

Materialien für das Gotthardprofil

Autor(en): **Stapff, F.M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **61 (1878)**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90046>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VI.

Materialien für das Gotthardprofil.

Schichtenbau des Ursernthales

von

F. M. Stapff.

(Mit zwei Tafeln.)

Im Mai 1875 beauftragte mich die Centralbauleitung der Gotthardbahn, den *zweckmässigsten Anlagepunkt* für einen behufs *Voruntersuchung* der Andermatter Ebene in der Tunnellinie eventuell abzusenkenden *Schacht* anzugeben. Von der Voraussetzung ausgehend, dass ein solcher Schacht die besten Aufschlüsse geben könnte, wenn er mitten über den *Kalkschichten von Altekirche* (in deren Schnitt mit der Tunnelebene) niedergebracht würde, bestimmte ich die Lage der Ausbisse genannter Schichten 304^m E und 1005^m W von der Tunnellinie bei *Altekirche* und *Rüestili* und theilte in Separatbeilage Nr. 11 zu dem *Göschener Monatsbericht pro Juni 1875* der Centralbauleitung mit, dass auf Grund der vorgenommenen Messungen und Untersuchungen die *nördliche Kalkgrenze* im Tunnel bei 2626^m vom *Portal* zu gewärtigen sei,*) und

*) Das Gleiche theilte ich auch der naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Zusammenkunft in Andermatt, 12.—14. Sept. 1875, mit. Vide Verhandl. der schweizer. naturforschenden Gesellschaft, 58. Jahrgang, pag. 137.

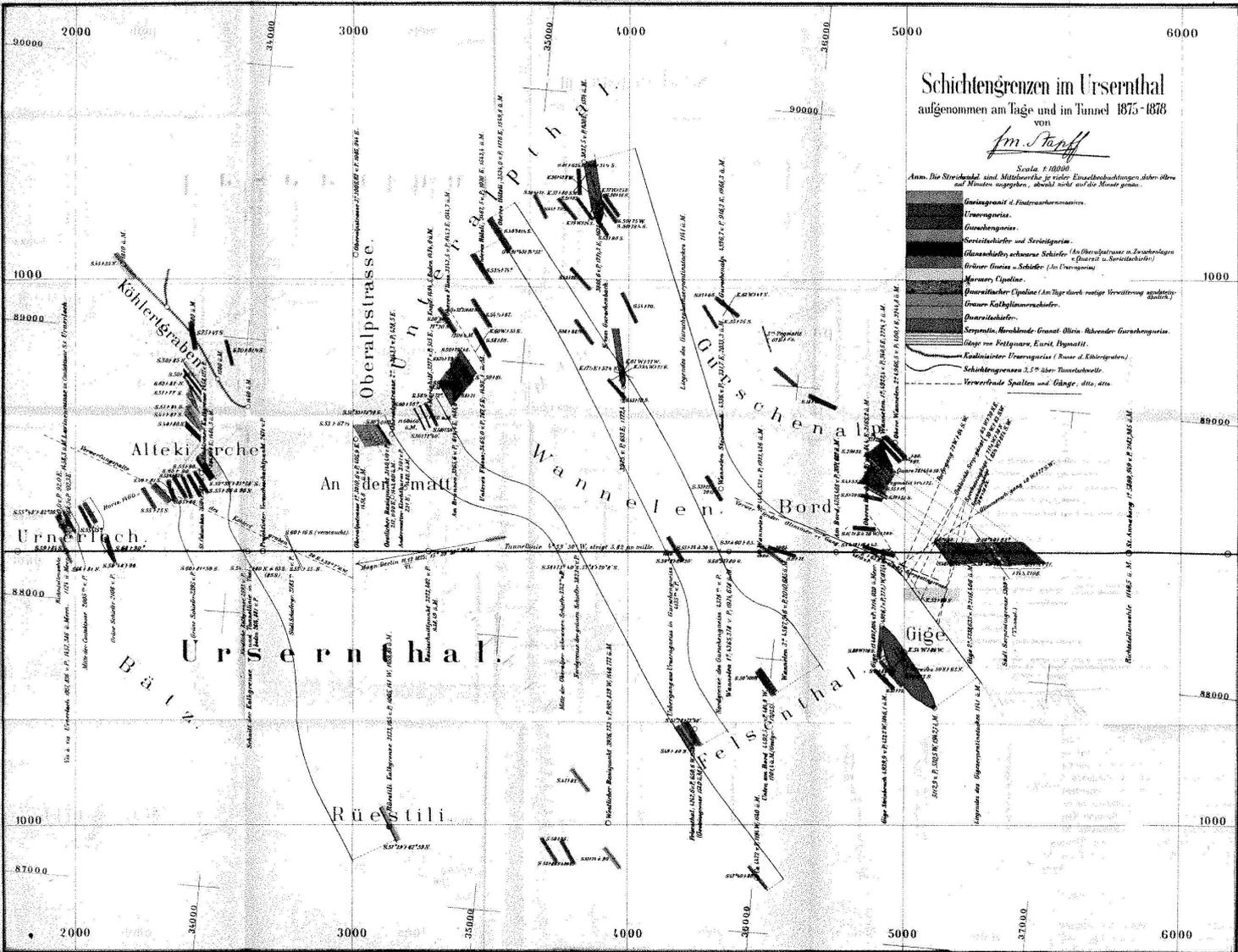
dass ein eventueller *Versuchsschacht* bei ca. 2671^m angesetzt, *mitten über den Kalkschichten* stünde.

Diese Vorausbestimmungen haben sich insoweit bewährt, als im Oktober 1875 die *Altekircher Kalkschichten* vom Tunnel bei 2593^m angeschnitten wurden, und als sie sich von da zu 2766^m erstreckten, so dass ihr *Mittelpunkt* im Tunnel bei 2679,5^m fällt.

Die zur Lösung dieser rein technischen Frage im Juni 1875 vorgenommenen Messungen und geologischen Aufnahmen in der Umgebung des *Ursernthales* habe ich behufs Construction des *Gotthardtunnelprofiles* mit Genehmigung der Centralbauleitung zwar schon im Sommer 1876 weiter ausgedehnt und beendet, bin aber erst jetzt infolge eines im Tunnel erlittenen Beinbruchs in die Lage gekommen, alle Berechnungen und Constructionen zusammenhängend auszuführen und mit den unterdessen durch den Tunnelbau gewonnenen Aufschlüssen zu combiniren. Beiliegend erlaube ich mir ein Resultat dieser Arbeiten vorzulegen, durch Tab. I: *Situationsplan* über charakteristische *Schichtengrenzen* (3,5^m über Tunnelchwelle) und Tab. II: *Längenprofil* in der Tunnelebene, beide im Maassstab 1 : 10,000.

Construction der Grenzlinien; allgemeiner Verlauf derselben.

Zur Erläuterung der Construction des Schichtengrenzenplanes sei erwähnt, dass die am Tage aufgesuchten und trigonometrisch eingemessenen Gesteinsgrenzen nach den beobachteten Einfallwinkeln auf die Tunnelebene hinabgetragen und sodann mit den entsprechenden im Tunnel beobachteten Grenzen durch Tangenten und eingeschaltete Kreisbögen verbunden wurden. Da zwischen je zwei Tangentenpunkte (Beob-



Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

achtungspunkte) immer nur je ein oder zwei Bögen *symmetrisch* eingelegt wurden, so kann man die Construction nicht der Willkürlichkeit zeihen. Dass sie aber den Schichtenlauf im Ganzen naturgemäss ausdrücken, ergibt sich theils aus dem harmonischen Gang sämtlicher Linien, welche doch jede für sich entworfen sind, theils aus der Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. Die *Nordgrenze der Altekircher Kalkschichten* bildet z. B. eine windschiefe Fläche, welche bei *Alteikirche südwärts*, bei *Rüestili nordwärts* einfällt und zwischen den genannten Punkten (nach der Construction) vier Biegungen macht. Trotz dieser verwickelten Form ergab die Construction der Fläche aus den Beobachtungen an zwei Punkten einen Schnitt mit der Tunnellinie, welcher um nur $2626 - 2593 = 33^m$ von dem nachmals im Tunnel aufgeschlossenen abweicht.

Im grossen Ganzen *convergiren* die *Schichtengrenzen nordwärts*; — in derselben Richtung, in welcher sich die Kalkschichten auskeilen und in welcher die Zusammenschnürung des *Oberalppasses* sich befindet.

Auffällig sind ferner die *scharfen Kniee* unmittelbar *S* vom *Urnerloch*; — ein Causalzusammenhang zwischen denselben und dem *Reussdurchbruch* am *Urnerloch* scheint nicht unwahrscheinlich.

Endlich ist nicht zu verkennen, dass die *wesentlichsten Buchtungen verschiedener Schichtenlinien in einige wenige Gerade fallen*. Eine solche, vom *Reussdurchbruch* (am *Urnerloch*) gegen SSE gezogen, schneidet durch die eben erwähnten Kniee bis zur Thalmitte; eine zweite, vom *westlichen Basispunkt* gegen SE nach dem *Bord* gezogen, durchschneidet die gegen NW convexen Biegungen von vier verschiedenen Schichtencomplexen; — diese Conformität der Biegungen veranlasste oben den Ausdruck «harmonischer Gang» der Grenzlinien.

Die *Grenzlinien im Profil* ergeben sich einfach durch Construction der Schnitte zwischen den erwähnten wind-schiefen Flächen und der vertikalen Tunnelebene. Diese Schnitte sind im Allgemeinen -förmig, doch fällt der obere Theil der Schlingen meist oberhalb der Terrainlinie, entzieht sich also der Darstellung. Das Profil der *Gurschen-Gige-Serpentinmasse* musste noch unterhalb der Terrainlinie abgeschlossen werden, in jener Meereshöhe, wo am Tage die Serpentinstöcke zu beiden Seiten der Tunnellinie ausspitzen. (Die in ihren Streichrichtungen auf die Tunnelebene projecirten, am Tage eingemessenen Grenzen dieser beiden Stöcke sind auf dem Profil durch punktirte Figuren bei den Namen «*Gurschen*» und «*Gige*» dargestellt.) Das Hauptfallen und Hauptstreichen dieser Serpentinstöcke ist übrigens nicht nach den mit Handboussole ermittelten Winkeln eingetragen, sondern wurde aus den Coordinaten je der Grenzpunkte bezeichnet.

Bildungsweise der Schichtenwindungen.

Die auf der SE-seite des Situationsplanes ausgesetzten Streichrichtungen der Schichtenausbisse zeigen in ihrem allgemeinen Verlauf eine Uebereinstimmung mit der Serpentinegrenze (in Tunnelniveau), welche zur Ueberzeugung führt, dass die Windungen der letzteren nicht etwa individuelle Eigenthümlichkeiten der Serpentinmassen sind, sondern dass sie durch dieselben Ursachen, nach denselben Gesetzen hervorgerufen wurden, welche zugleich auch die umgebenden Schichten beugten. Dieselbe Ueberzeugung müssen auch die Schichtenbiegungen hervorbringen, welche auf dem Profil zwischen 4650 und 4870 dargestellt sind. Von letzteren sind zwar nur je ganz kleine Bögen im Tunnel der Beobachtung zugänglich geworden. Das successive steiler, dann seiger, endlich nördlich werdende Einfallen der Schichten und deren

schliessliches Anschmiegen an die Serpentinegrenze bei 4870 lässt aber nicht wohl eine andere Interpretation zu, als die auf dem Profil dargestellte. (Die geologischen Monatsprofile pro *August, September, Oktober* 1877 und die zugehörigen Berichte an die Centralbauleitung enthalten im Detail alle Beobachtungsdaten, wonach dieser Theil des Profiles construirt wurde; eine vorläufige schematische Skizze desselben findet sich im Bericht pro *Oktober*.)

Ich bin jedoch weit entfernt, diesen Schichten eine *solche* Plasticität zuzuschreiben, dass sie ohne Brüche hätten gebogen werden können. In Wirklichkeit lösen sich die hier als continuirlich verlaufende Curven dargestellten Schichtengrenzen in eine Menge von Polygonseiten auf, welche nicht immer mit mathematischer Pünktlichkeit aneinander stossen, und deren *Aufeinanderfolge* in einer Kette (Paternostergänge der Bergleute des Mittelalters) die Curven versinnlichen. Es ist diess nicht Hypothese, sondern Erfahrungssatz.

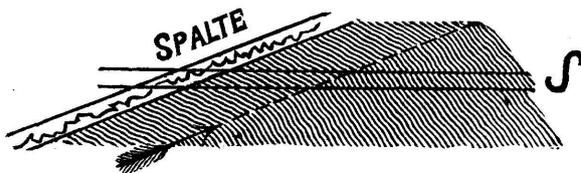
Durch den Tunnelbau wurden auf der uns hier interessirenden Strecke hunderte von *lettingen Klüften, Spalten* und *Gängen* aufgeschlossen (auf den geologischen Durchschnitten in 1 : 200 sind sie alle eingetragen und in den angehörigen Berichten besprochen; auf dem hier mitgetheilten Profil in 1 : 10,000 konnten nur einige wenige angedeutet werden), an denen hin Gebirgsbewegungen stattgefunden haben. Diese Bewegungen brachten gleichsinnige Verwerfungen der von ihnen ergriffenen Gebirgsparthieen hervor, und das summarische Resultat der letzteren sind die scheinbaren Windungen der einzelnen Schichten in toto et tanto.

Besonders lehrreich in dieser Beziehung waren die *lettingen Spalten* bei 3725, 3780, 3831^m (siehe Monatsberichte und Profile pro *November, Dezember* 1876,

Januar 1877), und der *Glimmerschiefergang*, welcher bei 4870^m das nördliche Sahlband der grossen Serpentineinlagerung bildet (Profil und Bericht pro *Oktober 1877*). Die Schichtenstauchungen an diesem N 17 E |— 63 NW gerichteten Gang bekunden eine aufwärts und gegen SW gerichtete Bewegung der hangenden Gebirgsparthie; durch diese Bewegung wurden die zu Tage am *Gurschenbach* und bei *Gige* ausstreichenden Serpentineinlagerungen so *verzogen*, dass sie ca. 470^m südlicher im Tunnel erschienen, als ohne die Verschiebung der Fall gewesen sein würde. Mit dieser Verschiebung war zugleich eine *Schleppung* entlang dem verwerfenden Glimmerschiefergang verknüpft, wie das *Anschmiegen* der Schichten des Nebengesteines an denselben verräth. Uebrigens gehören die erwähnten verwerfenden Spalten etc. etc. verschiedenen Perioden an, wie zahlreiche Beobachtungen über ihr *Absetzen gegen einander* und *Verwerfen durch einander* beweisen. Durch die ältesten Gebirgsbewegungen wurde in der Regel die von dem Verwerfer nordwärts liegende Gebirgsparthie in die Höhe geschoben (Beispiel: der eben erwähnte Glimmergang bei 4870^m), durch die jüngsten dagegen die südwärts liegende (Beispiele: die Verwerfungen bei 3725, 3780, 3832^m). Diess deutet ja daraufhin, dass das *Gotthardmassiv* später emporgeschoben worden ist, als das *Finsteraarhornmassiv*!

Während den älteren Verwerfungen die Biegungen und Fältelungen der Schichten wesentlich ihre Form mit verdanken, sind durch die späteren Verwerfungen diese Biegungen und Fältelungen wieder deformirt und zerstückelt worden. Die Klüfte, welchen entlang erstere stattfanden, sind meist geschlossen oder sie erscheinen als wieder vernarbte Gänge; die jüngsten Verwerfungsspalten sind dagegen oft mit einer lettigen Reibungsbreccie des in ihrer Umgebung faulen Nebengesteines

gefüllt und folgen häufig der allgemeinen Schieferungsrichtung; doch mit Ausnahmen, deren einige auf dem Profil angedeutet sind. Unmittelbar S von der *Altekircher Kalk- und Schieferzone* setzt z. B. eine sehr mächtige, mit *kaolinisirtem Glimmergneiss* und *Gypsknauern* gefüllte *Spalte* durch den Tunnel, welche N 20 E |— 39 NW verläuft. Ihr nach diesen Richtungswinkeln auf dem Terrain ausconstruirter Ausbiss fällt genau in die tiefe Runse des *Köhlertgraben*, welche gleichfalls in zersetztem Gneiss ausgewühlt ist. Unmittelbar im Liegenden dieser Spalte verfläichen sich die Schichten (im Tunnel) von 55° auf 16°; eine Stauchung, welche darauf hinweist, dass die Gebirgsparthie südlich von der Spalte die emporgeschobene ist.



Schichtenfalten im Ursernthal.

Die *Schichtenfalten des Ursernthales* strecken sich von der Contactzone des *Finsteraarhorngneissgranites* bei 2000 à 2010^m zu 4135 à 4325^m, wo der zum *Gotthardmassiv* gehörige *Gurschengneiss* (Glimmergneiss) anhebt. Letzteres Gestein ist durch so vielfache Uebergänge und gemeinsame Schichten mit dem der *Ursernmulde* angehörigen sogen. *Urserngneiss* verknüpft, dass sich seine Nordgrenze nicht wohl genauer präcisiren lässt, als hier geschehen. Ausser dem *Urserngneiss* und den ihm eingeschalteten Schichten von *graugrünem Schiefer* (resp. *Gneiss*) und *Quarzitschiefer*, nehmen an der Constitution des *Ursernbodens* noch wesentlich Theil: *Sericitschiefer* (resp. *Sericitgneiss*), durch spärliche *Kalkstreifen* hin und wieder *kalkglimmerschieferähnlich*; *Glanzschiefer* (resp.

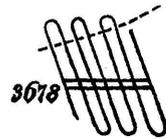
schwarze Schiefer); *Kalkglimmerschiefer*; *Cipolin*; *quarzitische Cipoline*. Hinsichtlich der petrographischen Eigenschaften dieser Gesteine verweisen wir auf die geologischen Monatsberichte und Tabellen zu den geologischen Durchschnitten, wo sie eingehend beschrieben sind.

Diese Gesteinsschichten *wiederholen sich durch Zusammenfaltungen mehrfach*; es würde aber kaum möglich sein, die einzelnen Mulden und Luftsättel auszuconstruiren, wenn nicht einerseits die *schwarzen Glanzschiefer* eine leicht erkennbare Leitschicht abgäben, andererseits die *quarzitschieferähnlichen* und die *grünen Einlagerungen* im *Urserngneiss* verriethen, dass dieselben Schichten, welche auf der Nordseite des *Ursernthales* von 2010 bis 2582^m anstehen, auch auf der Südseite von 3802 bis 4135 à 4325^m vorhanden sind. Diese Schichtencomplexe bilden die beiden *Grenzflügel* der *Ursernschichtenmulde*. Innerhalb derselben lassen sich jedoch 6, z. Thl. zusammengeklappte, Mulden ausfindig machen, deren Construction auf dem Profil einer Motivirung bedarf.

Die nördlichsten beiden Mulden enthalten die sogen. *Altekircher Kalkschichten*, in deren Folge eine gewisse Symmetrie statt hat, indem die quarzitischen Cipolinlagen in der Nähe der begrenzenden schwarzen Schiefer angesammelt sind, während graue Kalkschiefer, Cipoline und dünne Marmorstreifen das Innere der Mulden einnehmen. Da nun die eben genannten Schichten vor und nach dem mittleren schwarzen Schieferkeil petrographisch identisch sind, ebenso die schwarzen Schiefer, so ergibt sich als ursprüngliche Schichtenfolge: Urserngneiss (mit Streifen von Quarzit und grünem Schiefer); schwarzer Schiefer; quarzitischer Cipolin; grauer Kalkschiefer, Cipolin (Marmor). Durch die präsumirte doppelte Zusammenfaltung müssen diese Schichten genau in eine

solche gegenseitige Lage kommen, wie sie die Tunnelaufschlüsse (und mit Unterbrechungen die natürlichen Entblössungen an der Oberfläche) ergeben haben und wie sie das Profil zur Anschauung bringt.

Die südlichen drei Doppelfalten bestehen aus *schwarzen Schiefer* (der *Oberalpstrasse*) mit vielen dünnen Zwischenlagen von z. Thl. quarzitischem, hin und wieder kalkhaltigem Schiefer und Urserngneiss. Es würde kaum möglich sein, diese vielfach repetirten dünnen Schichten ohne Willkürlichkeit in Falten zu gruppiren, wenn nicht durch den Tunnel die untere Schlinge einer solchen bei 3720 à 3730^m direkt aufgeschlossen wäre (vide: geologischer Bericht und Profil pro *November 1876*), und eine zweite durch die Verwerfung bei 3780^m verrathen würde (vide: geologischer Bericht und Profil pro *Dezember 1876*). Bedenkt man, dass der südlichste Faltenflügel der schwarzen Schiefer nothwendig *aufwärts* gerichtet sein muss, so wird auch die Annahme einer dritten Muldenfalte zur Nothwendigkeit, und die schwarzen Schiefer zwischen 3678 und 3802^m erscheinen so zusammengeklappt, dass der schmale Streif bei 3678^m nur als der nördliche Flügel einer weiten Mulde inmitten des *Ursernthales* gedeutet werden kann. (In der That zeigt dieser Streif Tendenz zu concaver Biegung, indem er nahe der Tunnelfirste 86° S, nahe der Sohle 85° N einfällt.)



Es bleibt nun nur *ein* Weg übrig, die *südlichen schwarzen Schiefer von Altekirche*, die *im Tunnel bei 3263 bis 3276^m aufgeschlossenen Schiefer-* (und dünnen *Kalk-*) *streifen* und den eben erwähnten *Schieferstreif bei 3678^m* mit einander zu combiniren, nämlich durch die Annahme eines *Luftsattels* zwischen (rund) 2800 und 3200^m, und einer *Mulde* zwischen 3200 und 3700^m.

Diese Darstellungsweise der *Ursernschichtenfalten* ist nicht die erste, welche ich versucht habe (etwas abweichende schematische Skizzen enthält z. B. der Monatsbericht pro *November 1876*), und vielleicht auch noch nicht die endgültige, denn sie setzt im erwähnten Luftsattel zwischen 2783 und 3208^m (im Tunnel) Urserngneiss voraus, welcher *älter* ist, als die *Altekircher* Kalk- und Schieferzone, in der darauffolgenden grossen Mulde dagegen Sericitschiefer, welcher dann gleich alt oder jünger wäre. Nun wird zwar das Gestein von 3208^m an entschieden *glimmerschieferähnlicher*, als das vorgehende, es enthält spärliche Adern und Streifen von *Kalk* (besonders bis 3332^m); auf Klüften und in lettigen Fugen wenig *Gyps*; hin und wieder *Magneteisenkörner*; *glasige Quarzkörner*, welche auf dem Hauptbruch als glimmerumhüllte Knoten erscheinen — aber im Ganzen ist es von dem «*Urserngneiss*» zwischen 2783 und 3208^m petrographisch doch nicht wesentlich verschieden, und dem Complex zwischen 2783 und 3208^m fehlen gänzlich die Einlagerungen von Quarzitschiefer und grünem Schiefer, welche in den äussersten Muldenflügeln des Ursernthales so häufig sind und die Zone des Urserngneisses charakterisiren.

Umfassende vergleichende *chemische* und *mikroskopische Untersuchungen* würden zur Aufklärung dieser Frage wesentlich beitragen können. Ich erlaube mir in dieser Beziehung darauf aufmerksam zu machen, dass *mikroskopische Granaten* und *Hornblendenadeln* im Urserngneiss vor den *Altekircher* Kalken vorkommen. Finden sich solche in dem Gestein zwischen 2783 und 3208^m wieder, und fehlen sie etwa im Sericitschiefer zwischen 3208 und 3678^m? Ist der von Herrn *Meyer* in Tunnelgesteinproben der Ursernschichten aufgefundene *Zirkon* gewissen dieser Schichten eigenthümlich?

Die vielen von der *Gotthardbahngesellschaft* ausgegebenen Tunnelgesteinsammlungen dürften wohl hinreichendes Material zur Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen liefern.

Die *Radien* der *Bögen*, welche die eben besprochenen Mulden und Luftsättel auf dem Profil andeuten, sind nicht ganz willkürlich angenommen. Durch Verwerfungen bei 3780 und 3832^m sind höhere und tiefere Segmente einer und derselben Muldenschale aneinander gerückt und dadurch das Mittel geboten, nicht nur die Sprunghöhe, sondern (aus den verschiedenen Einfallwinkeln der aneinander geschobenen Segmente) auch den Radius fraglicher Muldenschalen zu berechnen. Dieser Radius ist z. B. für die grünen Schiefer bei 3820 bis 30 : 123^m (vertikale Verschiebung 23^m); für die schwarzen Schiefer bei ca. 3780 aber 275^m (Vertikalaufwärtsschiebung 70^m, seitliche Verschiebung 11^m). Aus dem von letzterwähntem Radius bestimmten Kreismittelpunkt ist der Muldenbogen zwischen ca. 3280 und 3675^m construiert; die übrigen Bogenradien wurden sodann den Weiten der resp. Mulden (und Sättel) proportional angenommen. Die äussersten Grenzbögen des Ursernmuldencomplexes ergeben sich aus den Einfallwinkeln der Grenzschichten und der Mittellinie des grossen Luftsattels. Dieses Constructionsverfahren ist selbstverständlich nicht in irgend welchem Naturgesetz begründet; es schliesst aber wenigstens Extravaganzen aus, zu welchen jede Willkürlichkeit so leicht führen kann.

Zur Geologie der Ursernschichten.

Noch seien einige Bemerkungen gestattet über die *Entstehungsweise* und *geologische Stellung* der Schichten des *Ursernthales*. (Hieher gehörige Notizen enthält der Monatsbericht pro *November 1876*.) Ohne Ausnahme

scheinen sie uns *sedimentäre*, nachmals *metamorphosirte Bildungen*. Hinsichtlich der Cipoline und Kalkschiefer mit *Crinoidenstängeln* und *Corallenresten*, der zwischenliegenden kalkhaltigen Quarzitschiefer, der Sericitschiefer mit Kalkstreifen, der von Graphit gefärbten schwarzen Schiefer mit *Fucoidenabdrücken* bedarf diese Anschauung keiner Rechtfertigung. Da aber die schwarzen Schiefer der *Oberalpstrasse* mit dünnen Schichten von Urserngneiss wechsellagern, so ist auch die sedimentäre Entstehungsweise des letzteren und der zwischen ihnen eingeschalteten grünen Schiefer so gut wie erwiesen. Als ferneres Argument für sedimentäre Bildungsweise können wir die so häufigen, abgerundeten, glasigen Quarz- (Sand-) körner, besonders in den Sericitschiefern, anführen, sowie einige Arkose- oder Verrucano-ähnliche Schichten im südlichen Flügel des Urserngneisses.

Die Entstehung dieser ursprünglich klastischen Gesteine setzt ein *Festland südlich von der Ursernmulde* voraus. Auf dem Boden der *Tiefsee nördlich von diesem Festland* kam zunächst das *sandige und schlammige Material* für den *Urserngneiss* zum Absatz. Die *grünen* (chloritischen, glaukonitischen?) *Schiefer* desselben wecken den Gedanken an das Vorhandensein von *Bathybien*.*) Auf dem durch Niederschläge und gleichzeitige successive *Hebung des südlichen Festlandes* erhöhten Meeresboden lagerte sich *zusammen mit Tangüberresten* das *mineralische Material* zu den *schwarzen Schiefern* ab, nahe dem Strand zu wiederholten Malen mit *feinem Detritus überschüttet*, welcher *fast frei von Organismen* das *Material* zu den zwischen die schwarzen Schiefer (der *Oberalpstrasse*) *eingeschobenen Gneiss- etc. etc. Schichten* lieferte.

* Inzwischen sind die *Bathybien* wieder aus dem Bereich der Organismen verwiesen.

Dann war eine *Meerestiefe hergestellt*, in welcher *kalkbildende Organismen* wuchern konnten. Sie lieferten das Material zu den *Kalkschichten von Altekirche*, nahmen mit der nach dem Festland hin (südwärts) abnehmenden Meerestiefe an Menge ab, so dass *näher dem Strand Sedimente mit nur spärlichen Kalkstreifen* zum Absatz kamen, während *gleichzeitig seeeinwärts reinere Kalkschichten* entstanden. Es erscheinen so die *kalkhaltigen Sericitschiefer* der Mulde zwischen 3208 und 3678^m als *gleichzeitige geologische Aequivalente der Andermatter Kalke*. Man sollte hiebei nicht vergessen, dass die petrographische Verschiedenheit dieser Gesteine mehr auf quantitativen als qualitativen Verhältnissen ihrer Mineralbestandtheile beruht. Wo lassen sich scharfe Grenzen ziehen zwischen Marmor, Cipolin, Kalkglimmerschiefer, Glimmerschiefer (Sericitschiefer) mit einzelnen Kalkstreifen, Sericitschiefer, wenn in allen der krystallinische Kalk von gleicher Zusammensetzung und die Glimmerspecies dieselbe ist? wenn ausserdem in allen quarzische Schichten mit abgerundeten Quarzkörnern und Kohlensäureporen auftreten?

Bei den *Metamorphosen*, durch welche Kalkschlamm in krystallinischen Kalk (resp. Dolomit), Thonschlamm in Schiefer und Gneiss verwandelt wurde, können wir uns hier nicht aufhalten. Was aber die *Zusammenfältelung der Schichten* betrifft, so müssen wir sie in nahen Zusammenhang mit dem *Emporschieben des Finsteraarhornmassives* bringen, während nachmalige *Deformationen der Schichtenfalten* hauptsächlich Verwerfungen zuzuschreiben sind, welche mit dem *Emporschieben des Gotthardmassives* zu seiner jetzigen (ungefähren) Höhe verknüpft waren.

Ausser der kainozoischen giebt es vielleicht keine *geologische Periode*, welcher die *Andermatter Kalke* und *Schiefer* nicht schon zugetheilt worden wären. In dieser

Beziehung hat der Tunnel keine neue entscheidende Aufschlüsse gegeben, durch welche die jetzt wohl allgemeinste Auffassung, dass die *schwarzen Schiefer liassisch*, die *Kalkschiefer* aber *jurassisch* seien, geändert würde. Und wie kann man auch erwarten, dass durch die ganz lokale unterirdische Entblössung eines Schichtencomplexes *mehr Petrefacten* zum Vorschein kommen sollten, als bisher und seit Jahrzehnten das Absuchen meilenweit natürlich aufgeschlossener Ausbisse desselben Complexes geliefert hat?

Ausser den bereits erwähnten *Fucoiden* aus den schwarzen Schiefen, *Crinoidenstängeln* aus den Kalkschiefern, und einigen *problematischen Formen* sind mir aus den Kalk- etc. etc. Schichten des *Tunnels* nur die *corallenähnlichen mikroskopischen Gebilde* zu Gesicht gekommen, welche ich in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft XXX. Band, 1. Heft, pag. 138, 1878 abgebildet habe.

Serpentineinlagerungen südlich vom Ursernthal.

Es wurde zwar schon weiter oben versucht, zu erklären, wie durch Verschiebung und Schleppung entlang einem Glimmerschiefergang die am Tage bei *Gurschenbach* und *Gige* entblössen *Serpentineinlagerungen* in ihre jetzige gegenseitige Lage gerathen sind, welche zur Folge hat, dass sie vom Tunnel weiter südlich und in etwas grösserer Mächtigkeit aufgeschlossen wurden, als ohne Berücksichtigung der Schichtenbiegungen zu erwarten gewesen wäre. Es ist auch gesagt worden, dass das sonderbar scheinende Profil des Serpentinstockes sich unmittelbar durch die Construction des Schnittes zwischen seiner windschiefen Grenzfläche und der vertikalen Tunnelebene ergibt. Wir müssen jedoch nochmals auf diese Serpentineinlagerungen zurückkommen, schon weil sich Erfahrungen

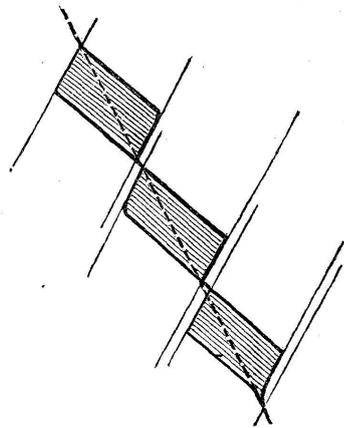
an dieselben knüpfen, welche für die Beurtheilung des Schichtenbaues in dem noch nicht durchfahrenen Theil des *Gotthardmassives* massgebend sind.

Die grösste am Tage beobachtete *Mächtigkeit des Serpentinstockes bei Gige* beträgt (parallel Tunnelrichtung) 100^m; durch den mit erwähnter Schleppung verknüpften spitzwinkeligen Schnitt hätte sich der Tunnel auf ca. 170^m im Serpentin bewegen können; statt dessen hat auf eine Länge von 440^m Serpentin und damit verwandtes Gestein angestanden! Diese räthselhafte Erscheinung hatte ich zuerst durch Annahme wiederholter Uebereinanderschiebungen von Streifen derselben Serpentinmasse zu erklären gesucht (vide Monatsbericht pro *Januar 1878*), und solche existiren ohne Zweifel. Jetzt aber, da der Tunnelstollen auf ca 600^m erlängt ist, ohne gewisse am Tage vorliegende Schichten zu durchschneiden, genügt dieser Erklärungsversuch nicht mehr völlig, und es müssen noch anderweitige Verwerfungen mit in Rechnung gezogen werden, welche übrigens schon auf dem zur *Pariser Ausstellung* gesandten *Gotthardprofil* generell angedeutet worden sind.

Es lag nahe, den *Serpentin vom Gurschenbach* und von *Gige* als aus der *Zersetzung von dichtem granatführendem Hornblendegestein* (wie Nr. 123 der Südseite) hervorgegangen zu betrachten, denn durch den Tunnel bei 4411 und 4834^m aufgeschlossene *Streifen* sind nichts anderes, als solches, aber *serpentinisirtes Hornblendegestein*; und der bei 4870^m beginnenden grossen Serpentinmasse gehen dünne *Streifen* von ineinander gefilzten, theilweise zersetzten *Hornblendenadeln* unmittelbar voraus.

Professor *Fischer*, welcher auf Herrn *Desor's* Veranlassung Serpentin aus dem Tunnel mikroskopisch untersuchte, fand denselben jedoch überwiegend aus zersetztem *Olivin* bestehend (briefl. Mittheilung des Herrn *Koller*),

womit sich der scheinbar *durchgreifende* Schichtenverband der Serpentineinlagerungen des *Gotthardmassives* (*Guspisthal, Kastelhorn, Gurschenbach, Gige, Bord*) nach Analogien von *Zöblitz, Reichenstein, Ytteröen bei Dronthjem, Röraas* u. a. O. in Einklang bringen liesse. Die Gneisschichten sind an diesen Punkten gegen den Serpentin fast immer verstaucht (ihr südliches Einfallen geht an den Sahlbändern in nördliches über u. dergl.), und ein Blick auf den beiliegenden Schichtengrenzenplan zeigt sofort, dass der Ausbiss des Serpentinstreifen *N vom Gurschenbach im Ganzen* discordant zum umgebenden Gurschengneiss streicht. Dies gilt jedoch nicht von einzelnen Theilen desselben, und den Rundungen des Serpentinstockes bei *Gige* schmiegen sich die umgebenden Gneisschichten in der Streichrichtung wohl an. Wir schliessen daraus, dass die ursprünglichen Serpentinbänder den umgebenden Schichten concordant eingelagert sind, dass sie aber (wie schon Eingangs bei Erörterung der Schichtenbeugungen im Allgemeinen angeführt wurde) nachmals durch Klüfte vielfach zerschnitten und in gleichem Sinn verworfen wurden. Die einzelnen verschobenen Stücke des Bandes erscheinen nun als *rhomboidische Linsen*, deren *Verbindungslinie* (Diagonale) die Schieferungsrichtung des Nebengesteins spitzwinkelig schneidet.



Der Nachweis von *zersetztem Olivin* im Serpentin des Tunnels führte dazu, die *Hornblende-, Granat- und Olivin-führenden*, theils quarzitischen, theils gneissartigen, theils dichten dunkeln *Gesteinsschichten*, welche ich bereits 1876 und 1877 oben *am Bord* östlich von und in der Tunnellinie aufgefunden und eingemessen hatte (siehe Schichtengrenzenplan), mit der südlichen

Parthie des im Tunnel aufgeschlossenen Serpentin zu combiniren. Petrographisch sind diese Gesteine zwar nicht identisch; ihre Verschiedenheit liegt aber hauptsächlich doch nur in der relativen Menge und Frische der genannten charakteristischen Mineralien. Am Tage ist zwischen den *Hornblende-Olivin-Granatgesteinen* eine 70^m mächtige *Gneisschichte* eingeschoben, welche wir auch im Tunnel bei 5125 à 5202^m wieder erkennen, daselbst allerdings mit Serpentin *reichlich* durchflochten. Am Tage liegt nahe der Südgrenze genannter Schichten ein mächtiger *Fettquarzgang*; im Tunnel, an der Südgrenze des Serpentin, ein *Pegmatitgang*. Legen wir zu den 170^m *Gige-Serpentin*, welche der Tunnel voraussichtlich zu durchhörtern hatte, die *am Bord* mit 220^m Mächtigkeit anstehenden verwandten Gesteine, so erhalten wir 390^m; die noch fehlenden 440 — 390 = 50^m sind auf Rechnung der oben angedeuteten Ueberschiebungen zu setzen. Die zu Tage streichenden *Hornblende-Olivin-Granat-führenden Schichten* hätte der Tunnel bei ca. 4575 à 5695^m durchfahren müssen — sie sind aber auch in den darauffolgenden 300^m*) ausgeblieben, und wir können sie im Tunnel nirgends anders suchen, als unmittelbar hinter dem *Gurschen-Gige-Serpentin*. Dahin sind sie durch *Verwerfungen* gelangt (auf dem Profil ist der Einfachheit wegen nur *eine* solche angedeutet), welche unabhängig von jenen älteren Verschiebungen sind, durch die das *Gurschen-Gige-Serpentinband* gewunden wurde.

Die *Richtung* der verwerfenden Klüfte ist durch Beobachtung festgestellt. Am Tage sind bei 5360^m vom Portal in 2120^m ü. M. die Gneisschichten gegen das südliche Sahlband des «Serpentin» so verstaucht, dass sie daselbst N 52 E — 71 NW verlaufen. So gerichtete Klüfte

*) Siehe Schlussbemerkung.

müssten den Tunnel bei 4960^m schneiden. Auf dem geologischen Profil pro *November 1877* finden wir in der That zwischen 4950 und 60^m N 52 E |— 69 NW gerichtete Klüfte verzeichnet.

Durch ein Aufschieben des im Hangenden dieser Klüfte belegenen (nördlichen) Gebirgsstückes, oder durch ein Niedergleiten des in ihrem Liegenden befindlichen (südlichen) kamen die Köpfe der im Tunnel *serpentinisirten Granat-Hornblende-Olivin führenden Schichten* zu Tage *am Bord*.

Noch habe ich auf dem Schichtengrenzenplan und dem Profil einige der im Tunnel beobachtete NW |— SW verlaufende *Gänge* von *Porphygrundmasse, Glimmerschiefer, Speckstein* und *talkigem Letten* ausgesetzt, an denen hin *Bewegungen* stattgefunden haben, wie *Harnischriefen*, und im Letten eingewickelte *abgeriebene Brocken des Nebengesteines* dokumentiren. *Diesen* Bewegungen hat man die *Uebereinanderschiebungen* einzelner Streifen derselben Serpentinmasse zuzuschreiben, durch welche die Totalmächtigkeit derselben scheinbar vergrößert wird (um ca. 50^m).

Resümiren wir nochmals die verschiedenen hier angedeuteten mechanischen Prozesse, welchen die im Tunnel bei 4870 bis 5310^m anstehende Serpentinmasse ausgesetzt gewesen ist, so präsentiren sich folgende Momente:

1) *Verbiegung des Gurschen-Gige-Serpentinbandes* in eine windschiefe Fläche, durch zahlreiche gleichsinnige Verwerfungen an NNE |— NW-Klüften, welche Verwerfungen vermuthlich Folge der Emporschiebung des *Finsteraarhornmassives* waren.

2) *Emporschiebung* des im Hangenden von NE |— NW-Klüften befindlichen Gebirgsstückes, welche die Köpfe der südlichen im Tunnel anstehenden Serpentin- etc. etc.

Schichten *am Bord* zu Tage förderte. (Diese Emporschiebung muss auch das grosse gewundene Serpentinband mit ergriffen haben, dessen vorherige Lage auf dem Profil punktirt angedeutet ist.)

3) *Uebereinanderschichtung* einzelner Streifen der Serpentinmasse, entlang NW |— SW-Klüften, — erfolgten gleichzeitig mit den letzten Hebungen im *Gotthardmassiv*.

Das *summarische Resultat* dieser drei hier ange deuteten *Translokationen* ist, dass bei 5000 à 6000^m vom Nordportal Schichten, welche *in der Profilebene* des Tunnels 71° S einfallen, 975^m unter Tage 385^m *weiter nördlich* vom Tunnel angeschnitten werden, als dem angegebenen Einfallwinkel entspricht.

Gleichzeitig haben die Aufnahmen auf der *Airolo-seite* ergeben, dass Schichten, welche bei 4000 à 5000^m vom Südportal (d. i. 10,000 à 11,000^m vom Nordportal) *in der Tunnelebene* 70° N einfallen, 1076^m unter Tage ca. 350^m *weiter nördlich* angeschnitten werden, als dem Einfallwinkel (bei Berücksichtigung der Biegung in der Fallrichtung) entspricht.

Hieraus lässt sich eine *entsprechende Verschiebung im Inneren des Gotthardmassives* schliessen, welche ich in ihren Hauptzügen auf dem zur Ausstellung nach *Paris* geschickten *Gotthardprofil* darzustellen versucht habe.

Airolo, 4. August 1878.

Schlussbemerkung.

Vorstehende Darstellung der *Serpentineinlagerungen* südlich vom Ursernthal erleidet einige Modifikationen durch die Beobachtungen im Tunnel (vom Serpentin süd-

wärts), welche ich erst im September 1878 wieder aufnehmen konnte. Die Serpentineinlagerung wird (südlich) von einer der Schieferung *im ganzen* Konkordanten mächtigen *Verwerfungsspalte* begrenzt, welche mit *braunspathführendem Topfstein, Talkschiefer, amfiboldurchflochtenem Giltstein, braunem häutigem Glimmer* gefüllt ist, aber nur *wenig* zerquetschten und kaolinisirten *Pegmatit* führt, wovon man mir Handstücke gebracht hatte. Auch sind südlich von 6000^m *Hornblendegesteinschichten* durchfahren worden, welche den « *am Bord* » ausstreichenden gleichen. Hierdurch bekommt zwar das Bild (südlich vom Serpentinstock) ein etwas anderes Aussehen; doch werden seine Hauptzüge kaum geändert. Die Uebereinanderschreibungen im *Gotthardmassiv* sind auch durch die neueren Tunnelaufschlüsse bestätigt worden, doch hat sich herausgestellt, dass *Richtung* und *Maass* der Verschiebung bei den einzelnen Gebirgsstreifen verschieden sind; dadurch werden auch die *Sprünge* in den einzelnen vom Tage zum Tunnel setzenden Schichten manchfaltig und summiren sich oder kompensiren einander.
