangenden zu eine röthliche Färbung annimmt und in grünliche oder intensiv rothe schieferige Sandsteine mit Gypseinlagerung ganz vom Typus der Werfener Schiefer übergeht (tr<sup>1</sup> des Profils). Diese Schichten bilden wieder die Unterlage von dünn- und wohlgeschichteten, schwarzen, hornsteinreichen Kalken mit nicht seltenen organischen Einschlüssen, wie in Val d' Assa (Muschelkalk) (tr<sup>2</sup> des Profils). Sie gehen nach oben in dünngeschichtete schwarze Mergelschiefer (tr<sup>3</sup> des Profils) und grauliche dolomitische Lagen (tr<sup>4</sup> des Profils) über, welche schlecht erhaltene Exemplare von *Natica* und *Chemnitzia* beherbergen. Diese Schichten biegen rasch um und es legt sich, wie an den Berggehängen zu sehen ist, unter denselben wieder Verrucano an, den in der Thalsole bei der Alpe Uina da दौरa typischer Augengneiss unterteuft. Von hier an herrscht im Hintergrunde des Thals der Gneiss bis zur Alpe Uina da daint, wo aufs Neue die ganze Reihe der Schichtgesteine vom Verrucano an aufwärts wieder auftaucht

und zur Alpe Schlingia emporzieht, während man bei dem Aufstieg zur hinteren Scharte wieder auf Urgebirgsgesteine stösst, welche über die ganze Tiroler Seite des Gebirgs sich verbreiten.



**Profil durch Val d'Uina.**

- gn = Gneiss und krystallinische Schiefer;  
 tr<sup>1</sup> = Verrucano und Werfener Schichten;  
 tr<sup>2</sup> = Muschelkalk;  
 tr<sup>3</sup> = Schwarze Mergelschiefer;  
 tr<sup>4</sup> = Hauptdolomit.

Wir sehen in diesem Profile mithin eine öfters sich wiederholende Einkeilung von Kalkschichten in den Gneiss, welche nicht weniger intensiv als jene am Gstellihorn sein dürfte und wie diese als eine Folge der Einquetschung von ursprünglich auflagernden jüngeren Schichten zwischen die Urgebirgsgesteine aufzufassen ist.

### **Val Triazza.**

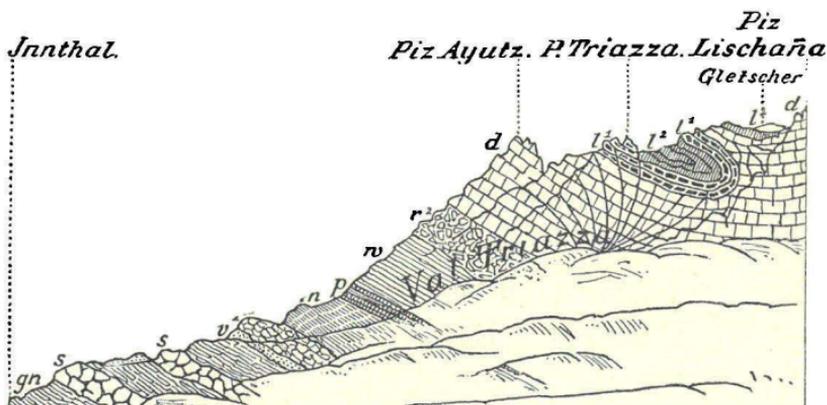
Zu ganz besonders lehrreichen Ergebnissen hat die Untersuchung des zwischen Piz Ayutz und Lischanna eingeschnittenen Wasserrisses, der bei Pradella in das Innthal mündet, geführt. Wenn man von der verebneten Terrasse von St. Jon aus das Gehänge gegen NO. verfolgt, so stösst man da, wo ein Holzweg durch Val Triazza führt, unter dem sonst hier angehäuften erratischen Schutt zuerst auf anste-

henden Serpentin, der in dünngeschichteten, mit  $20^{\circ}$  nach SW. einfallenden grünen Schiefer eingelagert ist. Verfolgt man nun die Bachrinne aufwärts, so legen sich zunächst auf die grünen Schiefer intensiv schwarze, Phyllit-ähnliche Schichten und dann in St. 9 mit  $80^{\circ}$  nach SW. einfallende quarzige und sericitische Gneisse an. Von hier aufwärts sind die anstehenden Schichten auf eine Strecke durch Schutt verdeckt. Das Gestein, welches dann zunächst wieder zu Tag tritt, ist eine grünliche Breccie, welche dem Verrucano (v des Profils) angehört. Unmittelbar auf dieses folgt dann eine ungemein mächtige Rauhwackenbildung mit Gypseinlagerungen und Salzauswitterungen (r<sup>1</sup> des Profils). Es gehört dieses Lager der gewöhnlich zwischen Werfener Schiefer und Muschelkalk (m des Profils) eingeschalteten Gypsregion an. Ein hoher Wasserfall und senkrechte Felswände verhindern hier das weitere Vordringen im Thale selbst. Man muss über die steile Halde der Rauhwacke zu einem von Pradella heraufführenden Holzwege hinaufsteigen, um dann an diesen selbst aufwärts in sehr deutlichen Entblössungen die dünnlammigen, schwarzen Muschelkalkbänke, hier besonders reich an *Gyroporella pauciforata*, zu beobachten. Diese Schichten fallen mit  $45^{\circ}$  in St. 9 SO. ein und gehen nach oben in eine Reihe schwarzer, sehr dünn geschichteter Mergelschiefer (p des Profils) über, in denen ich reichlich Fischschuppen und *Bactryllien* entdeckte. Wir stehen hier wohl sicher in dem geologischen Horizont den Perledo-Schiefer und Wengener Schichten, wie am Bärenboden bei Wiesen und Filisur. In unmittelbarer Auflagerung folgen über diesen Schiefer schwarze, splittrige Kalke und Dolomite (w des Profils), welche in den tiefern Lagen Hornsteinknollen führen,

ausserdem auch *Gyroporellen* aus der Gruppe der *annulata* enthalten und mit grosser Wahrscheinlichkeit dem Wettersteinkalk der Nordalpen entsprechen.

Sie ziehen an dem Gehänge aufwärts gegen den Piz Ayutz, dessen Hauptstock aus diesen Schichten zu bestehen scheint. Im Thale selbst steigt man über die von diesem Gestein gebildete steile Terrasse zu einem der grossartigsten Felsenkare empor, dessen weiter Halbkreis von berghohen Trümmerhalden theilweise wieder ausgefüllt ist. Fast senkrecht steigen aus diesem Kar die Felswände ringsum zu den höchsten Bergspitzen das Piz Ayutz, Piz Triazza und Piz Lischanna sowie zu dem diese verbindenden Schneiden empor. Hier lassen sich in dem Gesteinsschutt, der an ihrem Fusse sich angesammelt hat, leicht die einzelnen Gesteinslagen erkennen, aus welchen die Felswände bestehen. Zunächst über dem schwarzen Kalk zieht sich eine Zone tief ausgefurchter Rauhwacke ( $r^2$  des Profils) hin. Es ist dies die zweite oder obere Rauhwackenregion, auf der dann die Hauptmasse der dolomitischen grauen Kalkfelsen ( $d$  des Profils) aufgesetzt ist. An einem Sattelleinschnitt zwischen diesen und den durch die rothe Färbung schon aus der Ferne kenntlichen Liasspitzen des Piz Triazza streichen dann graue, mergelige, oft gelblich angewitterte Schichten aus, deren meist schlecht erhaltene Versteinerungen wenigstens darüber keinen Zweifel lassen, dass sie der rhätischen Stufe angehören. Der ihnen aufgelagerte rothe Kalk der Triazzaspitzen ist erfüllt von Crinoideen-Stielen und zeigt ganz den Charakter des liasischen Hierlatzkalkes ( $l^1$  des Profils). Diese Kalke gehen nach oben über in grau und rothgefärbte, hornsteinreiche Mergelschiefer, welche Lias-

belemniten umschliessen und dann in dunkelgraue, leicht verwitternde, dünn geschichtete, thonige, oft manganhaltige Schiefer mit Algen-Einschlüssen von der Beschaffenheit der Liasschiefer des Algäus (l<sup>2</sup> des Profils) verlaufen. An der dunklen Färbung und an dem in Folge ihrer leichten Verwitterung erzeugten Absatz in den steilen Felsenwänden lässt sich der Zug dieser Schiefer leicht selbst aus der Ferne verfolgen. Deutlich nehmen wir wahr, wie die schwarzen Schiefer über den rothen Liaskalk des Piz Triazza gegen die Scharte am Fusse des Piz Lischanna, wo eine Spitze des Gletschers in das Kar herein ragt, zungenförmig vordringen, dann rasch sich umbiegend, wieder zum Gebirgskamm zurückkehren und mit einer neuen Biegung sich unter den Lischanna-Gletscher hinziehen. In gleichen scharfen Biegungen folgen ihnen die rothen Liaskalke gegen Piz Lischanna hin. Höher aufgelagerte Schichten sind hier nicht zu finden.



#### Durchschnitt durch das Val Triazza.

gn Gneisschichten; s Serpentin; v Verrucano  
 p<sup>1</sup> Untere Rauhwaacke und Gyps; m Muschelkalk;  
 p Schwarze Mergelschiefer; w Schwarze  
 splittrige Kalke; p<sup>2</sup> Obere Rauhwaacke;  
 d Hauptdolomit; l<sup>1</sup> Weisser und rother  
 Liaskalk; l<sup>2</sup> Lias- (Algäu-) Mergelschiefer.

Was diesem Vorkommen von typischen liasischen Algäuschiefern ein hohes geologisches Interesse verleiht, ist der Umstand, dass wir hier ein ganz unzweifelhaft ächtes Liasegestein vor uns haben, das sich nun auf das Genaueste mit dem nur einige wenige Kilometer entfernten Bündnerschiefer vergleichen lässt. Bei diesem Vergleiche entdecken wir aber nicht die geringste Aehnlichkeit in der Beschaffenheit beider Gesteinsreihen und es wäre rein unbegreiflich, auch wenn man die Bündnerschiefer als durch Metamorphose stark veränderte Liasschiefer annehmen wollte, dass auf so kurze Entfernungen einmal das Gestein in ganz normaler Beschaffenheit mit zahlreichen organischen Einschlüssen im engsten Verbande mit typischen rothen Liaskalken sich fände und dann in völlig fremder Ausbildung mit mächtigen grauwackigen Zwischenlagen ohne Spur von Versteinerungen und ohne begleitende rothe Liaskalke in der erstaunlichen Mächtigkeit des Bündner Schiefers entwickelt sein könnte. Ich erachte diesen Vergleich ächter Liasschiefer mit den Bündner Schiefern aus zwei einander so nahe liegenden Fundstellen für ausschlaggebend, um, auch abgesehen von allen anderen Gründen, jeden Versuch, die Bündner Schiefer als veränderte Liasschiefer aufzufassen, mit Entschiedenheit zurückzuweisen.

### **Scarlthal.**

Auf der Westseite wird der Gebirgsstock des Piz Lischanna und Piz St. Jon durch die tiefe Felsschlucht der Clemgia (Scarlthal) von jenem des Piz Pisoc abgetrennt. An der Ausmündung dieser Felsklamm in das Innthal sehen wir

an den Sägen knollige Sericitgneisssschichten aus dem Schutt hervorragen. Ihnen schliessen sich sowohl an dem Fusswege zum Kurhaus, als gegen Schuls dicht am Innufer Serpentinlager an. Steigt man, da die Thalschlucht unzugänglich ist, von hier auf dem zum Dorf Scarl führenden Weg über eine grossartige Trümmerhalde, zu der am Fusse des Piz St. Jon vorgelagerten Bergterrasse, so stossen wir an mehreren Stellen auf gleiche, unter dem mächtigen Schutt aufragende Gneissbildungen, wie im Triazza-Thale. Bemerkenswerth ist dass hier bei 1355 m. Meereshöhe Geröll und Schutt zu einer Art Nagelfluh verkittet sind, ähnlich wie am Thalrande zwischen Fontana und Chiaposch. Der Weg zieht sich in langsamer Steigung bis zum ersten anstehenden Kalkfels empor, ohne dass die direkte Grenze gegen das unterlagernde, ältere Gebirge aufgeschlossen ist, welches in der schwer zugänglichen, tiefen Thalschlucht von der Clemgia durchbrochen wird. Es streichen hier in fast senkrechten Felswänden mächtige Serpentinmassen, dioritische und chloritische Schiefer, sericitische Gneisse und granitische Gesteine, überhaupt alle die verschiedenen Felsarten aus, welche den Bergrücken zwischen Vulpèra und Avrona zusammensetzen und von Ardetz her über Aschera, Schloss Tarasp an dem Steilgehänge des Innthals unter den Kalkbergen hindurch ziehen.

Oberhalb dieser Felsschlucht durchschneidet das Scarlthal in tiefer, jedoch gangbarer Furche bis zum Dorf Scarl die quer durchstreichenden, vom Piz St. Jon zum Piz Pisoc fortsetzenden Kalk- und Dolomitschichten, welche sich in mannigfachen Wendungen und Biegungen an den kahlen Felswänden bis zu den Berggipfeln hinauf verfolgen lassen. Es herrscht wenig Abwechslung in diesen ungemein mächtigen Gesteins-

schichten und eine weitere Gliederung derselben lässt sich, wegen des Gehängeschutts, der an sehr vielen Stellen die Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten unterbricht und verhüllt, nicht feststellen, wenn auch an mehreren Stellen dunkelgefärbte Kalke mit Einschlüssen von *Gyroporellen* auftauchen, welche eine ähnliche Aufeinanderfolge verschiedener Stufen, wie wir sie in Val Triazza erkannt haben, andeuten. Erst kurz unterhalb der jetzt verfallenen Hüttengebäude von Scarl (Schmelzboden), brechen dicht am Wege jene typischen, schwarzen, plattigen Kalke mit nach N gerichteten Einfällen unter dem Gehängeschutt hervor, welche sich mit dem nordalpinen Muschelkalk vergleichen lassen. Sie überlagern hier auffallend weisse und röhliche, dichte Gesteinsschichten welche, wie ihre geringe Härte sofort zu erkennen gibt, aus Gyps bestehen. Sie gehören der Stufe an, welche in diesem Gebiete zwischen Muschelkalk und Verrucano aufzutreten pflegt. Das Thal erweitert sich nun zu der Fläche des Dorfes Scarl und damit hebt sich wieder das die Unterlage des Kalkgebirges bildende Urgebirge hervor. Unterhalb des Dorfes erblicken wir an dem rechtsseitigen Thalgehänge, auf dem sich der oben erwähnte schwarze Kalk emporzieht, zahlreiche Halden als Zeugen eines einst sehr ausgedehnten Bergbaues auf Blei- und Silber, welcher schon im 14. Jahrhundert betrieben, nach langjährigem Verfall neulich wieder aufgenommen wurde, aber wegen geringer Ergiebigkeit wieder aufgegeben werden musste. Die im schwarzen Kalke lagerweis vorkommenden Erze sind gering silberhaltige Bleiglanze und erinnern in ihrem Gesamtauftreten lebhaft an die Blei- und Zinkerz-Einlagerungen im Wettersteinkalke

der Nordalpen und in Kärnthen, denen sie geologisch wohl gleichzustellen sind.

Das bei dem Dorfe Scarl mündende Seitenthal gegen die Seesvennaalp zieht sich auf der hier nirgend direkt entblösten Grenze zwischen knolligem Gneisse und dem Kalkgebirge empor, bis unter den Südfuss des Lischanna-Gebirgsstockes (Piz Trigl und Piz Cornet). Wir können von der Thalsohle bis zum Lischannagipfel hinauf an den nackten Felswänden die Aufeinanderlagerung der verschiedenen Schichten in fast ununterbrochener Folge beobachten. Das zunächst an der Thalsohle bei der Seesvennaalp anstehende Gestein ist ein wohlgeschichteter, dünnplattiger, intensiv schwarzer, weissgefleckter und geadarter Kalk, wie wir ihn aus dem Triazza Thale oberhalb der Fischschuppen führenden Schiefer kennen gelernt haben. Er bildet das Liegende von ungemein mächtig entwickelter, gypsführender Rauhacke (obere Lage), die sich hoch an den Gehängen emporzieht. Alle Schichten fallen nördlich von der Urgebirgsgrenze weg regelmässig ein und nur an einer beschränkten Stelle des Abhanges gegen Piz Cristannes richten sie sich plötzlich steil auf und bilden bizarr verbogene Faltungen. Ueber der Rauhacke thürmen sich bis zum Lischanna graue, dolomitische Schichten in erstaunlicher Mächtigkeit auf. Dunkle, dazwischen eingefügte Streifen deuten auch auf dieser Seite die Einlagerungen mergeliger Schiefer an, deren rothe und grau gefärbte Trümmer an in von den Höhen niederziehenden Wasserrinnen bis in die Thalsohle herabgeführt werden. Darunter sind wieder deutlich die Liasschiefer zu erkennen, welche unter der Sohle des Lischanna-Gletschers sich ausbreiten.

Verfolgt man das Scarlthal aufwärts in südlicher Richtung

bis zur Passhöhe gegen Cierfs, so stösst man hier nur auf gneissartige Gesteine, welche an den beiden Thalseiten zu Tag ausstreichen. Es sind vorherrschend knotige, oft sericitische und chloritische Gneissvarietäten und Augengneisse mit Quarzlin sen, welche rechts und links den über denselben sich erhebenden Kalkbergen zur Basis dienen. Von der Ferne betrachtet erscheinen sie intensiv grün gefärbt und geben der Vermuthung Raum, dass chloritische oder hornblendige Gesteine vorherrschend verbreitet seien. Bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, dass diese grünliche Färbung von einem Ueberzug der Felsen mit der Landkartenflechte (*Rhizocarpon geographicum*) herrührt, welche in erstaunlicher Fülle die Gesteine überkleidet. Auf der Passhöhe (Costainas) selbst stehen die tiefsten Lagen der hier die Kalkberge verbündenden Schichten an und zwar zunächst über dem Gneiss breccienartige, flasrige Trümmergesteine des Verrucano und auf diese gelagert, röthlich und grünlich gefärbte, dünn geschichtete Sandsteinschiefer vom Typus der Werfener Schichten. Ihre hangendsten Lagen sind gypsführend und werden unmittelbar von schwarzen, bräunlichen, gelbanlaufenden Kalken voll von *Gyroporella pauciforata* (alpiner Muschelkalk) bedeckt. Abwärts gegen Cierfs hebt sich darunter der Verrucano wieder zu Tag und senkt sich mit vielfachen Schichtenbiegungen bis zur Thalsohle bei Cierfs. Auf der halben Passhöhe (1975 m.) umschliesst eine solche Falte mächtig entwickelte Gyps- und Rauh wackelagen, über welche die schroffen Felswände des schwarzen Kalkes sich riffartig an den Gehängen fortziehen.

### Ofen-Pass, Durchschnitt vom Münsterthale zum Innthale bei Zernez.

Von Cierfs abwärts herrscht erst Verrucano, dann Gneiss in grosser Einförmigkeit. Desto wechselnder sind die Gebirgsverhältnisse aufwärts gegen den Pass Sür Som und von hier bis Zernez. Oberhalb Cierfs zieht sich die Strasse zunächst über die Verebnung einer von den Gehängen des Piz Daint abstammenden grossartigen Schutthalde bis zu einer aus Gyps und Rauhwacke bestehenden Steilwand -- die Fortsetzung des oben erwähnten Lagers unter der Passhöhe Costainas. In mehrfachen Windungen schlängert sich die Strasse an dieser Steilwand empor zu einer kesselartigen Einbuchtung des Gebirges von ganz eigenthümlicher Oberflächengestaltung. Zahlreiche isolirte Hügel und dazwischenliegende, kesselähnliche Vertiefungen verleihen dieser Gegend das Aussehen einer Gletscherlandschaft. Doch liegen diesem sonderbaren Landschaftsbilde ganz andere Ursachen als Gletschereinwirkungen zu Grunde. Es ist nicht zweifelhaft, dass Auswaschungen der hier in der Tiefe durchziehenden Gypslager einen Zusammenbruch der ihnen zunächst aufgesetzten Kalkschichten veranlasst haben und dass auf diese Weise dieses grossartige Trümmerfeld entstanden ist. Die an dem nördlichen Rande dieses Einbruchs hinziehende Strasse führt uns an den abgebrochenen Schichtenköpfen der fast ohne Unterbrechungen entblösten Gesteinslagen vorbei. Zunächst an den Gyps angeschlossen zeigen sich jene intensiv schwarzen plattigen Kalke, welche wir bisher überall als Vertreter des alpinen Muschelkalkes erkannt haben. Sie beherbergen eine Einlagerung von Glanzschiefer mit sehr eigenthümlichen kleinen Muscheln, welche sonst in den Part-

nachschiefern vorkommen. Etwas weiter aufwärts gegen Sür Som geht dicht neben der Strasse eine Reihe von grauen, harten, gelbanlaufenden Mergeln und kalkigen Sandsteinen zu Tag aus, welche von Versteinerungen strotzen. Es sind Formen vom Typus der Raibler und der in der Fauna so verwandten Partnach-Schichten: *Gervillia*, *Mytilus*, *Myophoria*, *Megalodon*, *Pentacrinus* u. A. Leider ist ihr Erhaltungszustand für eine scharfe Artenbestimmung nicht geeignet und ausserdem erweist sich gerade an diesen Stellen der Schichtenverband nicht zureichend klar aufgeschlossen, um darnach diese Lumachelle einer oder der andern Stufe zuzutheilen. Ich möchte sie mit mehr Wahrscheinlichkeit den Raibler-Schichten zuweisen, weil an dem benachbarten Steilgehänge zum Pass Sür Som und auf diesem selbst schwarze dolomitische Kalke mit zahlreichen Durchschnitten von Versteinerungen, namentlich von grossen *Gyroporellen* darunter anstehen, die über den Fischechiefern ihre Stelle einzunehmen pflegen.

Vom Pass abwärts gegen das Ofenwirthshaus halten ähnliche schwärzliche Kalke bis an die Thalenge unterhalb der Alpe Buffalora an, wo darunter wieder rothe und grüne Sandsteine in Begleitung grobbröckigen Verrucano's sich herausheben. Diese Schichten haben eine auffallende Aehnlichkeit mit den gleichstehenden Bildungen in den Bergamasker Alpen. Von hier an breitet sich mächtiger Gehängeschutt über die Thalterrasse aus und man sieht nur von Ferne an den Gehängen den schwarzen Kalk in einer ausgesprochenen Felsrippe fortlaufend sich hinziehen. Erst unterhalb des Ofenwirthshauses Ilg Fuorn hat der Umbau der Strasse die Reihe der rothen Sandsteine mit zwischengelagertem, rothem Lettenschiefer und mit vereinzelt Bänken von Verrucano prach-

voll blossgelegt. Diese Schichten, typischen Werfener Schiefer gleich, stehen auch noch an der Brücke, wo der Weg nach Livigno sich abzweigt, in grossartigen Entblössungen an. Sie werden unmittelbar von intensiv schwarzen, wohlgeschichteten, dünnbankigen Kalken, welche reichlich *Gyroporella pauciforata* umschliessen, überlagert. In Folge wellenförmiger Biegung der Schichten durchschneidet die Strasse die gleiche Aufeinanderfolge der rothen Werfener Schichten und des schwarzen Muschelkalkes, die dann mit der Strasse fortstreichend weithin bis in die Nähe des Seitenthales Ova da Spin anhalten und hier mit dem Gestein sehr innig verwachsene, weissschalige Versteinerungen in ziemlicher Menge beherbergen, zu wiederholten Malen. In der Nähe von Ova da Spin legen sich darüber graue Mergelschiefer mit sandigen Zwischenlagen und mit Einschlüssen von *Bactryllien* und jenseits d. h. westlich vom Graben mächtige Bänke von gypsführende Rauhwacke an. Es begleiten uns dann wieder in grossartiger Mächtigkeit schwarze, dolomitische, weissgeaderte, splittrigbrechende versteinungsführende, namentlich *Gyroporellen* in grosser Menge umschliessende Kalke mit Zwischenlagen schwarzen, dünngeschichteten, harten Mergels durch das Champ sech bis in die Nähe des Seitenthälchens Val Laschadura, wo die mergeligen Zwischen-schichten wieder *Bactryllien* enthalten. Leider stossen wir hier auf sehr ausgedehnten Gehängeschutt, welcher das anstehende Gestein verhüllt, bis wir gegen Zernez hin plötzlich wieder das Gebiet der krystallinischen Schiefer betreten haben. Die Werfener Schiefer und der Verrucano, die in dieser Gegend durchsetzen müssen, sind hier überdeckt.

Die krystallinischen Schiefer nehmen in vielfach

gewundenen und wechselnden Schichtenstellungen von hier an das ganze Gebirge bis nach Zernez in Beschlag. Es sind vorherrschend glimmerreiche Gneisse, die nicht selten in Augengneisse übergehen und mit hornblendigen und dioritischen Schiefeln vielfach wechsellagern. Auch Strahlsteinschichten, körniger Urkalk und, was besonders hervorgehoben zu werden verdient, ganz in der Nähe des alten Mauerwerkes „La Serra“ typischer Eklogit betheiligen sich an der Zusammensetzung dieser Zone des Urgebirges.

Auch in diesem Durchschnitte vom Münster- bis zum Innthale bei Zernetz giebt sich ganz dieselbe Zusammensetzung und Gliederung des Kalkgebirges zu erkennen, welche wir in den Durchschnitten am nördlichen Gebirgsfusse bei Tarasp nachgewiesen haben. Was in diesen Schichten besonders auffällig erscheint, ist der relative Reichthum an Versteinerungen, von denen bisher kaum mehr als Spuren bekannt geworden waren.

Auch im Oberengadin begegnen wir ganz den gleichen geologischen Verhältnissen. Es dürfte zu dieser Nachweise genügen, nur eines der Profile aus den Kalkbergen dieser oberen Gegend etwas eingehender zu beschreiben.

### **Chiamuerathal bei Ponte.**

Unterhalb Ponte bilden Gneisschichten den Fuss des rechtsseitigen Innthalgehänges. An der Brücke von Campovasto werden dieselben durch Sericitgneiss-ähnliche Trümmergesteine ersetzt, welche als Verrucano anzusprechen sind. Die unmittelbar hangenderen Schichten werden hier in dem Seitenthale durch Schutt verdeckt. Aus benachbarten Profilen wissen wir, dass es rothen Sandstein- und Lettenschiefer

vom Typus der Werfener Schiefer sind, welche diese Lücke ausfüllen. Nach wenigen Schritten im Thale aufwärts stehen wir bereits vor intensiv schwarzen, weisspunktirten, wohlgeschichteten Kalken, deren narbenartig unebene Schichtenflächen mit einem Ueberzug glänzenden schwarzen Mergels versehen sind und an der Ausfläche gelb anwittern. Auch Hornsteinknollen stellen sich in den *Gyroporellen*-führenden und an Einschlüssen von *Terebratula vulgaris*, sowie an *Crinoideen* nicht armen Kalke ein, den wir sicher als alpinen Muschelkalk (Virgloriakalk) ansprechen dürfen. Alle diese Schichten fallen widersinnig thaleinwärts nach SO. ein, erlangen aber keine beträchtliche Mächtigkeit. Denn bald legen sich schwarze und graue Mergelschiefer und schieferige mergelige Kalke gleichförmig darüber an. Zahlreiche Versteinerungen vom Typus der Wengener Schichten lassen keinen Zweifel, dass wir hier in diesem Horizonte stehen, was auch durch ganz eigenthümliche, oolithisch ausgebildete Einlagerungen bestätigt wird. Stark zerklüftete, grau streifige, rostig beschlagene dolomitische Gesteine setzen die Reihenfolge der Schichten nach oben fort. Sie erreichen eine beträchtliche Mächtigkeit, bis sich thalaufwärts über denselben schwarze und graue Mergelschiefer mit schwarzen Hornsteinen, rothe, breccienartige Zwischenlagen und graue Sandsteinschiefer mit Pflanzentrümmer einstellen, welche leider wegen des Mangels an deutlichen Versteinerungen nicht mit Sicherheit einer bestimmten geologischen Stufe zuzuweisen sind. Wahrscheinlich vertreten sie, wie die rothen Schiefer am Südgehänge des Piz Lischanna und Val Seesvenna, die Raibler Schichten und die darunter gelagerten Kalke würden demnach mit dem Wetter-

steinkalke sich in Parallele stellen lassen. Dass die darauffolgenden, ungemein mächtigen, grauen Dolomite, welche bis zum Piz Messem emporreichen, dem Hauptdolomit entsprechen, ist kaum zu bezweifeln. Wir steigen auf  $1\frac{3}{4}$  Klm. Länge im Thale über dieses dolomitische Gestein aufwärts und gelangen endlich an eine Stelle, wo eine röthlich-, graue und weissliche Kalkbreccie mit Crinoideen von der Höhe bis zur Thalsole herabzieht. Es ist dies der liasische Crinoideen-Kalk des Piz Triazza. Ob auch hier rhätische Zwischenschichten, wie es wahrscheinlich der Fall ist, vorkommen, konnte wegen des Gehängeschutts nicht ermittelt werden. Das Hauptinteresse in diesem so lehrreichen Profile concentrirt sich auf die nun folgende Zone sehr mächtiger, grauer Mergelschiefer, mit welchen alle die verschiedenen Gesteine, die Mangan-Fleck- und Kalkhornsteinschiefer auftreten, welche in den liasischen sog. Algäuschichten vorkommen und die wir als Unterlage des Lischanna Gletschers bereits kennen gelernt haben. Auch fehlen Algen-Einschlüsse nicht; aber das Gestein hat sonst auch hier keine entfernte Aehnlichkeit mit dem, was man in der Ostschweiz Bündner Schiefer genannt hat.

Besonders merkwürdig sind die liasischen schwarzen Manganschiefer von ganz der gleichen Beschaffenheit, wie wir sie im Algäu so reichlich vertreten finden.

Der Manganschiefer vom Chiamuera-Thale hat folgende Zusammensetzung:

A. in Essig-äure gelöst 40,09%	B. Ungelöster Rest 59,91%	C. Im Ganzen Bauschanalyse 100,00
Kohlensaurer Kalk 28,28	Kieselsäure . . . 71,86	43,12
„ Bittererde . . 8,54	Thonerde . . . 13,86	8,32
„ Manganoxydul 2,31	Eisenoxyd . . . 1,88	1,13
„ Eisenoxydul . 0,96	Eisenoxydul . . . —	0,54
40,09	Manganhyperoxyd . 2,38	1,43
	Manganoxydul . . —	1,88
	Kalkerde . . . 0,11	16,06
	Bittererde . . . 3,05	5,90
	Kali . . . . . 2,70	1,62
	Natron . . . . . 0,30	0,18
	Wasser . . . . . 1,88	1,12
	Bitumen . . . . . 1,69	1,01
	Kohlensäure . . . —	18,25
	100,71	100,56

Diese Liasschiefer reichen bis gegen den Piz Arpiglia hinauf und biegen sich noch weiter aufwärts mit vielen zickzackförmigen Windungen in eine NO. Einfallrichtung um, so dass in den höheren Thalstrecken bei der zweiten Alpkütte bis zum Casanna-Passe dieselben Schichten, aber in umgekehrter Folge wieder zum Vorschein kommen, denen wir in den tieferen Theilen des Thales begegnet sind. Doch schneiden hier die Kalkgebirgsschichten unregelmässig an dem sich bei Serlas vorlagernden Urgebirge ab. Also auch hier haben wir dieselbe Einkeilung des mächtigen Kalkstockes zwischen die krystallinischen Schiefer, wie im Unterengadin.

Werfen wir noch einen flüchtigen Blick auf die westliche Fortsetzung des Kalkgebirges zwischen dem Inn und Landwasserthale, so zeigt sich, dass von Ponte an durch eine ostwestlich verlaufende Verwerfungsspalte das ältere krystalli-

nische Gebirge von dem nördlich angeschlossenen Kalkgebirge geschieden wird. Es ist dieselbe Vergesellschaftung von knotigem Glimmer- und Augengneiss mit hornblendigem, chloritischem Schiefer und grünem Granit wie unterhalb Ardez und an der Platta mala bei Remüs, welche diese Grenzzone über den Albulapass bis Vaz bildet. Auch fehlen die Gypseinlagerungen in diesem Zuge nicht (Crusch, Weissenstein). Von Vaz über Bergün bis Filisur durchbricht die Albula das Kalkgebirge in seinen vielfach verschlungenen Wendungen in der Quere, so dass die verschiedenen Glieder desselben zu wiederholten Male durch das Thal streichen. Wir erkennen darin die gleichen Gesteinsschichten wie im Unterengadin.

Oberhalb Bellaluna wird auf der Karte das Vorkommen von Porphyry angegeben. Ich konnte hier, wie auch am Sandhübel bei Wiesen, nichts anderes, als porphyrähnliches, aber deutlich geschichtetes Trümmergestein der Verrucano-schichten beobachten. Zwischen Bellaluna und Filisur erkennt man deutlich den allmählichen Uebergang von dem groben Verrucano-Conglomerat in den feinkönigen Sandstein der Werfener Schichten, auf welchen Filisur selbst steht. Schicht für Schicht treten von hier bis zur Landwasserbrücke die unmittelbar aufgelagerten Muschelkalkschichten der Reihe nach zu Tag. Es sind tiefschwarze Kalke, z. Th. dolomitisch, z. Th. mit Hornsteinknollen und voll von *Encrinus*-Stielen. Auch *Terebratulula vulgaris*, *Lima* und *Pentacrinus* Reste fehlen nicht. Oberhalb der Brücke ist Rauhwanke mit Gyps zwischen den rothen Sandstein und schwarzen Kalk eingeschaltet. Es ist sehr bemerkenswerth, dass alte Bergbaue auf Bleierze bei Filisur, so wie weiter

aufwärts zwischen Monstein und Jenisberg auf Erzlagersätten in denselben Schichten geführt wurden, wie im Scarlthale. Auch fand ich am sog. Bärenboden oberhalb Wiesen zwischen dem schwarzen Kalk eingelagert schwarze, dünnblättrige Schiefer mit Fischresten, wie in Val Triazza. Diese wenigen Andeutungen, die weiter auszuführen hier nicht der Raum gegeben ist, dürften genügen, um anzudeuten, dass die völlig gleiche Ausbildung und Entwicklung der Trias- und Lias-schichten sich über das ganze Gebiet der südöstlichen Schweiz verbreitet.

Aber auch in Bezug auf die Lagerungsverhältnisse, namentlich in Bezug auf das Eingekeiltsein der Kalkschichten zwischen den Urgebirgsschiefern, stossen wir in den verschiedenen Theilen der Schweiz auf eine merkwürdige Uebereinstimmung.

Wir haben solche Kalkkeile und -Falten zwischen krystallinischem Schiefer im Unterengadin, namentlich in Val d'Assa und Val d'Uina mehrfach kennen gelernt. Sie sind, wenn auch versteckter, doch nicht weniger scharf ausgeprägt, als jene durch Balzer's vortreffliche Schilderung berühmt gewordenen Erscheinungen am Gstellhorn, auf die wir des Vergleichs wegen einen flüchtigen Blick werfen wollen.

### **Die Kalkkeile des Gstellhorns.**

Ein zweimaliger Besuch der Gstellhorn-Gruppe hat mir Gelegenheit gegeben, einige Beobachtungen zu machen, welche trotz der klassischen und erschöpfenden Schilderung Prof. Balzer's, wegen des Zusammenhangs und der Analogie mit Engadiner Verhältnissen nicht ohne allgemeines Interesse sein dürften.

Bei Innertkirchen herrschen ununterbrochen über das Burget bis Schrötten im Urbachthale durchweg die gleichen schuppigschiefrigen Glimmer-Gneisse mit z. Th. chloritischen z. Th. sericitischen Beimengungen. Einzelne Zwischenlagen sind körnig, granitartig zusammengesetzt, andere gehören den Augengneissen an. Eine Art Gneissbreccie beobachtet man auf der Höhe des Burget. An den Felswänden oberhalb der Alpe „im Wald“, zeigen sich mächtige Einlagerungen eines oft blendendweissen, dichten und doch dünn geschichteten sericitreichen Quarzschiefers. Alle diese Schichten fallen ziemlich constant in St. 1 — 3 mit 50 — 60° nach SW. ein und diese Schichtenneigung hält, wie auch die Gesteinsbeschaffenheit, in gleicher Weise über das Thalgehänge bis zum Laucherli und den Kalkfalten an. Es zeigt sich in diesem ganzen Verbreitungsgebiete durchweg derselbe Gesteinswechsel und dieselbe Textur der Gneiss-schichten, welche es keinen Augenblick zweifelhaft erscheinen lassen, dass die chloritische oder sericitische Beschaffenheit des Gneisses an der Grenze der Kalkeinlagerungen mit dem Gebirgsdruck oder der Nähe der Kalkschichten in keinem Zusammenhange stehen. Es ist ganz deutlich zu erkennen, dass das Verhältniss der Verkeilung von Gneiss und Kalk nichts an der petrographischen Eigenthümlichkeit der krystallinischen Schiefer ändert. Dagegen erweisen sich die Gneiss-schichten, wo sie in dünnen Falten auslaufen, stark mechanisch zertrümmert und in den einzelnen Trümmerstücken verschoben, wie die unendlich vielen, das Gestein durchziehenden, kleinen Rutschflächen beweisen. Die Klüftchen, an welchen die einzelnen Theile des Gneisses an einander verschoben wurden,

sind mit dem gewöhnlichen, glänzenden, theils glimmerigen, theils chloritischen Rutschflächenbelegt überzogen, wohl auch öfters durch neugebildete Mineralien wieder verkittet. Gewinnt in der Lage dieser Rutschflächen eine parallele Richtung die Oberhand, so entsteht daraus eine Art quer zur Schichtung verlaufende Schieferung, welche auch in den kalkigen Gesteinen sich wiederholt, und namentlich da zum Vorschein kommt, wo dünngeschichtete mergelige Schiefer zwischen dickeren Kalkbänken gelagert sind.

Diese Art der Schichtenstörung beschränkt sich übrigens auf eine nur wenig mächtige Zone der Gesteine längs der Grenzen der Schichtenzusammenfaltung. In geringer Entfernung von dieser Grenze erweisen sich die Gneiss- und Kalkschichten in ihrer ganz normalen Beschaffenheit unverändert. Dass aber die Verquetschungen des Gesteins bei den kalkigen Zwischenbildungen weniger deutlich in die Augen fallen, hat seinen Grund darin, dass die unendlich zahlreichen Risse und Klüftchen derselben durch Kalkmaterial wieder vernarbt wurden und sich uns bei flüchtigem Ansehen wenig vor der Hauptmasse des Gesteins bemerkbar machen. In Dünnschliffen lassen sie sich dagegen immer sehr deutlich erkennen und unterscheiden.

Zusammenfaltungen der Schichten gehören in den Alpen zu den gewöhnlichsten Erscheinungen. Man beobachtet sie vielfach in noch bizarreren Formen, als jene sind, welche am Gstellhorn uns zu Gesicht kommen. Das Besondere der Letzteren besteht nur in der ungewöhnlichen und unmittelbaren Vergesellschaftung der Urgebirgsschichten mit Kalk, sowie in der engen und langausgezogenen Faltung der beiden Gesteinssysteme, wie wir dieselbe ganz analog

auch im Unterengadin kennen gelernt haben und wie sie im Gebirgsstocke des Gstellhorn innerhalb der ungemein mächtigen Hochgebirgskalke selbst gegen das Engelhorn zu öfteren Malen sich wiederholt.

Die Bewegung, durch welche die sich begrenzenden Urgebirgs- und Kalkgesteine in einander geschoben und gepresst worden sind, hat ihre Wirkung in der bizarren Form der Zusammenfaltung desshalb auf die Grenzregion beschränkt, weil in dieser sowohl die aus Gneisschichten bestehende Unterlage, auf welche die kalkigen Sedimente sich abgelagert haben, gegen Aussen geringere Festigkeit besass, stärker zerklüftet und gelockert, daher leichter beweglich und verschiebbar war, als auch desshalb, weil die unmittelbar auf diesem alten Meeresboden abgesetzten Sedimente durch die reichlichen Zwischenlagen von thonigen Schichten der bewegenden Kraft geringen Widerstand entgegensetzen konnten, während die Hauptmasse des unterlagernden Urgebirgs und des ihm aufruhenden Kalkstocks wegen ihrer Massenhaftigkeit in ihren Schichten weniger leicht verschoben werden konnten. Diese Zusammenfaltung der Grenzschichten hat sich übrigens, ohne von grossartigen Verwerfungen begleitet zu sein, vollzogen, wie dies Prof. Balzer ganz richtig hervorhebt. Im Kleinen sind aber derartige Verwerfungen und Verschiebungen an allen Kalkkeilen wahrzunehmen. Sie machen sich durch das ungleichförmige Aneinanderstossen verschiedener, durch Querklüfte zersprengter Theile der Kalkfalten bemerkbar. Von diesen Verschiebungen legen auch die häufigen Rutschflächen Zeugnis ab, welche die Kalkbänke durchziehen. Nicht selten vollzogen sich solche Verschiebungen auf den Schichtenflächen selbst

In diesem Falle zeigen sich diese von parallelen Streifen dicht bedeckt und mit einem glimmerig glänzenden, thonigen Ueberzug überrindet. Am schönsten ist dies an dem sogenannten dritten Gneisskeil zu sehen, wo zwischen den beiden Gneissenden der weissliche, zickzackförmig gebogene Dolomit deutlich zerstückelt sich erweist, während der auflagernde schwarze Schiefer, der zwischen die Gneissenden hineingepresst ist, in den bizarrsten Windungen sich hindurch zieht, ohne merkliche Zerreibungen erkennen zu lassen. Dieses thonige Gestein besass nämlich einen hohen Grad von Plasticität, aber sicher nicht an sich, sondern nur in Folge einer gewissen Durchfeuchtung. Aehnliche Wahrnehmungen lassen sich auch an dem prächtigen Aufschluss, an der sog. Mauer im Urbachthale, machen, wo man den mechanischen Vorgang der Faltung und seitlichen Verschiebung handgreiflich genau verfolgen kann, indem es hier leicht gelingt, über das windisch gebogene Gestein Schicht für Schicht an der Wand empor zu steigen. Auch der Verkeilung von Gneiss und Kalkschichten unter dem Gstellhorn liegt im Grossen die gleiche Zusammenfaltung, wie an der Mauer, zu Grunde, von der wir jedoch hier nur den durch das Gehänge bewirkten Profildurchschnitt sehen, während der Haupttheil der gefalteten Gesteine ins Innere des Gebirges fortsetzt und unsichtbar ist. Oft sind es selbst nur die äussersten zusammenlaufenden Enden solcher Falten, welche in den Durchschnitten als langegezogene, schmale Zungen zu Tage treten, während gegen das Innere des Gebirges die Faltenflügel sich erweitern und mächtige Gebirgsstöcke zwischen sich fassen. In analoger Weise sind auch die isolirt, mitten in den Kalkschichten vorkommenden Gneisschollen

zu deuten. Es sind die durchschnittenen Enden von Gneisskeilen oder Falten, die gegen das Innere des Gebirges hin ihre Fortsetzung haben und hier mit der Hauptmasse des Urgebirges zusammenhängen. In anderen Fällen mögen es die Reste von früher nach aussen verlaufenden Gneissfalten sein, deren Hauptmasse durch spätere Denudation zerstört worden ist, sodass der ursprüngliche Zusammenhang mit den benachbarten Gneisschichten aufgehoben worden ist.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Untersuchung der Schichten an den Stellen der stärksten Krümmung ihrer Falten gewidmet. Eine bruchlose Biegung der Kalkbänke konnte nirgends beobachtet werden, vielmehr zeigte sich das Gestein in dem Maasse stärker verklüftet und zwar in den Faltenumbiegungen von radial verlaufenden Spalten um so häufiger durchzogen, je kleiner der Krümmungsradius d. h. je stärker sich die Zusammenfaltung erweist. Dabei lässt sich bei den stärkeren Klüften sehr häufig eine wenigstens kleine Verschiebung oder Verrückung der zersprengten Schichtenstücke, häufiger eine Art Schleppung wahrnehmen. Bei dem Aufschluss „an der Mauer“ fand ich an einer Stelle zugleich eine deutliche Reibungsbreccie entwickelt. Die thonigen Zwischenschichten sind im Gegensatze zu den starren Kalkbänken häufig quer geschiefert oder in zickzackförmigen Lamellen zusammengestaucht.

Ganz analog sind die Verhältnisse der Zusammenfaltung von Gneiss und Kalkschichten im Unterengadin, nur dass hier die Falten weniger schmal ausgezogen erscheinen und in ihren grossen Biegungen von dem Thaleinrissen meist quer durchschnitten nicht jene sonderbaren Umrisse aufzuweisen, wie die nur einseitig angeschnittenen Falten am

Gstellihorn. Die mechanischen Vorgänge sind hier wie dort ganz die gleichen gewesen.

### **Die Bündner Schiefer.**

Unter Bündner Schiefer versteht man eine Reihe grauer und schwarzer, meist Phyllit-ähnlicher, oft glimmerartig glänzender Thonschiefer, welche hauptsächlich in den nördlichen und mittleren Gebirgen Graubündens verbreitet, vom Vorderrhein sich bis zum Innthal fortziehen und hier ostwärts auf eine beträchtliche Strecke nach Tirol hinüberstreichen. Sie finden sich auch auf den Passhöhen des Wormser Joches und bilden den Südfuss, auf welchen der Kalkstock des Ortler's aufgesetzt ist. Mit diesen Thonschieferschichten wechsellagernd stellen sich dicke Bänke von Grauwacke ähnlichen, kalkigen Sandsteinen und von grauen Kalksteinen ein; seltener, wie bei Tiefenkasten, treten sehr vereinzelte Conglomeratlagen hinzu. Linsen, Streifen, Bänder und Flasern von derbem Quarz und von Kalkspath gehören zu den gewöhnlichen Einlagerungen im Schiefer. Ebenso häufig sind Klüfte von diesen Mineralmassen namentlich von Kalkspath gang- und aderartig ausgefüllt. Streckenweise geht diese Gesteinsbildung in Glimmerschiefer-artige Schichten und in grüne chloritische Schiefer, selbst in sericitischen Gneiss so allmähig über, dass es schwer hält, eine feste Grenze zwischen diesen Abänderungen zu ziehen. Manche ziemlich mächtige Lagen sind so reich an kohligem Beimengungen, dass die Schiefer schwarz gefärbt erscheinen, russig abfärben und insbesondere durch ihre weiche Beschaffenheit sowie durch ihre leichte Verwitterbarkeit in auffallender Weise sich bemerkbar machen. Sie gewinnen

ein Alaunschiefer-ähnliches Aussehen. Dabei verdient hervorgehoben zu werden, dass' die sonst mit solchen Schichten häufig vergesellschafteten Kieselschiefer oder Lydite in diesem Gebiete völlig fehlen. Besonders auffallend sind die vielen Biegungen, Windungen und oft höchst bizarren Faltungen, welche in allen diesen Gesteinslagen ungemein häufig vorkommen. Nicht selten liegen solche stark gewundene und zusammengefaltete Schichten in Mitten regelmässig gelagerter Gesteinszonen. Es ist daher nicht zweifelhaft, dass diese Biegungen nicht als Folgen eines allgemeinen grossen Gebirgsschubs, wie er bei der Ausbildung der Berge im Ganzen wirksam war, aufzufassen sind, sondern Bewegungen andeuten, welche sehr frühzeitig bei dem Verfestigungsprocesse der noch weichen Gesteinsmassen sich vollzogen haben. Bei dieser Pressung und Spannung, welche in einzelnen leichter biegsamen Schichtencomplexen stärker hervortraten, als bei anderen, entstanden Aufblätterungen und Höhlungen, in welche Quarz- und Kalkspath von dem circulirenden Gewässer infiltrirt und abgesetzt wurden. Es sind dies die oben erwähnten Quarz- oder Kalkspath-Linsen und -Flasern, welche, viel später entstanden, von den Knickungen und Windungen der sie einschliessenden Schichten unberührt geblieben sind, daher trotz ihrer oft bizarren äusseren Umrisse, weder zertrümmert, noch in ihrer inneren Masse gebogen sich zeigen, wie es der Fall sein müsste, wenn sie vor der Biegung der Schichten schon vorhanden gewesen wären und nächträglich mit gefalten worden wären. Mit dieser Zusammenbiegung der Schichten steht auch jene für ältere Thonschiefer so charakteristische Erscheinung in Verbindung, welche sich auf den Schichtenflächen bemerkbar

macht und als Parallelfaltung bezeichnet zu werden pflegt. Es sind nämlich die Schichtenflächen von vielen, sehr feinen, zarten, parallel verlaufenden, meist welligen Linien oder Fältchen bedeckt, von denen oft mehrere, nach verschiedenen Richtungen streichende Systeme neben- und übereinander auftreten. Man betrachtet sie als ein Zeichen des Zusammenziehens der Gesteinsmasse, durch welches die bei dem Festwerden derselben entstandenen Spannungen der verschiedenen, an der Zusammensetzung getheiligten Mineralkörnchen sich ausgeglichen haben. Analoge Zeichnungen sieht man zuweilen auch an den dünnen Oxydationshäutchen, mit welchen geschmolzene Metalle bei dem Festwerden sich überziehen.

Diesen das Aeussere der Bündner Schiefer auszeichnenden Erscheinungen entsprechen auch gewisse Eigenthümlichkeiten der Textur und der chemischen Zusammensetzung derselben. In Dünnschliffen gewahrt man nämlich unter dem Mikroskop in feinen, mit den Schichtenflächen parallel verlaufenden Durchschnitten neben den wirr zusammengehäuften Körnchen von Quarz-, Glimmer- oder chloritartigen Gemengtheilen, und nebenswarzen, kohligem Flocken in grösster Menge jene kleinsten schwarzen Nadelchen von Rutil, welche älteren Thalschieferbildungen eigen zu sein pflegen. Sie fehlen in keinen der zahlreich untersuchten Proben von ächtem Bündner-Schiefer, während sie in dem äusserlich oft sehr ähnlichen Liasschiefer und selbst auch in dem durch glimmerartigen Glanz mit dem Bündner-Schiefer bis zum Verwechselln ähnlichen Flysch-Schiefer aus dem Prättigau z. B. von der Cluse unfern Landquart und von Seewis vollständig mangeln. Diese kleinsten Rutilnadelchen dürften

mithin als Unterscheidungsmerkmal der Bündner Schiefer gegenüber den mit ihnen vielfach verwechselten Liasschiefer und Flyschschichten benützt werden können.

Was die chemischen Zusammensetzung anbetrifft, so giebt sich auch in dieser Richtung eine Verschiedenheit im Vergleiche zu den Lias- und Flyschschiefer der nächsten Nachbarschaft zu erkennen. Während nämlich die letzteren im grossen Ganzen so kalkhaltig sind, dass sie mit Säuren behandelt lebhaft brausen, erweisen sich die typischen Bündner Schiefer — wenn nicht zufällig Kalkspathäderchen sie durchziehen — so kalkarm oder -frei, dass sie mit Säuren nicht brausen. Uebergänge in Grauwacke-artige Schiefer und kalkigen Sandstein, welche mit Säuren brausen, kommen zwar auch häufig genug vor; sie können aber nicht als der Typus der eigentlichen Bündner Schiefer gelten.

Diese in der verschiedenen Mineral-Zusammensetzung begründeten, im chemischen Gehalte hervortretenden Unterschiede lassen sich am besten in nachstehender Nebeneinanderstellung überblicken.

Es bezeichnen bei diesen Analysen:

I. einen glimmerig glänzenden Bündner Schiefer aus dem Clozza-Thal bei Schuls.

II. einen schwarzen, abfärbenden Bündner Schiefer von der Felswand unterhalb Baraigla bei dem Kurhaus Tarasp.

III. einen grauen Liasschiefer vom Lischanna.

IV. einen griffelförmig brechenden Liasschiefer aus Bergün.

V. einen glimmerig glänzenden Flyschschiefer von der Cluse am Eingang in das Landwasserthal.

Bestandtheile	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . . . .	43,56	46,50	47,54	24,16	33,97
Titansäure . . . .	1,40	1,95	Spur	Spur	Spur
Thonerde . . . .	28,60	28,60	17,27	5,16	5,75
Eisenoxyd (u. Oxydul)	7,68	14,40	3,82	1,03	3,60
Kalkerde . . . .	0,67	0,45	14,56	34,76	28,13
Bittererde . . . .	5,76	0,64	0,90	3,32	0,43
Kali . . . . .	5,56	2,40	0,63	1,08	1,83
Natron . . . . .	1,08	0,40	0,59	0,36	0,84
Kohlensäure . . . .	2,62	Spur	11,69	28,96	21,30
Kohlige Bestandtheile	Spur	1,15	0,50	0,44	2,50
Wasser . . . . .	3,86	4,90	2,50	1,12	1,75
Summe	100,79	101,39	100,00	100,39	100,30

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich sofort, dass in chemischer Beziehung die vielfach unter der Benennung Bündner Schiefer vereinigten Gesteine eine wesentlich verschiedene Zusammensetzung besitzen. Die älteren ächten Bündner Schiefer zeichnen sich durch den Mangel an Kalkcarbonat und den Reichthum an thoniger Substanz vor den jüngeren, dem äusseren Ansehen ähnlichen Lias- und Flyschschiefer, welche grosse Mengen von Kalkcarbonat enthalten, aus, abgesehen von dem Gehalt an Titansäure, welcher auf die reichliche Beimengung von Rutilnadelchen im Bündner Schiefer hinweist.

Von besonderen Interesse sind die kohligen Beimengungen, welche dem Bündner Schiefer die graue, oft selbst schwärzliche Färbung verleihen. Ich habe den abfärbenden, schwärzlichen Schiefer, von welchem unter II die Ergebnisse einer Analyse oben mitgetheilt wurden, in dieser Richtung einer weiteren Untersuchung unterzogen. Man erhält die kohligen Beimengungen ziemlich rein, nur mit Rutilnadelchen vermenget, wenn man feine Schüppchen des Gesteins längere

Zeit mit Flusssäure behandelt. Der Rückstand besteht aus tiefschwarzen kohligen Fäserchen und Schüppchen, welche auf Papier gestrichen nicht jenen eigenthümlich schimmernden Strich liefern, welcher dem Graphit eigen ist. Auch verbrennt die kohlige Substanz ziemlich leicht. Die Beimengung ist also nicht graphitisch. Dies bestätigt auch die weitere Untersuchung. Behandelt man nämlich den kohligen Rückstand mit Schwefelsäure, so färbt sich diese rasch roth. Wenn man dagegen chloresaures Kalium und Salpetersäure, jene Mischung, welche man anwendet, um in Mineralkohlen die organische Struktur zum Vorschein zu bringen, auf die Substanz einwirken lässt, so nimmt die Flüssigkeit nach und nach eine gelbliche Färbung an und die kohligen Theilchen selbst entfärben sich allmählig fast vollständig. Nur vereinzelte Fäserchen widerstehen hartnäckig der zersetzenden Wirkung der Bleichflüssigkeit. Dieses Verhalten gleich so ziemlich jenem, welches gewisse anthracitische Kohlen bei gleicher Behandlung wahrnehmen lassen, wenn sie in der Mitte zwischen ächtem Anthracit und Carbonkohle stehen. Solche Versuche lassen darüber keinen Zweifel, dass diese Beimengung der Reihe jener kohligen Substanzen angehört, welche in den ältesten paläolithischen Schichten aufzutreten pflegen. Die weitere mikroskopische Untersuchung der gebleichten Substanz vervollständigt den Beweis, dass sie aus dem organischen, insbesondere aus dem Pflanzenreiche abstammt, indem sich, wenn auch spärlich, eine zellige Structur erkennen lässt.

Durch alles Dieses ist, wie ich glaube, der vollständige Nachweis erbracht, dass die typischen Bündnerschiefer weder als Modifikationen von Phyllit, noch als metamorpho-

sirte jüngere Schiefer betrachtet werden dürfen, vielmehr ihre Stellung in der Reihe der paläolithischen Schichten finden. Welchem System in der paläolithischen Reihe sie jedoch zuzuweisen sind, darüber lässt sich, soweit unsere Kenntnisse bis jetzt reichen, nichts Näheres angeben. An natürlichsten erscheint es indess, sie, nach ihren Lagerungsverhältnissen zu den benachbarten krystallinischen Bildungen, als cambrische Schichten aufzufassen.

Zweifellos organische Einschlüsse, welche dem unbewaffneten Auge als solche sich zu erkennen geben, enthalten die Bündner Schiefer im Ganzen nur selten. Theobald giebt das Vorkommen von Algen (*Fucoiden*) an ziemlich zahlreichen Stellen an. Ich selbst habe solche bei Nauders, an der Schynstrasse bei Tiefenkasten und in den Gräben bei Obervaz gesammelt. Diese organischen Ueberreste sind aber so dürftig erhalten und von so unbestimmten Umrissen, dass sie sich zur Bestimmung des Alters der sie beherbergenden Schiefer nicht benützen lassen. Nur soviel dürfte aus ihrem Vorkommen zu schliessen sein, dass die Schichten nicht der Urgebirgs- oder archäolithischen Reihe angehören. Anders verhält es sich allerdings mit den Algeneinschlüssen im Prättigau am Ausgang des Landwasserthales und gegen das Rhätikon hin. Es sind das ächte Flysch-*Chondriten* in stark kalkhaltigen Flyschschiefern, die man mit typischem Bündnerschiefer nicht verwechseln darf. Die Flyschschichten scheinen hier südwärts mit dem petrographisch sehr ähnlichen Bündner-Schiefer, der im Schalfik-Thale noch bei Castiel bis gegen Langwies hin in normaler Beschaffenheit von mir beobachtet wurde, unmittelbar zusammen-

zu stossen und sind von letzterem in diesem Gebiete örtlich nur schwierig abzugrenzen.

Was die übrigen, im Bündner Schiefer angeführten Versteinerungen, namentlich die von Theobald vom Churwaldner Faulhorn erwähnten *Belemniten*, dann die *Gryphaeen*-ähnlichen Reste am Fusse des Stätzer-Horns und das *Equisetum liasicum* aus dem Clozza-Thale bei Schuls anbelangt, so herrscht über deren Natur und Vorkommen berechtigter Zweifel. Die *Belemniten* des Faulhorns, deren Originale ich in der Churer Sammlung sah, sind meiner Ansicht nach, nichts Anderes als Gesteinswülste ohne organische Structur. Bezüglich der angeblichen *Gryphaeen* ist zu bemerken, dass, falls sie wirklich als solche sich erweisen würden, es nicht ausgeschlossen ist, anzunehmen, sie seien auf sekundärer Lagerstätte im angeschwemmten Schutt gefunden worden. Aehnliches gilt von dem *Equisetum* bei Schuls, welches von Dr. Moos gesammelt, leider in der Churer Sammlung sich nicht vorfindet. Ich habe das Val Clozza mit peinlicher Sorgfalt durchsucht, ohne auf irgend eine Spur solcher Einschlüsse zu stossen. Vielleicht stammt dieses Stück gleichfalls aus dem dort an den Gehängen auf sekundärer Lagerstätte angehäuften Gesteinschutt aus den Liasschichten des gegenüber sich öffnenden Val Triazza und aus dem Lischanna Gletschergebiete, wo Liaschiefer in grosser Ausdehnung auftreten.

Jedenfalls reichen diese organischen Einschlüsse nicht zu, um die von Theobald zur Geltung gebrachte Ansicht zu begründen, dass die Bündner Schiefer Modifikationen von liasischem Algäuschiefer seien. Dagegen spricht, wie bereits früher angeführt wurde, die petrographische und

chemische Verschiedenheit beider Gesteine selbst in jenen Gegenden, in denen sie, wie im Unterengadin, in nächster Nachbarschaft in ganz typischer Entwicklung neben einander auftreten — am Innthalrande die Bündner Schiefer, unter dem Lischanna-Gletscher und am Piz Triazza die versteinungsreichen Liasschiefer --. In den seltenen Fällen, in welchen Bündner- und Lias-Schiefer unmittelbar aneinander stossen, mag es Schwierigkeiten haben, beide ohne Weiteres von einander richtig zu scheiden, wie dies auch da der Fall ist, wo Flysch- und Bündner Schiefer direkt aneinander grenzen. In solchen Fällen müssen mikroskopische und chemische Untersuchungen zur Unterscheidung in Anwendung kommen. Wollte man die Bündner Schiefer etwa als durch Metamorphose veränderte Liasschiefer auffassen, so müsste dagegen bemerkt werden, dass sich im ganzen Bereich dieser Schiefer keine Anzeigen einer metamorphischen Umwandlung beobachten lassen. Es fehlen namentlich die für solche veränderte Schiefer so sehr charakteristischen Fleckschiefer. Theobald betrachtet zwar die chloritischen und hornblendigen Schiefer, welche den Serpentin begleiten und vielfach neben dem Bündner Schiefer hervortreten, als durch die Einwirkung des nach seiner Ansicht eruptiven Serpentin metamorphosirten Bündner Schiefer. Eine solche Annahme lässt sich jetzt nicht mehr festhalten, nachdem man ganz allgemein erkannt hat, dass der Serpentin selbst ein metamorphosirtes Gestein ist.

Die in schmalen Streifen längs dem Unterengadiner Innthale neben dem Bündner Schiefer fortstreichenden chloritischen, hornblendigen Schiefer und sericitischen Gneisse, welche stellenweise mächtige Massen von Serpentin, Dio-

rit und Juliergranit in sich schliessen, gewinnen für diesen Landstrich eine ganz besondere Bedeutung. Diese krystallinischen Gesteine sind Bildungen von höherem Alter, als die Bündner Schiefer, welche an der Grenze meist nicht durch Uebergänge mit denselben verbunden sind, sondern, wie sich an dem Schulser Fussweg, bei Remüs und an der Strasse nach Ardez beobachten lässt, zwar in der allgemeinen Streichrichtung fortlaufen, aber schief und ungleichförmig an ihnen abstossen. Sie lassen sich als Stellvertreter des Phyllitsystems auffassen. Das besondere Interesse, welches sich mit dem Vorkommen dieser älteren krystallinischen Schiefer, zusammen kurz als „Serpentinzone“ bezeichnet, verbunden zeigt, bezieht sich vorzugsweise auf die in denselben eingelagerten Stöcke von Gyps, wie solche an der Strasse unterhalb Ardez, bei Fettan und unterhalb Sins gegen Crusch bis zu Tag austreichen. Sie wiederholen sich in grossartiger Ausdehnung zwischen dem oberen Fimber- und Samnaun Thale und reichen bis in das Oberengadin hinauf. Dem Vorkommen dieser Gypseinlagerungen verdankt das Engadin eine der merkwürdigsten und selbst dem Auge des Laien auffallende Erscheinung und wahrscheinlich auch den grössten Schatz, den es beherbergt, seine vortrefflichen Mineralquellen.

### **Salzausblühungen.**

Wenn man von dem Kurhaus Tarasp im Thale aufwärts gegen Ardez geht, so erblickt man die an der Thal-seite hochaufragenden nackten Thonschieferfelsen über und über mit einem weissen, schneeähnlichen Anflug stellenweise ganz überdeckt. Es sind dies Ausblühungen von Salzen,

welche in Form feiner nadelförmiger Kryställchen aus den durch die Gesteinsklüfte vordringenden Gewässer bei ihrem Verdunsten an der Oberfläche der Felsen in erstaunlichen Massen abgesetzt werden. Derartige Absätze, welche den Felswänden das Aussehen verleihen, als seien sie mit einer dünnen Schneedecke überkleidet, finden sich häufig auch in den Seitenschluchten des Thals in Val Clozza, Chialzina, Spadla, Sinestra u. s. w. Sie gehören in dieser Gegend zu den häufigsten, aber auf gewisse Gesteinsstriche beschränkten Erscheinungen. Auch unterhalb Tiefenkasten habe ich sie beobachtet.

Man nimmt allgemein an, dass diese Salze in Folge von Zersetzungsprocessen des Thonschiefers dadurch entstehen, dass der in diesen enthaltenen Schwefelkies, indem er unter dem Einfluss von Luft und Feuchtigkeit sich oxydirt, schwefelsaure Salze bildet, welche an den Felswänden auswittern. Nichts ist irrthümlicher, als diese Vorstellung, welche weder in der Zusammensetzung der Ausblühungssalze, noch in der Beschaffenheit des Gesteins eine Stütze findet. Die Salze bestehen nämlich fast ausschliesslich aus Bittersalz (Magnesiumsulfat) mit ganz spärlicher Beimengung von Gyps, Natriumcarbonat und Kochsalz, Produkte, wie sie in dieser Zusammensetzung wohl nicht aus der Zersetzung des Schwefelkieses und Thonschiefers hervorgehen können. Auch fehlt es diesem an der entsprechenden Menge von Schwefelkies, um das Salz in solcher Masse zu erzeugen, wie es hier auftritt. Wir vermissen ferner jene durch eine schwefelgelbe Färbung gekennzeichneten, eisenhaltigen Auswitterungsprodukte, welche allerorts bei der Zersetzung von Schwefelkies entstehen und an sehr vereinzelt Stellen auch

im Engadin nicht fehlen. Ferner zeigen sich die Salzausblühungen nur in der Nähe der Grenze der Thonschiefer- und der Serpentinzone; sie fehlen ausserdem auf grossen Strecken dem Thonschiefer, wie es bei der sonst so gleichmässigen Zusammensetzung dieses Gesteins unerklärlich wäre. Auch habe ich grosse Mengen des Thonschiefers untersucht und nie mehr als nur Spuren von Schwefelkies in demselben finden können.

Zu diesen negativen Beweisen kommt aber noch ein unzweideutig positiver hinzu. An dem grossartigen Gebirgsaufschlusse der Strasse nach Ardez, welcher die Gebirgs-einlagerung der Serpentinzone auf eine beträchtliche Strecke zwischen der Tasnaschlucht und dem Dorfe anschneidet, finden sich, weit von der Thonschiefergrenze entfernt, unmittelbar im Gypse selbst ungemein reiche Ausblühungen ganz desselben Salzes, wie bei dem Kurhaus Tarasp. Es kann hier keinem Zweifel unterliegen, dass das Salz an dieser Stelle mit dem Gyps vergesellschaftet vorkommt und direkt aus dieser seiner ursprünglichen Lagerstätte auswittert. Wir stellen die Analyse der Salzausblühungen an den Thonschieferfelsen bei Tarasp und aus dem Gyps an der Ardezer Strasse zusammen, aus der sich die Identität dieser Salze ohne Weiteres ergibt:

#### Salzauswitterungen.

a) aus den Thonschiefer.	b) aus dem Gyps.
Magnesiumsulphat 52,230	50,100
Wasser . . . . 47,520	48,320
Natriumcarbonat Spuren	0,600
Natriumsulphat . Spuren	Spuren
Chlornatrium . . Spuren	1,120
99,350	100,140

Es folgt hieraus, dass die ursprüngliche Lagerstätte des Bittersalzes in den Gypslinsen der Serpentinzone zu suchen ist. Aus denselben nimmt das in den Gesteinsschichten circulirende Wasser die leicht löslichen Salze auf und setzt sie, indem es durch die benachbarten weichen Thonschiefer und sehr stark zerklüfteten Gesteine hindurchdringt, bei seiner Verdunstung an der Oberfläche der Felsen wieder ab. Diesem einfachen Auflösungs- und Verdunstungsprozesse verdanken die in so erstaunlicher Menge auftretenden Bittersalzausblühungen ihren Ursprung.

Diese Erscheinung führt uns direkt zur Erörterung der Frage über die Entstehung und die Bedingungen des Auftretens der Mineralquellen, an welchen das Unterengadin so reich gesegnet ist. Ehe wir jedoch auf die nähere Darlegung der Quellenverhältnisse eingehen, mögen noch einige kurze Bemerkungen über die in der sog. Serpentinzone vereinigten Gesteine hier Platz finden. Es ist dies, wie schon erwähnt wurde, eine Reihe eng mit einander verbundener chloritischer, hornblendiger, gneissartiger Schiefer und Granite, denen die Serpentineinschlüsse noch insbesondere einen sehr eigenartigen Charakter verleihen. Diese Gesteine bilden, wie die zahlreichen Aufschlüsse auf dem Gebirgskamm vom Piz Minschun und Chiampatsch bis zum Piz Mondin beweisen, die ursprüngliche ältere Unterlage der Bündner Schiefer. Namentlich sind es die chloritischen sog. grünen Schiefer, an welche auf vielen Stellen, so auch neben der Strasse zwischen Nauders und Finstermünz, die Bündner Schiefer sich anlehnen. Am Thalrande des Inns im Unterengadin schneidet eine fast streichend verlaufende Ver-

werfungsspalte beide Gesteinsreihen gegen einander meist scharf ab, so dass der schmale Streifen der Serpentinzone hier zwischen grauem Thonschiefer und dem südlichen Kalkgebirge wie herausgedrückt und eingeschoben erscheint.

Ueber die petrographische Beschaffenheit der diese Zone zusammensetzenden Gesteine genügt es auf die vortreffliche Beschreibung Theobalds\*) zu verweisen. Auffallend ist das fast gänzliche Fehlen von Chrysotil-Adern, in dem sonst Bronzit-reichen Serpentin. Gleich hinter Vulpèra am Weg nach Avrona beobachtet man nur undeutliche Spuren dieses Minerals neben dem in Adern hier aufsetzenden Taraspit (einem ins Dichte übergehenden Eisen- und Mangan-haltigen Bitterspath). Der Serpentin ist übrigens hier so mit verschiedenen krystallinischen, insbesondere chloritischen und dioritschen Schieferen verbunden, dass er als eine Einlagerung in denselben, nicht aber als eruptives Gestein angesehen werden muss. Es bleibt jedoch schwierig zu erkennen, aus welchem ursprünglichen Gestein derselbe entstanden ist.

Vor allen zieht der höchst merkwürdige, stets grünlich gefärbte Granit dieser Zone unsere Aufmerksamkeit auf sich. Derselbe ist namentlich ausgezeichnet an der Strasse nach Ardetz, am Galgentobel und der Platta mala bei Remüs aufgeschlossen und in seinen Lagerungsverhältnissen zu beobachten. Ganz unzweifelhaft bildet er eine lagerförmige Gesteinsbildung, welche durch Uebergänge mit dem ihm benachbarten Gneiss gleichförmig vergesellschaftet ist.

Dieser meist grobkörnige Lagergranit gehört zu

---

\*) Geol. Beschreib. d. NO. Gebirge von Graubünden 1863, S. 45 - 53, dann S. 260 - 337.

jener grünlichen Abänderung an, welche seit v. Buch als Juliergranit bezeichnet zu werden pflegt und mit dem Protogin zunächst verwandt oder identisch ist.

Am Julier- und Albula-Pass enthält diese Granitvarietät deutlich erkennbare Hornblende neben grünlichen chloritischen Schüppchen, im Unterengadin dagegen herrschen die letzteren in der Weise vor, dass Hornblende nur selten sich bemerkbar macht. Was aber alle diese Granite in so hohem Grade auszeichnet, das ist die eigenthümliche Beschaffenheit des vorherrschenden, durchweg grünlich gefärbten Feldspathbestandtheils. Derselbe lässt nämlich Saussuritähnlich nur äusserst selten deutliche Spaltflächen wahrnehmen, die dann Spuren paralleler Streifung eines Plagioglasses an sich tragen. Fast durchweg ist der Bruch unregelmässig uneben, so dass das Mineral eigenartig fast dicht erscheint. Verhältnissmässig spärlich betheiligt sich ausserdem röthlichweisser Orthoklas in breitnadelförmigen Krystallen an der Zusammensetzung dieses Granits. Das Gestein ist meist sehr reich an Quarz, daher aussergewöhnlich hart. Glimmer findet sich in Form tombakbrauner oder lichtbräunlichweisser Blättchen spärlich und scheint vorherrschend, wie auch die Hornblende, durch eine grüne chloritische Beimengung ersetzt zu werden. Nur selten wurde eine gangförmige Ausbildung des Granits theils in pegmatischer Beschaffenheit, wie am Wege von Crusch nach Sur En, theils als gleichmässig körniges Gestein, wie zwischen Vulpéra und Avrona, beobachtet.

Der grünliche Plagioklasfeldspath muss, wie dies bereits vom Rath nachgewiesen hat, als z. Th. unreiner Oligoklas angesehen werden. Es wurde derselbe von

2 Fundstellen, nämlich vom Albula-Passe (I) und von Remüs (II) analysirt. Des Vergleichs wegen ist auch die Analyse vom Raths aus dem Juliergranit vom Albulaberg (III), aus dem Diorit vom Piz Rosag (IV) und aus dem Montblanc-Granit nach Delesse (V) beigesetzt.

Bestandtheile.	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . . .	52,50	57,96	62,01	57,64	63,25
Thonerde . . . .	24,86	23,36	21,16	22,99	23,92
Eisenoxyd . . . .	5,20	3,16	2,54	3,92	Spur
Kalkerde . . . .	5,36	3,11	3,53	8,09	3,23
Bittererde . . . .	1,56	1,58	0,78	0,37	0,32
Kali . . . . .	5,24	3,08	4,33	1,79	2,21
Natron . . . . .	2,72	5,40	5,94	5,25	6,88
Glühverlust . . .	2,84	2,52	—	—	—
Zusammen . . . .	100,28	100,17	100,29	100,05	100,91

### Die Mineralquellen von Tarasp.

Das Unterengadin erfreut sich auf verhältnissmässig engem Raume eines seltenen Reichthums an vortrefflichen Mineralquellen. Man kennt auf beiden Thalseiten des Inn in ungefähr 6 Klm. Länge gegen 20 solcher reichen Quellen. Sie halten sich alle an eine schmale Zone, welche der Hauptsache nach der Richtung des Thales folgt und eine grössere Breite als beiläufig  $\frac{1}{2}$  Klm. nicht erreicht. Es ist dies die Grenzregion zwischen Bündner Schiefer und der angeschlossenen Serpentinzone, welche vom Schloss Tarasp her gegen Remüs streicht. Hier sind es insbesondere die Luciusquelle bei Kurhaus Tarasp und die Wyhquelle bei Dorf Schuls, die mehr als europäischen Ruf geniessen und verdienen. Der ersteren schliessen sich in

nächster Nähe die nur einer Abzweigung angehörige Emeritaquelle, dann die Carolaquelle auf der rechten Thalseite, die Schulser Salz- (Ursus-) und die neue Badequelle auf der linken Thalseite an. Thalaufwärts brechen dicht neben dem Inn die Baraigla- und am Ausflusse des von Fontana herabkommenden Baches die vortreffliche Bonifaciusquelle zu Tag. Auf dem gleichen Quellstriche kennt man Spuren in den von Fattan herabkommenden Schluchten Valpüzza und Toblade. Zwischen Baraigla und dem Oekonomiegebäude deuten aufsteigende Gasblasen und Ockerspuren im Innbette selbst das Hervorbrechen von Mineralwasser an.

Thalabwärts reiht sich der Wyhquelle der ausgezeichnete Säuerling Suot Sass oberhalb der Strasse nach Sins an. Zwischen diesem und den Häusern von Pradella N. von der alten Strasse nach Martinsbruck zeigt sich die kleine, aber mit prächtiger Sinterbildung versehene Runna-, dann an der gleichen alten Strasse Pradella gegenüber an der grossen Tuffhalde oberhalb des Weges die Rimas-, unterhalb die Sur Rhoana- und noch weiter vorwärts höher am Gehänge in einer Wiese die Talurquelle. Dazu kommen dann noch mehrfache Quellenspuren in der Chialzina-Schlucht bei Schuls und zahlreiche Stellen, an welchen ohne Wassererguss Kohlensäure und z. Th. Schwefelwasserstoffgas (Mofetten) ausströmen. In näherer Beziehung hiermit stehen auch die Quellen in dieser Gegend, welche Gyps- und Eisenockerhaltigen Kalktuff absetzen, wie jene unterhalb des Galgenhügels bei Sent, unterhalb Crusch Sur En gegenüber, bei Fontana und andere, die jetzt erloschenen, einen Kalktuffhügel zurückgelassen haben. Auch die sog. Schwefelquellen in Val Plafna und die gehaltreichen Quellen im

Val Sinestra verdienen im Anschluss an diese Quellenzone erwähnt zu werden. Allen diesen Quellen drückt der gemeinsame Gehalt an Kohlensäure, an kohlensauren, schwefelsauren und Chlorsalzen, sowie die nahe übereinstimmende Temperatur, den Stempel einer gemeinsamen Entstehungsweise und der gleichen Bedingungen ihres Zutagtretens auf. Es sind meist an Natriumcarbonat reiche Sauerlinge, welchen ein verschiedener Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul, Kochsalz und Natriumsulphat je nach der in den verschiedenen Quellen etwas wechselnden Menge dieser Stoffe eine erhöhte und verschiedengradige Wirksamkeit verleiht. Es ist hier nicht der Ort, ausführlicher auf die chemische Beschaffenheit der verschiedenen Mineralquellen einzugehen. Es darf diesbezüglich auf die vortreffliche Schrift: „Chemische Untersuchung der Heilquellen zu Schuls und Tarasp“ von Dr. A. v. Planta-Reichenau, 1859, verwiesen werden. Für unsere Zwecke, welche auf die Erforschung der Entstehungsweise der Mineralquellen abzielt, genügt es, die hauptsächlichsten der in den Quellen enthaltenen Stoffe in das Bereich unsere Betrachtung zu ziehen. Hierher gehören:

#### 1. Kohlensäure.

Dieses Gas strömt hier in erstaunlicher Menge theils in gebundenem und halb gebundenem Zustande als Bestandtheil der Carbonate und Bicarbonate, theils auch ungebunden im Wasser absorbirt mit dem Mineralwasser der Quellen, oder frei in den Mofetten aus. Nimmt man, um sich eine, wenn auch nur annähernd richtige Vorstellung von der Menge dieses ununterbrochen ausströmenden Gases zu machen, als Anhaltspunkt die Ausflussmenge der vereinigten Lucius- und Emeritaquelle in Mindesten mit 1,3 Minuten-

liter Mineralwasser, welches im Liter ungefähr 7 gr. Kohlensäure im Ganzen enthält, so giebt dies in der Stunde 300 000 CCM. Gas. Rechnet man dann im ganzen Quellenbezirk nur 20 solche Ergüsse, was gewiss unterschätzt ist, so erhält man für die Gegend einen stündlichen Erguss von 6 Millionen Kubikcentimeter an Kohlensäure! Es liesse sich denken, dass diese Kohlensäure dadurch entstände, dass in den tieferen Gesteinslagen durch Zersetzung von Schwefelkies und durch die Einwirkung der dabei gebildeten Schwefelsäure auf Carbonate die Kohlensäure der letzteren frei würde. Diese Annahme ist jedoch nicht gerechtfertigt, einmal weil eine so grosse Quantität von Schwefelmetall sicher im Gestein nicht vorhanden ist, um Jahrhunderte hindurch solche enorme Mengen von Kohlensäure zu liefern. Weiter lässt sich auch nicht absehen, wie eine solche Zersetzung in der Tiefe, wo Luft und Wasser keinen freien Zutritt haben, vor sich gehen könnte. Schon in sehr geringer Tiefe finden wir die Gesteine völlig unzersetzt und den etwa mit vorkommenden Schwefelkies frisch und unverändert. Endlich kann man auch keinen Grund auffinden, wesshalb diese Kohlensäurebereitung unter dieser Voraussetzung bloß auf dieses kleine Quellengebiet beschränkt sein sollte, nachdem doch, soweit der Bündner-Schiefer in der Ostschweiz und in Tirol verbreitet ist, absolut die gleichen Bedingungen eines solchen Zersetzungsprocesses sich vorfinden.

Es ist daraus zu folgern, dass die Kohlensäure auch im Unterengadin, wie in so vielen anderen namentlich vulkanischen Gegenden der Erde der grösseren Tiefe entstammt und bisher noch nicht sicher ermittelten Processen ihre Entstehung verdankt.

Indem diese der Tiefe entsteigende Kohlensäure z. Th. wenigstens mit dem im Untergrunde circulirenden Wasser in Berührung kommt, wird sie von diesem bei dem dort herrschenden höheren Druck in grösseren Quantitäten absorbirt und bildet auf diese Weise Sauerwasser, durch welches, wie wir sehen werden, weitere Prozesse der Mineralwasserbildung sich vollziehen. Ein Theil der Kohlensäure bleibt unabsorbirt und tritt in Form von Mofetten zu Tag.

Der zweite wichtige Bestandtheil der Unterengadiner Mineralquellen ist

## 2. das Natrium.

Dasselbe findet sich in beträchtlichster Menge als Natriumbicarbonat, dann auch als Chlornatrium (Kochsalz), Natriumsulphat und in geringer Menge als Jodnatrium. Will man sich Rechenschaft über die Herkunft dieses für die Queilen eigenthümlichsten Stoffs geben, so können wir denselben gleichfalls nicht als ein einfaches Auslaugungsprodukt der zunächst in Betracht zu ziehenden Schiefer gelten lassen, weil diese an sich nicht reich an Natrium, namentlich nicht im Verhältnisse zum Kaliumgehalte, sind. Man könnte dann an eine Zersetzung des Natrium-reichen Oligoklases des benachbarten grünen Granites denken. Man muss sich aber dabei erinnern, dass in diesem Falle denn doch wohl die beiden Alkalien — Natrium und Kalium — in annähernd denselben Mengenverhältnissen in dem Mineralwasser sich finden müssten, wie sie an der Zusammensetzung des Oligoklases theilnehmen. Das ist nun nicht der Fall. Es treten die Kaliumsalze darin vielmehr ganz in den Hintergrund. Unter diesen Umständen bleibt nur die Annahme übrig, dass, wie es ja für das Kochsalz ganz allgemein bekannt ist, auch die übrigen

Natronsalze schon gebildet in den benachbarten Gypsstöcken abgelagert sich vorfinden und nur durch einen einfachen Auslaugeprocess aus denselben dem Quellwasser zugeführt werden. Es findet diese Annahme eine Bestätigung in dem Umstande, dass in den Ausblühsalzen, welche direkt aus den Gypsschichten sich bilden, Natriumsalze und namentlich Natriumcarbonat sich vorfindet, welches gewiss schon ursprünglich, wie das Kochsalz, mit Gyps vergesellschaftet abgelagert ist. Dass die Tarasper Quellen im Gegensatze zu jenen von Schuls so reich an Natriumcarbonat sind, möchte sich dadurch erklären lassen, dass beide Quellenpartien aus 2 verschiedenen Gypslinsen ihre Mineralbestandtheile beziehen, von denen die eine Linse reicher an Natriumcarbonat ist, während dieses der andern fehlt.

Auf diese Weise erklärt sich dann auch ganz ungezwungen der Gehalt an Kaliumsulphat und an Gyps.

Anders verhält es sich mit den

### 3. übrigen Carbonaten,

welche die dritte grosse Gruppe der in dem Mineralwasser gelösten Stoffe ausmachen. Es sind Carbonate von Kalk, Bittererde, Eisen und Mangan. Ersteres tritt meist in so beträchtlicher Menge auf, dass sich aus dem Mineralwasser durch Ausscheiden von Kalk an vielen Stellen grosse Kalktuffhügel gebildet haben. Wir werden nicht fehl greifen, wenn wir uns vorstellen, dass das Sauerwasser, dessen Bildung eben erklärt wurde, indem es beladen mit Kohlensäure auf seinem unterirdischen Wege durch die z. Th. an Kalkcarbonat und anderen Carbonaten reichen, mit dem Bündner Schiefer in Zwischenschichten vorkommenden Kalkeinlagerungen und kalkhaltigen Grauwacken-

schichten emporsteigt, grosse Menge dieser Carbonate als Bicarbonate auflöst und als solche mit zu Tage bringt. Je nach dem örtlichen Reichtum an verschiedenen Carbonaten in den Schichtencomplexen, durch welche das Sauerwasser seinen Weg findet, macht sich auch eine beträchtliche Verschiedenheit des Gehaltes der Mineralquellen an diesen Stoffen bemerkbar. Namentlich scheint der wechselnde Gehalt an Eisenbicarbonat durch einen örtlich grösseren oder geringeren Reichtum der kalkigen Grauwacke an kohlensaurem Eisenoxydul bedingt zu sein, wie sich denn auch selbst an den zu Tag ausgehenden Felsen dieser Unterschied durch den Wechsel intensiv gelb verwitterter und nur schwach gefärbter Kalk- und Grauwacke-Partien in verschiedenen Gegenden leicht bemerkbar macht.

Der hohe Gehalt der Mineralquellen an Carbonaten lässt sich aus nachstehender Zusammenstellung ersehen: In 1000 Theilen des Quellwassers sind enthalten in mgr.:

Quellen	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	FeCO <sub>3</sub>	MnCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Bonifacius	1902	337	33	—	1032
Lucius	1619	662	20	—	3545
Ursus	1415	565	13	—	2945
Wyh	1233	84	26	2	4
Suot Sass	1038	78	13	—	—

Auch die Süsswasserquellen des Gebietes sind meist sehr stark kalkhaltig und liefern sog. hartes Wasser. So enthält das Kurhaus-Trinkwasser in Liter 229 mgr. Kalkcarbonat. Nicht weniger kalkreich sind auch die Quellen der Serpentinzone, wie z. B. die Quellen an dem Berg Rücken zwischen Avrona und Vulpèra mit 350 mgr.

Trockenrückstand im Liter; oder jene oberhalb Fettau an der Plan granda mit 190 mgr. Trockenrückstand im Liter. Dagegen sind die ungewöhnlich ergiebigen Quellen im Plafna-Thale, welche aus dem im Thaluntergrunde durchstreichenden Urgebirgsfelsen entspringen, mit nur 95 mgr. Kalk im Liter verhältnissmässig kalkarm.

Versuchen wir auch im Bezug auf die Menge der durch die Mineralquellen in dieser Gegend zu Tag geförderten Mineralstoffe uns eine Vorstellung zu verschaffen, so wollen wir hierbei von der Annahme ausgehen, dass die Quellen im Mittel nur 5 gr. feste Bestandtheile im Liter enthalten und dass sie zusammen nur 15 Minutenliter Wasser liefern, — minimale Annahme, da Luciusquelle 12,5 gr. feste Bestandtheile im Liter enthält —. Hiernach berechnet sich die Menge der durch die Quellen jährlich zu Tag geförderten und dem tieferen Untergrunde geraubten Mineralstoffe auf 36 000 Klgr., was ungefähr 13<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Kubikmeter entspricht. Erwägt man ferner, dass diese Mineralquellen schon seit Jahrtausenden ihre auslaugende Arbeit bethätigen, so ergibt sich von selbst, dass, wenn auch der durch Fortführung der Salze entstandene Hohlraum sich nicht auf eine Stelle concentrirt, sondern auf ausgedehnte Strecken vertheilt, gleichwohl im Untergrunde der Quellenregion sich nach und nach Lücken in dem Zusammenhange der Gesteine gebildet haben werden, welche selbst örtliche Niederbrüche zur Folge haben können. Derartige Bewegungen in tieferen Untergrunde äussern sich oft selbst an der Oberfläche als mehr oder weniger heftige Erschütterungen oder als eine Art lokaler Erdbeben. Es ist bekannt, dass gerade das Engadin von, wenn auch nicht heftigen, aber

doch häufigen Erdbeben heimgesucht ist, deren Ursache auf diese Auslaugungsprocesse zurückzuführen ist. Es ist eine auffallend: Thatsache, dass in diesem ganzen Landstriche die Mauern der Häuser von oft zahlreichen, ziemlich gleichlaufenden Rissen und Sprüngen durchzogen sind. Die Bewohner leiten diese Erscheinung theils von dem oft enormen Druck der winterlichen Schneedecke, theils davon her, dass sich der Untergrund der Gebäude setzt. Ich glaube nicht fehl zu greifen, wenn ich derartige Beschädigungen der Mauerwerke z. Th. wenigstens auf Rechnung von örtlichen Erderschütterungen setze, welche in Folge der durch die Bildung der Mineralquellen veranlassten Auslösungsprocesse in den tieferen Gesteinslagen sich ereignen.

Wir können unsere kurzen Betrachtungen über die in den Unterengadiner Mineralquellen vorkommenden Stoffe nicht abschliesen, ohne noch vorher eines zwar nicht besonders wichtigen, aber interessanten Bestandtheils, nämlich des Schwefelwasserstoffs gedacht zu haben. Derselbe macht sich zwar in den Hauptquellen nicht bemerkbar; dagegen ist derselbe in der sog. Schwefelquelle in Val Plafna, in jener, in Val Chialzina und in mehreren Mofetten mit voller Sicherheit nachgewiesen. Seine Gegenwart lässt sich meist schon deutlich durch den Geruch wahrnehmen.

Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff steht in andern Gegenden nachgewiesener Massen mit dem Auftreten von Gyps in den benachbarten Gesteinsschichten in genetischem Zusammenhange, indem sich bei Gegenwart zersetzungsfähiger bituminöser Stoffe durch Reduktionsprocesse aus dem Gyps dieses Gas entwickelt. Wir dürfen mit Grund annehmen,

dass dies auch im Engadin der Fall ist, wo Gypslinsen an mehreren Punkten bekannt sind. Es lässt sich daraus ein weiterer Beweis für den früheren geschilderten Zusammenhang zwischen den Mineralquellen und den Gypslinsen ableiten.

Von grosser Wichtigkeit ist neben den Mineralbestandtheilen der Quellen ihre Temperatur. In dieser Richtung begegnen wir hier einer der merkwürdigsten Erscheinungen. Während nämlich andere reichhaltige Mineralquellen zugleich auch durch eine hohe Temperatur ausgezeichnet sind, finden wir bei den Tarasper Quellen die Temperatur nicht, oder um nur wenig höher als die mittlere Jahrestemperatur der Gegend. Ich fand die Temperatur der Luciusquelle zu  $6,1^{\circ}$  C.; jene der Ursusquelle zu  $6,5^{\circ}$  C.; der Bonifaciusquelle zu  $9,4^{\circ}$  C.; der Wyhquelle zu  $9,05^{\circ}$  C.; der Schwefelquelle in Val Plafna zu  $6,025^{\circ}$  C.; im Zusammenhalte mit den Temperaturen der Süsswasserquellen der Gegend, die ich bestimmte: bei der Kurhausleitungsquelle zu  $6,01^{\circ}$  C.; der Quelle bei Gnée zu  $6,08^{\circ}$  C.; bei der Quelle Etschursprung zu  $6,02^{\circ}$  C.; bei den starken Plafnaquellen zu  $5^{\circ}$  C. Am öftersten und genauesten ist die Temperatur der Luciusquelle bestimmt. Ich schätze ihre mittlere Wärme zu  $6^{\circ}$  C. Sie stimmt also mit der mittleren Temperatur der gewöhnlichen Süsswasserquellen der Gegend überein, sodass wenigstens für diese Mineralquelle ein ähnlicher Ursprung in den oberen Schichten der Erdrinde, wie bei den Süsswasserquellen der Umgebung, und nicht ein Hervordringen aus sehr beträchtlicher Tiefe anzunehmen ist.

Fassen wir das Ergebniss dieser Untersuchung kurz zusammen, so erweist sich der Reichthum dieser Gegend

an Mineralquellen in erster Linie von dem Auftreten der Kohlensäure abhängig, welche aus sehr beträchtlicher, unbekannter Tiefe, ähnlich wie dies in vulkanischen Gebieten der Fall ist, auf einer Hauptverwerfungsspalte empordringt. Ein Theil dieser Kohlensäure steigt, indem sie sich auf Gesteinsklüften vertheilt, auf diesen unmittelbar an die Oberfläche und bildet hier die Mofetten. Ein anderer Theil kommt in den oberen Gesteinslagen innerhalb gewisser, durch die Art der Zerklüftung bedingter Regionen mit dem hier circulirenden, von Tag niedersetzenden Gewässer in Berührung, wird von diesem absorbirt und macht sie zu Säuerlingen. Dieses Sauerwasser nimmt nun, indem es seinen Weg durch die Gesteinsschichten weiter fortsetzt, aus den kalkigen Lagen derselben Carbonate der alkalischen Erde und des Eisens in Lösung und tritt mit diesen Stoffen reich beladen an bestimmten durch die Richtung der Hauptspalten der Gesteine vorgezeichneten Orten, sonst aber mit der Temperatur der gewöhnlichen Quellen zu Tag. So in der Wyh- und Suot Sass-Quelle.

Ein anderer Theil der auf diese Weise an Carbonaten angereicherten Gewässer stösst ausserdem auf seinen unterirdischen, vielfach verzweigten Wegen auf hier nachweislich vorhandenen Gypslinsen, in denen neben dem Kalksulphat auch Sulphate von Alkalien, Kochsalz und insbesondere Natriumcarbonat nach Art der gewöhnlichen Steinsalz- und Abraumsalz-Ablagerungen in Zwischenschichten sich abgesetzt finden. Aus dieser natürlichen Vorrathskammer nimmt nun das Sauerwasser die am leichtesten löslichen und am reichlichsten vorhandenen Salze -- das Kochsalz, das Natriumcarbonat, die Sulphate der Alkalien — auf und steigt

als heilkräftige Quelle, der leidenden Menschheit Genesung verheissend, wie ein lebendiger Geist aus der Tiefe an das Tageslicht.

Wir wenden uns schliesslich nun noch zur Beantwortung der Frage, weshalb das Hervorbrechen der Mineralquellen sich nur auf eine bestimmte Zone und in dieser nur auf gewisse Punkte zu beschränken scheint. Theobald ist geneigt, dieses Auftreten mit der Schichtenanstellung der Bündner Schiefer in Verbindung zu bringen, indem er auf der ganzen Erstreckung von Boschia bis nach Martinsbruck hin die Schichten in eine Mulde eingebuchtet sich vorstellt, in welcher verschiedene Hebungswellen sich bemerkbar machen, namentlich eine zunächst an der Südgrenze. Diese letztere fällt nach seiner Ansicht mit der Richtung zusammen, in welcher die Mineralquellen zu Tage treten. Indess unterliegt die Stellung der Schichten gerade auf dieser Thalstrecke des Inns so grossem Wechsel, dass diese nicht wohl in näheren Zusammenhang mit dem Quellenzuge zu bringen ist. Wie mir scheint, hängt dieser in erster Linie mit der grossen, dem Innthal ungefähr parallel verlaufenden Verwerfungsspalte zusammen, welche in dieser Gegend insbesondere S. vom Schloss Tarasp über Vulpèra auf die Kirche von Schuls zuläuft und von da über Tarasp Remüs gegen Strada hinzieht. Durch dieselbe ist wohl auch ursprünglich die Richtung des später durch Erosion vertieften, erweiterten und stellenweise abgelenkten Innthals vorgezeichnet gewesen. Ich nehme an, dass diese Hauptspalte zugleich den Weg anzeigt, auf dem die Kohlensäure aus unbekannter Tiefe empordringt.

Ein zweites für die Quellpunkte bestimmendes Moment

ist die Vertiefung des Innthales selbst. In demselben und ihm zunächst an den Thalgehängen oder in den benachbarten Seitenschluchten ist der relativ geringste Gegendruck wirksam, der sich dem Aufsteigen der unterirdisch circulirenden Gewässer entgegenstellt. Es bedarf keiner weiteren Aufführung, um nachzuweisen, dass längs dieser Vertiefung die Mineralwässer am leichtesten den Widerstand einer auflastenden Wassersäule überwältigen können und daher hier vorzugsweise zu Tag treten müssen.

An welchen Punkte des Thales oder der Thalvertiefung aber dieses Hervorquellen wirklich stattfindet, dies hängt von der Gesetzmässigkeit der Zerklüftung der Gesteine ab. Es sind aber, abgesehen von untergeordneten kleinen Klüften, hauptsächlich zwei Spaltenrichtungen, welche scharf ausgeprägt an den felsigen Gehängen sich bemerkbar machen, nämlich eine nahezu von SW. nach NO. und dann die zweite ungefähr senkrecht auf die erste gerichtet von SO. nach NW. verlaufend. Auch N. — S. Linien treten, aber weniger bedeutsam, hervor. Auf solchen Klüften nun, namentlich da, wo sie das Thaltiefste durchschneiden oder sich kreuzen, begegnen wir den Austrittspunkten der Mineralquellen:

Wir begnügen uns hier mit diesem kurzen Hinweis. Dies im Besonderen an den einzelnen Quellenzügen bei Tarasp an der Hand genauer topographischer Karten nachzuweisen, muss der zukünftigen Schilderung vorbehalten bleiben.

