

PROFIL GÉOLOGIQUE

DU

S^T-GOTHARD

DANS

L'AXE DU GRAND TUNNEL

ÉTABLI PENDANT LA CONSTRUCTION (1873—1880)

PAR

D^r F. M. Stapff

Ingénieur-géologue de la Compagnie du Gothard

Echelle 1 : 25,000

1. Profil géologique.
2. Texte explicatif.

ANNEXE SPÉCIALE

AUX

RAPPORTS DU CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE

sur

LA MARCHE DE L'ENTREPRISE DU S^T-GOTHARD

BERNE

IMPRIMERIE DE C.-J. WYSS

1880.

Generelles geologisches Profil

in der

Ebene des Gotthardtunnels.

(Hierzu Pl. XII.)

Obwohl Veröffentlichung eines übersichtlichen geologischen Gotthardprofiles vor Beendigung der Detailuntersuchungen des ganzen während des Tunnelbaues gesammelten geologischen Materiales verfrüht scheinen könnte, bin ich einer dahingehenden Aufforderung der technischen Inspektion der Schweizerischen Eisenbahnen doch gerne nachgekommen, theils weil nach erfolgtem Durchschlag ein solches Resumé für alle beim Tunnelbau Betheiligten von einigem Interesse sein dürfte; theils weil es die durch den Tunnelbau erzielten geologischen Resultate übersehen lässt, welche dazu beitragen könnten, einige dunkle Fragen in der Entstehungsgeschichte der Alpen aufzuklären; endlich weil ein Exposé der aus den Beobachtungen vorläufig gezogenen Schlussätze ein nützlicher Leitfaden für die chemischen, mikroskopischen, mineralogischen und petrografischen Detailuntersuchungen der Tunnelsammlungen werden dürfte, womit sich glücklicherweise tüchtige Kräfte zu beschäftigen begonnen haben.

Meine jetzige Aufgabe beschränkt sich darauf, den Durchschnitt durch das Gotthardmassiv zu skizziren, welcher sich durch einfache Combination der Aufschlüsse am Tage mit jenen im Tunnel direkt ergibt.*)

*) ANMERKUNG. Ich unterlasse desshalb, hier die älteren hervorragenden Arbeiten über Gotthardgeologie aufzuzählen, welche in Studer's Geschichte der physischen Geographie der Schweiz, 1863; und in K. v. Fritsch's unten aufgeführtem Werk verzeichnet sind, und beschränke mich auf einen Nachweis der neuesten geologischen Veröffentlichungen, soweit sie durch den Tunnelbau veranlasst sind oder wenigstens in die Periode des Baues und seiner Vorbereitungen fallen.

Unerwähnt darf jedoch nicht Lardy's «Essai sur la constitution géognostique du St-Gothard» in Schweizer-Denkschriften I, 2. Abtheilung, bleiben. Denn obwohl dem Jahr 1833 angehörend, scheint diese Arbeit die Grundlage einiger viel späterer Gotthardprofile, namentlich der nicht veröffentlichten, auf welche die Tunnelprojekte von Wetli und Beckh-Gerwig Bezug nehmen. Neuere Schriften:

Rapport de la commission instituée pour l'examen géologique des grands tunnels projetés à travers les Alpes helvétiques. Turin, 21/III. 1865. A. Sismonda, président; A. Stoppani; F. Giordano, rapporteur; in «Les projets de chemins de fer par les Alpes helvétiques. Enquête technique et commerciale ordonnée par le Gouvernement italien. Traduction française publiée par le comité du St-Gothard; Zurich, 1869.» (Von der geologischen Commission waren nur die Herren Stoppani und Giordano am Gotthard, aber in Gesellschaft mit dem besten Alpenkenner, Herrn B. Studer; dadurch wird es erklärlich, dass die Commission in sehr kurzer Zeit ein Profil herstellen konnte, welches in den Hauptzügen von spätern nur wenig abweicht).

Esame geologico della Catena del San Gottardo, che deve essere attrevarsata dalla grande galleria della Ferrovia Italo-Elvetica; per F. Giordano. Estratto del vol. II delle memorie del Regio Comitato geologico. Firenze 1872.

Der St. Gotthard; Itinerarium des S. A. C. für 1871, von L. Rütimeyer; Jahrbuch des S. A. C., VII. Band; St. Gallen, 1872.

Das Gotthardgebiet, von Karl von Fritsch. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, herausgegeben von der geologischen Commission auf Kosten der Eidgenossenschaft; Bern, 1873.

Die Gotthardbahn, von B. Studer; vorgetragen in der geologischen Sektion der Berner naturforschenden Gesellschaft; 3/XII 1873; Verhandlungen dieser Gesellschaft; Bern, 1874. Auch im Jahrbuch des schweizerischen Alpenclubs 1874.

Geologische Tabellen und Durchschnitte über den grossen Gotthardtunnel; von F. M. Stapff. Specialbeilage zu den Berichten des schweizerischen Bundesrathes über den Gang der Gotthardunternehmung. Bern, 1874-79. (Diese Tabellen etc., welche die Sammlungen von Gotthardtunnelgesteinen begleiten, umfassen bis jetzt die Tunnelstrecken bis 2837 N. und 2989 S. Sie sind tabellarische Auszüge aus den Monatsberichten und Profilen des Gotthardgeologen an die Centralbauleitung, welche mit August 1873 beginnen. Andere, aber nicht vom Geologen redigirte, Auszüge dieser Monatsberichte, finden sich in den «Rapports mensuels du Conseil fédéral suisse sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard; Zurich, Orell, Füssli & C^{ie}». Noch andere in den autografrten Monatsberichten des Oberingenieurs der Gotthardbahn. Die geologischen Quartalsberichte an die Centralbauleitung sind auszugsweise mitgetheilt in den autografrten Quartalsberichten der Direktion der Gotthardbahn an den Schweizerischen Bundesrath über den Gang der Gotthardunternehmung; die geologischen Jahresberichte in den Geschäftsberichten der Direktion und des Verwaltungsrathes der Gotthardbahn.)

Die angedeuteten Detailuntersuchungen können zwar an den abgeschlossenen topografischen und geognostischen Aufnahmen nichts ändern; sie sind aber unerlässlich behufs sicherer Unterscheidung oder Identificirung gewisser Schichten und behufs deren naturgemässer Zusammengruppierung; wünschenswerth wegen der genetischen Aufschlüsse, die sie versprechen. Erst durch solche Untersuchungen wird es möglich, das geognostische Beobachtungsmaterial rationell und objectiv zusammenzufügen.

Immerhin war es unvermeidlich, schon in dem hier vorliegenden kleinen Profil geologische Gruppierungen zu anticipiren. Viele derselben sind feststehend, während andere nur eine Auffassungsweise ausdrücken, also Vorschläge sind, welche zu ihrer Bestätigung oder Verwerfung der angedeuteten Detailuntersuchungen bedürfen.

Selbst nachdem der Massstab des ursprünglich in 1:50,000 construirten Profiles verdoppelt worden war, zeigte es sich unausführbar, consequent die Grenze einzuhalten, bis zu welcher die Detailausführung zu gehen hätte. Einzelne Schichten mussten ausgedrückt werden, obwohl ein einfacher Strich ihre Mächtigkeit zu gross darstellt, sobald sie Schichtengruppen charakterisiren, oder sobald sie sowohl am Tage, als im Tunnel beobachtet sind, und deshalb den Verlauf der Schichten veranschaulichen. Andererseits wurden in dichter Folge vielfach sich wiederholende Gesteinsschichten zu einer einzigen zusammengefasst. Gesteinsvarietäten (z. B. gneissartige und glimmerschieferartige Abarten des Glimmergneisses) anzudeuten hat zwar ein gewisses praktisches Interesse, ist aber nur auf einem Profil in bedeutend grösserem Massstab consequent durchführbar. Wenn dennoch hie und da solche Abarten markirt wurden, so geschah es lediglich um dadurch ein Mittel zu gewinnen, den Schichtenbau zu verdeutlichen.

Selbstverständlich sind die Schichten nach ihren am Tage und im Tunnel eingemessenen Streichen und Fallen ausgesetzt. *)

Ueber das Vorkommen von gediegenem Gold im Gotthardtunnel. Vortrag von B. Studer vor der geologischen Sektion der Berner naturforschenden Gesellschaft; Verhandlungen. Bern, 1875.

Beobachtungen über die Gesteins- etc. Verhältnisse des Gotthardtunnels in den Jahren 1872-75; Vorträge von F. M. Stapff bei der 58. Jahresversammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Andermatt, 1875. Jahresbericht dieser Gesellschaft, 1874/75; Luzern, 1876.

Materialien für das Gotthardprofil; Schichtenbau des Ursernthales; von F. M. Stapff. Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft, 1878. Bern, 1879.

Untersuchungen über die Gesteine des St. Gotthardtunnels; von O. Meyer. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, XXX. 1; 1878.

Einige Bemerkungen zu Herrn Dr. O. Meyer's Untersuchungen über die Gesteine des Gotthardtunnels; von F. M. Stapff. Ibid. XXX. 1; 1878.

Ueber Zirkon und Anhydrit in Gesteinen des St. Gotthardtunnels; von O. Meyer. Ibid. XXX. 2, S. 352.

Rutil, Titanit, Zirkon, Gyps und Anhydrit in Gesteinen des St. Gotthardtunnels; von F. M. Stapff. Ibid. XXXI. 2; 1879.

Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil; von A. Sauer. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie; 1879, S. 569.

Ueber den Zirkon als mikroskopischen Gesteinsgemengtheil; von F. Zirkel. Ibid. 1880, 1. Bd., 1. Heft, S. 89.

Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil; von A. Sauer. Ibid. 1880, 1. Bd., 3. Heft, S. 279.

Zur Mechanik der Schichtenfaltungen; von F. M. Stapff. Ibid. 1879; S. 292, 792. (Beispiele grossentheils dem Gotthardtunnel entnommen.)

Bakterien im Gotthardtunnel (und die Entstehung von Grafittharnischen); von F. M. Stapff. Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. 1879, S. 848. (Die mikroskopische Untersuchung der Bacteriengallert wurde auf Prof. B. Studer's Veranlassung durch Hrn. Prof. Fischer, Bern, bewirkt.)

Mittheilung über A. Sjögren's mikroskopische Untersuchung von Gesteinen aus dem Gotthardtunnel; von F. M. Stapff. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft; 1879, S. 619.

Mikroskopiska Studier. I. Undersökning af Gneissgranit från St. Gotthardtunneln's nordligaste del; A. Sjögren. Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar; Bd. IV, N^o 56; 1879.

*) ANMERKUNG. Die Tunnelbeobachtungen sind in den Durchschnitten (1:200) und Tabellen zusammengestellt, welche die Tunnelgesteinssammlungen begleiten. Die Beobachtungen am Tage auf einem Profil in der Ebene des Gotthardtunnels (Massstab 1:1000), welches zwar nicht veröffentlicht ist, aber zu Philadelphia (soweit damals fertig) und zu Paris (complett) ausgestellt war, und auf dem Bureau des Geologen allen beim Tunnelbau Interessirten zur Benützung zugänglich. Exemplare desselben befinden sich ausserdem in der Bibliothek der Gotthardbahn und beim schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein. Herr Obergeringenieur Gerwig beauftragte mich schon im Herbst 1873 mit Detailuntersuchungen für ein solches Profil. Die Herren Hellweg und Gerlich ordneten dessen Herstellung in der 1875 für die Geologisch-Montanistische Abtheilung ausgefertigter Instruktion an, und Herr Obergeringenieur Bridel hat durch bereitwillige Gewährung von Zeichnerhülfe Vollendung zweier Copien ermöglicht, bisher auch Fortsetzung der geologischen Aufnahmen ausserhalb der Tunnellinie gestattet, durch welche das Material für einen Streifen geologischer Karte zwischen Göschenen und Airolo gesammelt wird. Die geodätischen Aufnahmen für das erwähnte Profil in 1:1000 wurden successive in den Sommermonaten 1873-77 ausgeführt. Von Airolo nordwärts nahm 1873 Herr C. Dress 1261 M. auf; F. M. Stapff, 1874-77, 10,209 M. Die 1330 M. lange Strecke durch die Wiesen des

Hinsichtlich der Nomenclatur bin ich nur dann von der in Studer's «Index etc.» definirten abgewichen, wenn letztere bestimmte Begriffe ausdrückte, die ich nicht ohne Weiteres auf vorliegenden Fall zu beziehen wagte. Ich glaube z. B., dass die schwarzen Granatglimmerschiefer der Südseite den «Nuffenschiefen» entsprechen, kann aber den Beweis nicht führen und habe sie deshalb als «*Schistes noirs grénatifères*» bezeichnet. Die grünen Schieferschichten des Ursernthales und viele grüne Glimmerschiefer der Südseite konnten nicht ohne Weiteres als «grüne Schiefer» eingeführt werden, weil sie petrografisch nur zum Theil mit diesen übereinstimmen, ein Nachweis ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Formation im vorliegenden Fall aber noch nicht geleistet werden kann. Ebenso verhält es sich mit den Sericitschiefen und schwarzen Schiefen der Nordseite, welche ich nicht als Walliser-, Bündner-, Casanna-, Graue- oder Glanz-Schiefer bezeichnen mochte, weil ihnen dadurch von vorne herein eine geologische Stellung angewiesen worden wäre, welche die Urheber dieser Namen den betreffenden Schichten beilegen. Alle benützten Namen sind übrigens trivial und so leicht verständlich, dass sie sich ohne Weiteres in die allgemeingültigen umsetzen lassen, sobald das geologische Alter der resp. Gotthardschichten genauer fixirt ist. Neue Namen habe ich gar nicht eingeführt. Als «Sericitschiefer» bezeichnete bekanntlich schon von Fritsch die grauen Schiefer des Ursernthales und «Feldspath-Glimmerschiefer» (*Micaschisti feldspatici*) nannte Giordano die Glimmerschiefer der Südseite, deren Grundmasse vor dem Löthrohr schmilzt.

Die Farben haben zwar in jeder der 4 im Profil vorkommenden grossen Schichtengruppen ihre besondere Bedeutung, sind aber so gewählt, dass sie immerhin möglichst Aehnliches oder Gleichartiges ausdrücken. Ueberdeckungen durch jüngere Bildungen wurden im vorliegenden Fall nur angedeutet um auszudrücken, wo in der Tunnellinie Schichtenausbisse nicht direkt beobachtet werden konnten.

Seinen wesentlichen Charakter erhält vorliegendes Profil durch die eingezeichneten Verwerfungen. Ich musste mich darauf einschränken, eine geringe Zahl der hieher gehörigen Spalten und Klüfte auszusetzen, welche im Tunnel beobachtet worden sind, und gewöhnlich Störungen und Verzögerungen des Baues veranlasst haben. Andeutung von noch mehreren würde dem Profil das Aussehen eines Besens gegeben haben, ohne das Wesen der Verwerfungen deutlicher zu charakterisiren. Es ist jedoch anzumerken, dass bei Berücksichtigung aller gleichsinnigen Verwerfungen die jetzt eingezeichneten grossen Sprünge einzelner Schichten in eine Unzahl kleinerer sich aufgelöst haben würden, welche aber zusammengenommen die Schichten von demselben Punkt der Oberfläche zu demselben des Tunnels geführt hätten. Eine solche Darstellungsweise würde ein blumenkelchähnliches und vielleicht anmuthigeres Bild des «Gotthardschichtenfächers» ergeben, aber kaum ein mehr aufklärendes als das vorliegende eckige Profil.

Dies auf das eigentliche Gotthardmassiv angewendete Constructionsverfahren liess sich bei Darstellung des Schichtenbaues der Ursern- und Tessinmulden nicht durchführen, denn obwohl die Schichten derselben im Grunde genommen auch nur durch zahllose, gleichsinnige, je sehr kleine Verschiebungen Bogenform erhalten haben, so sind zwischen dem südlichen Tunnelportal und dem eigentlichen Gotthardmassiv diese Bögen so regelmässig, dass sich jede am Tage und im Tunnel eingemessene Schicht dieser Strecke einem einzigen Kreisbogen anschmiegt, welcher die (auf Profilebene projecirten) Einfalllinien an der Oberfläche und im Tunnel tangirt. Die Andeutung von anderen Schichtenmulden und Luftsätteln im Ursernthal, als den im Tunnel wirklich beobachteten, soll überhaupt nur ausdrücken, wie man sich die Zusammengehörigkeit gewisser Schichten dieses Gebietes vorstellen kann. Die Motive für diese Auffassungs- und Darstellungsweise wurden bereits im Jahresbericht der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft pro 1878 auseinandergesetzt.

Ursernthales wurde Wetli's Curvenplan in 1:10,000 entlehnt. Im Sommer und Herbst 1876 machte Herr W. Grossmann, nach meiner Anweisung, die geodätischen Aufnahmen der 2120 M. langen Strecke durch die Schöllenen, und zugleich beendete ich die trigonometrische Bestimmung der Schichtengrenzen rund um das Ursernthal. Als Geolog assistirte mir während 6 Monaten Herr Dr. F. Schalch. Er war hauptsächlich mit Wasseranalysen und Aufnahmen in der Göschener Tunnelseite beschäftigt.

Dass während des Baues des Gotthardtunnels regelmässige geologische und physikalische Beobachtungen nicht nur begonnen, sondern trotz aller äusseren Schwierigkeiten auch fortgesetzt wurden, ist der Initiative der schweizerischen geologischen Commission und ihres Präsidenten, des Herrn Professor B. Studer; der Protektion des h. schweizerischen Bundesrathes; der regen Theilnahme der eidgenössischen Eisenbahninspektoren, HH. Koller, etc.; der Opferwilligkeit der Gotthardbahngesellschaft; und der Unentbehrlichkeit solcher Untersuchungen zur Beantwortung rein praktisch-technischer Fragen zu verdanken. Während meiner geologischen Arbeiten am Gotthard fand ich in Herrn Studer stets den zuverlässigsten und bereitwilligsten Rathgeber. Ihm, Herrn Desor, und anderen Gelehrten des In- und Auslandes, welche meine Bestrebungen anregten und förderten, danke ich hiedurch öffentlich.

Aeusserere Erscheinungen.

Die vom Gotthardtunnel zwischen Göschenen und Airolo durchfahrene 14,920 M. breite Parthie der Centralalpen umfasst:

1. Einen Streifen des Finsteraarhornmassives.
2. Das zwischen letzterem und dem Gotthardmassiv eingeklemmte Ursernthal.
3. Das Gotthardmassiv.
4. Das nördliche Gehänge des Tessinthales.

Der hier in Frage kommende 2 Km. breite Streifen des Finsteraarhornmassives ist nordwärts durch das im Rienthal auslaufende Längenthal der Göschenen-Reuss begrenzt. Durch diesen Streifen folgt die Tunnellinie der Hauptrichtung des Querthales der Gotthardreuss (Schöllenen), so dass sie die Reuss 4 mal unterfährt. Die Südgrenze des Finsteraarhornmassives bezeichnet an der Oberfläche eine Lawinenrunse, unmittelbar S. vom Urnerloch. Im Tunnel markirt bei 2000 à 2010 M. eine Uebergangszone zwischen Gneissgranit und dünnschieferigem Gneiss die Südgrenze des Finsteraarhornmassives.

Das Nordportal des Tunnels liegt 1109 M. ü. M., also auf der Thalstufe von 1210 M. mittler Meereshöhe, welche bei Wicki 1350 M., bei Göschenen 1100 M. erreicht.

In den Schöllenen sind der Gotthardstrasse entlang einzelne Rundhöckerformen zwischen «Tanzebein» und dem Strassenknie nächst unterhalb der Teufelsbrücke in der Meereshöhe 1250 à 1400 M. wahrnehmbar; die deutlichsten beim Kilometerstein 33. In der Tunnellinie zeigen sich auf dieser Strecke deutliche Gletscherspuren in einer Höhe von 1640 M.; die Dicke des ehemals durch die Schöllenen geschobenen Gletschers mag also wenigstens 400 M. betragen haben. Seine Spuren an den steilen Klippwänden sind durch Abschalen und Wittern des Gesteines fast ganz verwischt; den Fuss der Klippen decken Sturzhalden, sofern die Enge der Thalschlucht ihnen Platz gewährt.

Das jetzige Flussbett ist noch 20 à 50 M. tiefer als die untersten wahrnehmbaren Gletscherspuren in den Fels eingesägt und zwar durch Wasserkraft. Concav ausgescheuerte Felsplatten sind in dem jetzigen Reussbett nicht selten; können aber auch noch 5 à 10 M. über demselben wahrgenommen werden, z. B. unmittelbar an der Gotthardstrasse zwischen San Antonio und Urnerloch. Hier befindet sich auch ein Riesenkessel oder wenigstens die Hälfte eines solchen. Ein in Bildung begriffener Riesentopf wird bei niederem Wasserstand unterhalb der Teufelsbrücke am rechten Reussufer sichtbar.

So unzweifelhaft die Erosion des jetzigen Reussbettes erscheint, ebenso unzweideutig lässt sich auch erkennen, dass der Erosionsweg durch die Festigkeit und Verklüftung der vorliegenden Gesteinsschichten bedingt wurde. Zwischen der Gallerie auf dem linken, und dem Gitziloch auf dem rechten Reussufer setzt eine weichere Gneisszone auf (im Tunnel bei circa 1100 à 1520 M.) In derselben ändert die Reuss plötzlich ihre vorher nordnordwestliche Richtung in eine westnordwestliche. Dasselbst erweitert sich auch das Thal hinreichend um eine Entwicklung der Gotthardstrasse durch 4 Kehren zu gestatten.*) Die Gneissgranitplatten an der Teufelsbrücke bestimmen gleichfalls auf mehrere hundert Meter Länge den daselbst nordöstlichen Lauf des Flusses. Dass aber auch durchgreifende Verklüftung einzelner Gebirgsstreifen die Richtung der Erosion bestimmte, geht daraus hervor, dass in dem vorher fast trockenen Göschener Tunnelstollen bei 1450 à 1500 M. 0,4 à 0,8 Liter Kluftwasser pro Sek. erschienen, als derselbe (bei 1450) zum erstenmal die Reuss unter circa 200 M. Gebirge passirte.

Vom Urnerloch zum Tunnelportal stürzt die Reuss auf ihrem Lauf von 2 Km. 320 M. tief herab. Die grössten Fälle befinden sich in den Winkeln, wo der Fluss plötzlich seine Richtung ändert (Teufelsfall); Stromschnellen da, wo er auf kurze Strecken der Schichtung folgt.

Die Klippwände der Schöllenen sind vom Scheitel zum Fuss von tief eingeschnittenen Kehlen durchschnitten und dadurch in Köpfe gegliedert. Mitunter bifurkieren die Kehlen, verlaufen z. Thl. auch krummlinig. Ihr Boden besteht aus Glimmerschiefer, welcher bis zum Tunnel hinabgeht und den Tagewässern beim Aussägen der Kehlen keinen grossen Widerstand entgegengesetzte.

Der Glimmerschiefer dieser Kehlen bildet wirkliche Gänge, welche nur im grossen ganzen der Schieferung des Nebengesteines folgen. Aber auch die bekannten ostnordöstlich streichenden und

*) ANMERKUNG. In südwestlicher Richtung sind diese weicheren Schichten mehr abgetragen als die umgebenden Gneissgranitwände, so dass sie den einzig möglichen Abstieg vom Bätz in die Schöllenen gewähren, welchen auch Suwarow's Armee auf ihrem nächtlichen Rückzug vom Ursernthal benutzte.

steil südwärts einfallenden Gneissgranitplatten der Schöllenen sind Kluffflächen, welche die Parallelstruktur des Gesteines annähernd markiren; und ausser denselben ist mehrorts in den Schöllenen eine sekundäre Schieferung oder Absonderung in dünne glimmerbekleidete Platten wahrzunehmen, welche gewöhnlich N.-E., seltener N.-W. verläuft. Unter den Klüften fallen besonders noch schwebende in die Augen, welche den Gneissgranit in dicke Bänke sondern und gar nicht selten krummflächig begrenzt sind (zwischen Urnerloch und Teufelsbrücke).

Die Ursernmulde ist gegen das Gotthardmassiv weder topografisch noch geologisch so scharf begrenzt als gegen das Finsteraarhornmassiv. In der Tunnellinie verdecken vernarbte Schutthalden am Gehänge der Wannelen nicht nur anstehendes Gestein, sondern auch Profilformen, aus denen auf Schichtenwechsel geschlossen werden könnte. Die ersten, in 1800 M. Meereshöhe austreichenden, Glimmergneisschichten gehören bereits zum Gotthardmassiv, liegen aber an der Grenzlinie, welche östlich von der Tunnellinie am Hölzli, westlich von derselben am Bord direkt aufgenommen wurde. An diesen Orten und weiter westwärts zwischen Felsenthal und Hospenthal verrathen Absätze an den Thalgehängen wiederholte Schichtenwechsel, welche man in der Schlucht des Felsenthal und im Unteralpthal unmittelbar beobachten kann. Dem entsprechend erschwert auch im Tunnel der Wechsel von Ursernschichten und Gotthardschichten die Wahl eines bestimmten Grenzpunktes zwischen diesen Gebieten. Ich habe denselben bei 4325 M. angenommen, wo die grünen Schiefer aufhören.

Von geologischen Ansichten über den Schichtenbau ganz abgesehen, darf das Ursernthal schon wegen seiner äusseren Form als eine lange, 600 à 1000 M. tiefe, Mulde bezeichnet werden, welche aus dem grossen Wallis-Bündtner Längenthal durch den Furkapass in S.-W. und den Oberalppass in N.-E. abgeschnürt ist.

Die Schichten auf der Nordseite des Thales fallen nordwestlich ein, auf der Südseite südöstlich, ausgenommen in der Umgebung des Urnerloches, wo ihr Einfallen steil südlich ist. Hier sind sie aber auch in der Streichrichtung scharf gewunden oder vielmehr verschoben, wodurch einerseits der Durchbruch des Reussthal durch die nördliche Muldenwand gerade an diesem Punkt erklärlich wird, andererseits die Erweiterung des Thales zwischen Urnerloch, Andermatt, Hospenthal zu einem birnförmigen Kessel von $1\frac{1}{2}$ Kilometer Durchmesser (in der Richtung der Tunnellinie). Der fast horizontale Boden dieses Kessels besteht aus Sand und Geschieben, welche sich augenscheinlich in einem beim Urnerloch noch aufgedämmten Binnensee abgesetzt haben.

In noch früheren Zeiten aber muss das Ursernthal ein von Nord in die Alpen greifender Fjord eingenommen haben, von dessen Strandlinie in der mittleren Meereshöhe 1500 à 1470 M. hie und da noch Contouren wahrnehmbar sind. Der jetzige Boden des Ursernthales liegt dagegen nur 1430 à 1440 M. ü. M. (circa 300 M. über Tunnelseitel).

Da im Ursernthal viele grosse Gletscher zusammenflossen, welche durch die Schöllenen ihren gemeinsamen Ausgang hatten, in einer gewissen Periode des Gletscherrückzuges aber im Ursernthal gemündet sein müssen, so scheint es auffällig, dass sie daselbst so wenige sichtbare Moränen hinterlassen haben. Vor der Mündung des Gotthardreussthal findet man zwischen Hospenthal und Rissensteg zwar ein Stück Moränenlandschaft, welche aber fast ausschliesslich aus abgerundeten Klippen mit ganz dünner Schuttdecke gebildet wird.

Die einzige grosse und deutliche Moräne des unteren Ursernthales liegt bei Mariahilf am linken Gehänge des hier mündenden Unteralpthales. Grosse polirte und geschrammte Serpentinblöcke vom Gurschenbach beweisen, dass diese Moräne von einem ehemaligen Unteralpthalgletscher aufgeschüttet wurde. Man könnte in Versuchung kommen, dem Thalkessel bei Andermatt eine so grosse Tiefe zuzuschreiben, dass er unter dem Wasserspiegel den Moränenschutt der Seitenthäler in sich aufzunehmen vermöchte; keinenfalls erreicht aber seine grösste Tiefe (unter dem jetzigen Thalboden) 300 M.

Quer über die Andermatt Wiesen steht in der Tunnellinie kein Gestein an; doch sind seitlich in einer Entfernung von höchstens 1 Km. viele Profile natürlich entblösst, welche über den Schichtenbau des Ursernthales gute Aufschlüsse gewährten, auch ehe es vom Tunnel durchfahren war.

Vom Urnerloch bis Alteikirche steht östlich von der Strasse Urserngneiss an mit grünen und quarzitären (rostigen) Einlagerungen. Bei Alteikirche und am Gehänge aufwärts bis Nütschen folgen wechselnde Schichten von schwarzem Schiefer, weissem und grauem Cipolin, rostig verwittertem quarzitärem Kalk. Die wesentlichsten dieser Schichten tauchen westlich von der Tunnellinie, am Ruestli, wieder auf. Südwärts legen sich Sericitschiefer an, dann die schwarzen Schiefer der Oberalpstrasse mit

Gneiss und rostigen Quarzitstreifen. Westlich von der Tunnellinie kommen dieselben erst bei Hospenthal und Zumdorf wieder zum Vorschein. Am Pfad von Mariahilf in das Unteralpthal sind vielfach wechselnde Schichten von dünnschieferigem Gneiss und grünem Schiefer (letztere besonders am Fliess) entblösst, welche jenen zwischen Urnerloch und Altekirche parallelisirt werden müssen, und dadurch zur Annahme einer Schichtenmulde unter dem Ursernthal, mit einwärts gebogenen Rändern, führen. Dieser Schichtenkomplex ist auch westlich von der Tunnellinie in der Schlucht des Felsenthal aufgeschlossen. Südwärts greifen in denselben Schichten von Glimmergneiss, welcher schon zum Gotthardmassiv gehört und vom Hölzli (E. v. Linie) und Bord (W. v. Linie) südwärts constituirende Bergart wird.

Beachtenswerth sind einige Runsen, welche in zerrüttetem und zum Theil zersetztem Gestein tief in die Thalgehänge eingeschnitten sind. Westlich von der Tunnellinie das Bett des Ruestlbaches, welches am Thalgehänge schief hinabläuft; — nicht etwa in der Richtung der stärksten Böschung, wie zahlreiche andere benachbarte Rufen. Dieser unnatürliche Verlauf lässt sich nur dadurch erklären, dass die Erosion des Bachbettes in einer präexistirenden Spalte stattfand. An der Mündung des Baches in das Reussthal steht an der Grenze der Kalkschichten und des Urserngneisses zerrütteter und zersetzter Gneiss an — die Ausfüllungsmasse der «Spalte», mit welchem Wort wir freilich nicht einen klaffenden unterirdischen Hohlraum verstehen, worin Häuser Platz finden könnten, sondern eine streifenförmige Zone von Klüften, an welchen hin Bewegungen stattgefunden haben; zwischen denen das Gestein zerrüttet und zersetzt ist; welche in unterirdischen Bauten schlotförmig ausbricht; in welcher die Tagewässer eine tiefe Schlucht auswählen. Am verhängnissvollsten für den Tunnelbau hat sich die Runse des Köhlertgraben erwiesen, welche zwischen Altekirche und Bellevue im Reussthal mündet, zum Gütsch hinaufsteigend in etwa 1700 M. ü. M. sich verzweigt. Der nordnordöstlich verlaufende Zweig bezeichnet die Richtung der Spalte, der nordöstlich nach dem Oberalppass hin gerichtete dagegen die Grenze zwischen Kalk- und Gneisschichten. Im Köhlertgraben sind die umgestauchten und zerrütteten Gneisschichten mehrorts lettig-talkig zersetzt, genau wie im Tunnel bei 2800 M. v. P.; die Kalkschichten am Ausgehenden zertrümmert und wieder zu einer Art Rauchwacke verkittet; eigenthümlich geformte Hohlräume scheinen ehemals mit Gyps gefüllt gewesen zu sein.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass an der Grenze zwischen Urserngneiss und den Altekircher Kalkschichten ca. 2400 M. v. P. und 300 M. E. von Tunnellinie eine quellreiche Einmündung im Reussthal mündet (Bellevue-Wasserleitungsquellen). Ein zweites leicht wahrnehmbares Quellgebiet, aus welchem die Andermatt Dorfbrunnen gespeist werden, zieht sich von Andermatt die Wannelen schief hinauf gen Gige, und wird von der Tunnellinie bei ca. 3500 à 3600 M. v. P. geschnitten.

Die geologische Südgrenze des Gotthardmassives ist im Tunnel bei 3178 v. S. P. (11742 M. v. N. P.) durch eine lettige Verwerfungsspalte markirt, welche den Glimmergneiss des Massives von den Hornblendegesteinen und Glimmerschiefern der Tessinmulde scharf trennt. An der Oberfläche bezeichnet eine in dieser Verwerfungsspalte tief ausgekehrte Runse unmittelbar südlich vom höchsten Profilpunkt zwischen Tessin und Sellasee (Sorescia, 2423 M. ü. M.) die Grenze, welche sich gen Südwest über Grasso di Mezzo, an Scara Orell vorbei, nach dem Zufluchtshaus San Giuseppe in der Tremolaschlucht verfolgen lässt, und auf deren anderen Seite bis Fieudo deutlich wahrnehmbar ist. In nordöstlicher Richtung füllt jetzt ein ständiger Schneefleck diese Grenzrunse.

Topografisch lässt sich aber das Gotthardmassiv vom nördlichen Gehänge des Tessinthales nicht wohl trennen, weshalb wir hier zunächst das ganze Gebirge vom Ursernthal zum Tessinthal im Zusammenhang betrachten wollen.

Im Profil erscheint dasselbe als ein flachgewölbtes Plateau, von 2400 M. Meereshöhe im Scheitel; nördlich in 1440 M. aus dem Ursernthal, südlich in 1130 M. aus dem Tessinthal aufsteigend. Nur wenige Punkte erheben sich über die ideelle bogige Profilinie: Aelpetligrat zu 2837,5; Kastelhorngrat 2861,1; Greno di Prosa 2715,3; Sorescia 2422,9; Cima Loita misura 2385,4 M.; und nur wenige Punkte liegen unter derselben: Sellasee 2231,8 M.; Guspisthal 2385; oberes Felsenthal 2180 M. Diese Punkte gehören den hauptsächlichsten Kämmen und Thälern an, welche hier das Gebirge gliedern.

Der, Norden und Süden scheidende, Hauptkamm des Gotthardmassives: Greno di Prosa zieht von Nordost nach Südwest über die Tunnellinie, zwischen Pizzo Centrale (3003 M.) und Mte. Prosa (2738 M.). Er wird an Höhe übertroffen vom Kamm des Kastelhornes, dessen Gipfelpunkte Gurschenstock (2965 M.), Gamsstock, Kastelhorn (2977) jenen des Hauptkammes zwar

gleichfalls an Höhe gleichkommen, welcher aber dennoch nur als eine nördliche parallele, von Querthälern (Unteralpthal, Gotthardreussthal) durchbrochene, Nebenkette gelten kann. Beide Ketten sind westlich von der Tunnellinie durch das vergletscherte Joch verbunden, welches Guspistahl und Schwarzwasser trennt. Diese Thäler verlaufen quer zur Schichtenrichtung, das erstere gen NW nach dem Gotthardreussthal, das letztere wenigstens anfangs gen SE nach dem Unteralpthal.

Zwischen Greno di Prosa und Kastelhorngrat, Guspisthal und Schwarzwasser stehen die Schichten des Gotthardfächers auf dem Kopf, in einigen Streifen südwärts, in andern nordwärts einfallend. Hier liegt das 2 Kilometer breite Centrum des Gotthardmassives (soweit es uns gegenwärtig interessirt), welchem die Schichten beiderseitig zufallen. Nördlich von demselben ist die Kastelhornkette vom Felsenthal durchfurcht; einem Querthal, welches im Circus des St. Annagletschers zwischen den St. Annabergen, Aelpetligrat, Kastelhorn, Gamsstock beginnt und in 3 sehr auffälligen Staffeln zum Ursernthal hinabsetzt. Die Tunnellinie schneidet dasselbe spitzwinkelig unterhalb der obersten Staffel, zieht sich aber vorher ein Kilometer weit an seinem östlichen Gehänge, so dass als Schnitt zwischen Terrain und Profilebene eine wellige, fast horizontale, Linie hervortritt, welche nicht die Steilheit des Abbruches vermuthen lässt, welchem entlang sie am Bord und Härte Planke eingemessen ist.

Südlich von der Centralparthie ist das Val Torta mit dem Sellasee eingeschnitten, ein 5 Klm. langes im ganzen der Schichtung folgendes Längenthal, welches südwestwärts im Querthal der Tremola sich verliert, ostwärts am Sellapass beginnt. Dieser Pass gehört zwar der Hauptwasserscheide an, ist aber in der That nur ein Riegel zwischen der mit Piz Prevot abbrechenden Centralkette des Pizzo Centrale und einer südlichen Kette, welche vom Giubing gen Nordost Hauptkette wird, südwestwärts dagegen erst den obersten Rand des Tessinthales bildet, später in dessen Gehänge sich allmählig verliert. Diese vom Tremolathal überquerte, ins Canariathal und in's Tessinthal abstürzende Kette wird unter Cima Loita misura unterfahren. Seitlich von der Tunnellinie ist sie am Scipsius von den Querschluften des Vallegio, Ri di Jenni und Chiesso durchfurcht.

Wir sind der Ansicht, dass die Grundzüge der hier skizzirten Gliederung des Massives durch das Aufbrechen und Uebereinanderschoben der Schichten bedingt wurden und dass dann die dabei entstandenen Unebenheiten durch Erosion zu ihrer jetzigen Form ausmodellirt worden seien. Die Centralparthie des Massives östlich und westlich von dem erwähnten Riegel zwischen Kastelhorn und Pizzo Centrale ist abgetragen, weil daselbst die Schichten gleichzeitig mit der Emporschiebung auch vielfach gequetscht, aufgebrochen und aneinander verschoben wurden. Im Guspisthal lassen sich wenigstens 3 Bruchlinien nachweisen, an welchen die Schichten antiklinal oder synklinal zusammenstossen. Die hauptsächlichsten Rinnen des breiten Thales folgen denselben und einige erscheinen in den umgebenden Gräten als Lücken wieder.

Südlich vom Kastelhorngrat folgt eine mit Schutt gefüllte wüste Kehle der ersten dieser Bruchlinien und «an den Seelein», einige hundert Schritte östlich von der Tunnellinie, kann man beobachten, wie ihr entlang die Schichten convergiren und divergiren.

Eine zweite Antiklinallinie, 6664 M. vom Südportal, ist materiell durch eine flache nasse Einmündung bezeichnet, welche in Schichtenrichtung nach dem Guspisthal abfällt, und von dem Tunnel zwischen 6450 und 6570 unterfahren wird. Nördlich von derselben fallen die Schichten nordwärts ein, südlich von ihr südwärts. In der tiefsten Einsenkung des Guspisthales, ca. 6100 M. v. S. P., 2385 M. ü. M., ist zwar kein Schichtenbruch wahrnehmbar; Bachrinnen und Quellzüge auf beiden Seiten einer Rundhöckerzunge mitten in dieser Mulde deuten aber auch hier auf ausstreichende Spalten.

Am nördlichen Fuss des Greno di Prosa begegnen wir einer dritten Synklinale, welche jedoch wegen geringer Divergenz der Schichten und oberflächlicher Umkipfung derselben in der Tunnelinie nicht so gut wahrgenommen werden kann als westwärts im Grat von Fortunei. In ihrer Nachbarschaft streichen mehrere durch den Tunnel aufgeschlossene Spalten zu Tage, welche nicht nur die südlichste Rinne des Guspisthales (5800 M. v. S. P.) erklären können, sondern auch die Auskesselung des Gletscherbodens am Nordgehänge des Greno di Prosa. Am einflussreichsten in letzterer Beziehung dürfte aber wohl eine 175 M. breite Spaltenzone gewesen sein, welche im Tunnel nur zu gut aufgeschlossen ist und unmittelbar nördlich vom Greno di Prosa zu Tage kommt. Bei ostnordöstlichem Streichen und südlichem Einfallen passirt sie den Firn zwischen Guspisgletscher und Sella-gletscher und flankirt sodann den Südabhang des Pizzo Centrale. Westwärts bedeckt sie der letzte Ueberrest des Greno di Prosagletschers. Eine Lücke südlich vom Blauberg deutet

aber noch weitere westliche Fortsetzung dieser Verklüftungszone an: in der Richtung des Fortunebaches zum Reussthal und über dieses hinaus in der Richtung des Orsirorobaches.

Dies bei 4540 M. v. S. P. im Tunnel angefahrne Spaltensystem, zu dessen Durchfahung $4\frac{1}{2}$ Monate erforderlich waren, hat als Sellaseeschlange seine Runde durch alle Zeitungen gemacht. Denn obwohl 720 M. vom Südrand des Sellasee's beginnend, liess man sich nicht nehmen, dasselbe mit dem Seebecken in directen Zusammenhang zu bringen. Da aber die Schichtenstellung am Sellasee derartig ist, dass etwaige auf dem Seeboden austreichende, zerrüttete und zersetzte, Schichten schon bei ca. 4200 vom Tunnel hätten angefahren werden müssen, so zwang die populär gewordene Hypothese zur Annahme einer Verwerfung mit über 300 M. Sprung nordwärts. Auf diese Hypothese hin habe ich unter Berücksichtigung ihrer Consequenzen im Februar 1878 ein Profil construirt, selbiges aber bald wieder übergeben, da sich weder die Detailbeobachtungen im Tunnel noch die Ergebnisse fortgesetzter Untersuchungen des Seebeckens und seiner Umgebung ungezwungen damit in Einklang bringen liessen.

Der Sellasee ist auf 3 Seiten von gesunden Klippen mit Gletscherspuren so dicht eingefasst, dass etwaige, vom See bedeckte, faule Schichten von grosser Mächtigkeit nur ostwärts (nach dem Val Torta hin) fortsetzen könnten, während von einer Fortsetzung nach W. oder S.-W. nichts wahrzunehmen ist. Im See tauchen 2 Inseln auf, welche ich im tiefen Winter, vom Eis aus, zu wiederholten Malen untersucht habe: sie bestehen aus gesundem Gestein und tragen Gletscherspuren.

Andererseits lassen topografische Merkmale auf Verklüftungszone von geringerem Belang in der Nähe des Sellasees schliessen. Nahe dem Nordrand bemerkt man bei der ehemaligen Sennhütte Prosette ein Quellgebiet auf einer Verflächung des Terrains, wo die Schichtenköpfe umgelegt sind und von wo flache Einmündungen den Abhang schief hinaufziehen (in westsüdwestlicher Richtung nach à la Prosa hin; in fast westlicher nach der Lücke von Fortunei, und in entgegengesetzter Richtung in's Val Torta).

Die verhältnissmässig hohe Temperatur des Sellasee's, *) welche in $5\frac{1}{2}$ M. Tiefe mitten im Winter noch 3.4° beträgt, während der grosse Gotthardsee gleichzeitig in 13 M. Tiefe nur 2.2° besitzt, lassen auf warme Quellen d. h. auf offene Klüfte schliessen, welche im See austreichen. In der That bemerkt man, dass nahe dem südlichen Seestrand das Eis oft dünn, morsch, und der darüber liegende Schnee nass ist. Eine von hier N. 80 E. gezogene Linie geht durch das Val Torta und trifft endlich eine 68° nordwärts geneigte Lücke nahe den bekannten Mineralgruben des Val Prevost. Mit dieser Neigung würde die supponirte Spalte bei 4274 M. den Tunnel schneiden. Es wurde aber eine metermächtige Spalte, aus welcher per Secunde 1 Liter Wasser zuffloss, bei 4209 durchfahren, und viele Lettfugen folgten ihr zwischen 4250 und 4315.

Südlich vom Sellasee, circa 3600 M. v. S. P., liegt ein Quellgebiet in jener Einmündung, deren tiefsten Theil der kleine Sellasee einnimmt. Hier streichen verwerfende Klüfte zu Tage, welche dem Tunnel Wasser zuführen.

Bei 3255—3390 M. v. S. P. schneidet die Tunnellinie an der Oberfläche gleichfalls Runsen, welche Spalten entlang vertieft sind. Quetschung und Fältelung der Schichten deutet auf Verschiebungen, die hier im Gebirge stattgefunden haben.

Nach dem Passiren einiger Quellgebiete von weniger Bedeutung langen wir endlich an der schon besprochenen Grenzspalte zwischen Gotthardmassiv und Tessinmulde an, welche die Tunnellinie auf der Höhe von Alpe di Sorescia 2590 M. v. P. passirt.

Wenden wir uns vom Kastelhorngrat nordwärts, so treffen wir in der wüsten Kehle zwischen demselben und Aelpetligrat bei 7565 und 7494 M. v. N. P. zwei Bruchlinien, zwischen welchen die zertrümmerten Schichten nordwärts einfallen, während sie beiderseits südliches Einfallen besitzen.

Eine steil nach dem Guspisthal abfallende Schlucht ist in diesem Schichtenbruch tief ausgekollt. Oben trocken, thalabwärts aber sehr wasserreich, begrenzt die Schlucht nordwestwärts die schwarzen Kastelhorngesteine. In nordöstlicher Richtung zieht sich die Bruchzone unter den östlichen (vom Tunnel nicht unterfahrenen) Flügel des Annagletschers und dürfte die Auskesselung des Gletscherbodens wesentlich erleichtert haben. Es waren 2 Monate erforderlich um mit dem Tunnelstollen diese zerrüttete Gebirgsparthie zu durchfahren, und 165 M. nördlich von derselben machten Niederbrüche in einer anderen Verwerfungsspalte 8 Tage lang das Stollenort unzugänglich. Diese letztere Spalte geht bei circa 6600 M. v. N. P. zu Tage, in einer Einmündung am Fuss der jetzigen Gletschermoräne; sie ist auch als Lücke in den St. Annabergen, nördlich vom Guspis sichtbar.

*) ANMERKUNG. Es leben in demselben grosse Lachsforellen, obwohl der See jährlich nur während 4 Monaten offen ist. In den 140 Meter tiefer liegenden Gotthardseen gedeihen keine Fische, obschon man öfters deren eingesetzt hat.

Das Ausgehende noch anderer mit dem Tunnel durchfahrener Verwerfungsspalten deckt der Gletscher. Schichtenfaltungen, welche am Fuss desselben auf Rundhöckern blosgelegt sind, deuten aber gleichfalls auf Quetschungen und Bewegungen im Gebirge. Weiter verrathen Runsen und Quellmulden in der Tunnellinie bei (rund) 6300, 6400, 6000, 5750, v. N. P. und entsprechende Lücken in den umgebenden Gräten, Spaltungen; und am Bord lassen sich bei 5350 à 65 und 5000 direkt verwerfende Klüfte nachweisen, welche bis zum Tunnel hinabsetzen.

Zwischen etwa 5000 und 6000 M. v. N. P. treten am rechten Gehänge des Felsenthaler starke Quellen hervor, obwohl der überliegende Rücken der Gurschenalp trocken ist. Die Wasserzuflüsse beginnen in halber Gehängehöhe aus Rufen und sind im Thalboden am reichlichsten. Die stärkste dieser Quellen unmittelbar bei der Sennhütte Gige, besitzt eine mittlere Sommertemperatur $4,8^{\circ}$; dagegen eine auf der linken Thalseite, der Sennhütte gegenüber, an der Serpentinegrenze hervorkommende $7,8^{\circ}$. Die Differenz von 3° liess auf warme Quellen im Tunnel, nahe der Serpentineinlagerung, schliessen.

Wir haben die durch Ueberschiebung, Brechung und Stauchung der Schichten hervorgebrachten Unebenheiten als Grundzüge in der Gliederung unseres Gebirgsgebietes bezeichnet; die durch Spaltung und Zersetzung zerrütteten Gebirgsstreifen als die natürlichen Hauptwege der Erosion, welche die jetzigen Formen der Landschaft ausmodellirte. Sei es gestattet, noch einige Worte beizufügen über die Erosion, die erodirenden Medien und ihre Wirkungsweise.

Als erodirende Medien betrachten wir Meer, Gletscher, rinnendes Wasser. Blieben die höchsten Gebirgskämme geraume Zeit in jener Höhenlage über der Wasseroberfläche, in welche sie die oben angedeuteten mechanischen Vorgänge, oder nachträgliche Hebung, versetzt hatten, so konnten sich ihre Stränder den profilirenden Einflüssen des ebbenden und fluthenden Meeres ebenso wenig entziehen, als dies die heutigen Meeresstränder vermögen. Niemand zögert, hoch über dem heutigen Meeresspiegel liegende Strandlinien, Küstenterrassen etc. dem Meer zuzuschreiben, wenn sie in Skandinavien, Chile oder anderen Ländern vorkommen, wo säkuläre oder periodische Hebungen nachgewiesen sind. Waren aber die Alpen, unmittelbar vor den letzten Hebungen, nicht auch zum grössten Theil unter dem Meere versenkt? und tragen die flachen Böden, welche in Horizontalkurven wie Gürtel um die sonst steilen Berggehänge geschlungen sind, nicht so deutlich den Charakter von Strandprofilen, als man überhaupt erwarten darf, wenn man besinnt, dass sie nachträglich wieder vielfach deformirt, abgetragen, verwischt und überdeckt werden mussten, und dass sie ursprünglich an verschiedenen Punkten der Küste überhaupt verschieden ausgeprägt wurden, je nach der Widerstandsfähigkeit des Strandes und der lokalen Wirkungsfähigkeit der Meeresfluthen? Der Mangel an Meeresablagerungen mit Muschelbänken mitten in den Alpen hat wohl als Beweis gegen unsere Ansicht keine grosse Bedeutung, da kaum abzusehen ist, wie solche Ablagerungen den nachmaligen Gletscherströmen ohne eine Verkettung günstiger Zufälle hätten widerstehen können. Es kommen wohl einzelne Sand- und Geschiebablagerungen im Gotthardgebiet vor, welche marinen Bildungen ähneln; aber die Conchylien fehlen.

In unserem kleinen Gebiet treffen wir einen obersten Gürtel solcher flacher «Böden» oder nach unserer Auffassung Strandflächen, in der ungefähren Meereshöhe 2375 M., und zwar gleich hoch Nord und Süd vom Gotthard. (Für das Reussthal bis Göschenen fand ich 2372 ± 80 ; für das Tessinthal bis Faïdo 2379 ± 43 als mittlere Meereshöhe dieses Gürtels.) In demselben hören Zwergbirke*), Alpenrosen, Heidelbeeren und Wachholder zu wachsen auf; die Murmelthiere legen ihre Baue nicht über ihm an; seine Alpen werden nur kurze Zeit im Hochsommer mit Kühen befahren und in der Regel zu Schafweiden verwendet. Am oberen Rand dieses Gürtels liegen die ersten bleibenden Schneeflecke, 2420 à 60 M. ü. M. auf der Nordseite 2400 à 2500 M. auf der Südseite.

Die Tunnellinie schneidet diese Zone am Fuss des St. Annagletschers; im Boden des Guspisenthaler; zwischen Greno di Prosa und Sellasee; auf Alpe di Sorescia; oberhalb Grasso di Dentro.

Zwischen den Höhengurven 2400 und 2100 lassen sich zwar viele einzelne Verflächungen und Böden an den Berggehängen erkennen, welche jedoch nicht zwanglos in einen gemeinsamen Strandgürtel mässiger Breite zusammengefasst werden können. Wir nehmen desshalb an, dass sie einer Periode ruckweiser Hebung des Gebirges angehören, nach welcher wieder Stillstand — oder sehr langsame säkuläre Hebung — eintrat, während deren die Meeresfluth eine zweite, fast zusammenhängende, Strandlinie ausarbeiten konnte.

*) ANMERKUNG. Unterhalb St. Annagletscher.

Diese hat die mittlere Meereshöhe 2138 ± 57 nördlich vom Gotthard (Reussthal bis Göschenen) und 2098 ± 52 südlich vom Gotthard (Tessinthal bis Faido).

Der Unterschied (40 M.) in der Höhenlage dieser Strandlinie Nord und Süd vom Gotthard ist erklärlich, theils aus ungleich starken Hebungen des Gebirges, theils aus verschiedenen Fluthverhältnissen des Meeres auf beiden Seiten; ganz abgesehen von der Unsicherheit scharfe Grenzen und Mittellinien der flacheren Berggehängstreifen zu fixiren. Es lässt sich kein regelmässiges Abfallen dieser Linie in irgend welcher Richtung erkennen, obwohl sie von allen wohl die ununterbrochenste und am leichtesten zu verfolgende ist.

Hier befinden wir uns in der eigentlichsten Zone der Alpenweiden, welche von Mitte Juli bis Mitte September belebt sind; an der oberen Grenze der Grünerlendickichte mit ihren Hühnervölkern; im Revier der Murmelthiere und Schneemäuse. In einer nicht gar abgelegenen Periode erreichten noch Tannenwälder diese Region, wie Wurzeln in Torfmooren bei Alla Bolla und Grasso di fondo in 2180 und 2150 M. Meereshöhe beweisen. (Die gegenwärtige Waldgrenze erreicht am Nordabhang des Gotthard 1725 M. (Andermatter Bannwald); am Südabfall 1860 M. (Bosco di Stuei); das Knieholz geht aber daselbst bis 2050 M.; auf Fongio, Alpe di Lago und andern Punkten einzelne Lärchen bis 2100 M.).

Die Tunnellinie passirt die Alpenweidenstufe (von rund 2100 M. Meereshöhe) im oberen Felsethal (Gurschenalp) und bei Grasso di Dentro (Scipsius). Die zu dieser Stufe gehörigen Theile des Guspisthales, der Sella- und Soresciaalpen liegen westlich von der Linie.

Nach der verhältnissmässigen Ruhe, in welcher das Gebirgsland während der Abspülung dieser wichtigen Strandlinie sich befand, scheint wieder eine Periode ruckweiser Hebung eingetreten zu sein, als deren Folge viel kleine, in einander verlaufende und deshalb nicht leicht auseinander zu haltende Strandböden erscheinen. Am auffälligsten unter denselben ist jener der Südseite in 1609 ± 69 M. mittlere Höhe, welcher in der Tunnellinie die Alpe Stuei, westwärts davon Cima del Bosco angehört. Auf der Nordseite fällt der Gamsboden, zwischen Mätteli und Hospenthal, in diesen Horizont.

Abwärts folgt auf der Südseite eine dreistufige Bodenlinie in den mittleren Horizonten 1446 ± 36 ; 1356 ± 31 ; 1198 ± 51 M. ü. M. Auf diesen Stufen liegen die Bergdörfer der oberen Leventina; vorzugsweise sonnenseitig. Unterscheidet man die drei Stufen dieser Linie nicht und verbindet man einen dem Gebirge naheliegenden Punkt der oberen Stufe mit einem thalabwärts liegenden der unteren, so scheint es, als ob die Dorfterrassenlinie (als ganzes) sich das Tessinthal abwärts senkte. Ein solches Abfallen wäre zwar durch stärkere Hebung des Gebirgsrückens als des Gebirgsfusses während dieser Strandperiode sehr erklärlich. Wir erkennen jedoch in der unmittelbaren Nähe von Aiolo Fragmente der drei Strandstufen nahe aneinander und fast übereinander (Nante, alle Casine, Strade rosse auf der oberen Stufe; Albinasca, Bedrina, Gaspiei, Madiolo auf der mittleren; Aiolo, Valle auf der unteren), und sind wenigstens nicht gezwungen eine allmähliche Senkung dieser Linie thalabwärts anzunehmen.

Ihrer oberen Stufe entspricht nördlich vom Gotthard der schon erwähnte alte Strand des Ursernthales in 1470 à 1500 M. mittlerer Meereshöhe. Kein im Winter bewohntes Dorf des Bedretthales und der oberen Leventina liegt oberhalb dieser Stufe, über welche hinaus nur einige wenige Weiler des Reussthales (Göschenalp) sich gewagt haben. Es ist die Stufe der Bergwiesen (im Gegensatz zu Alpen) und der Winterställe; die Grenze, zu welcher Kartoffeln und wenig Roggen angebaut werden.

Die unterste (Aiolo) Stufe dieses Gürtels hat in der schon erwähnten Göschenener Wiesenfläche (1210 M. mittlere Meereshöhe) ihr nördliches Gegenstück. Wir werden auf selbige noch einmal zurückkommen.

Wenden wir uns nun zu den Gletschern. An der Tunnellinie finden sich nur wenige solche, und von diesen fast nur die letzten Ueberbleibsel. Direkt unterfahren wird der westliche Arm des St. Annagletschers zwischen 6865 und 7225 M. v. N. P. in 2640 à 2790 M. Meereshöhe. Sein Firn beginnt 2725 M. ü. M., ca. 7100 M. v. P. (September 1877). Auf dem Nordabhang des Greno di Prosa liegt wenige hundert Schritte westlich von der Tunnellinie in 2600 à 2700 M. Meereshöhe das letzte, höchstens 200 M. lange Fleck eines ehemaligen grossen Gletschers, unter dessen Boden der Tunnel zwischen Greno di Prosa und Guspisthal verläuft. Einen ganz entsprechenden Gletscherboden unterfährt er auf dem Nordabhang von Greno di Prosa zwischen 2660 und 2540 M. Meereshöhe. Westlich von der Linie liegt hier noch ein armseliges Gletscherfleck 2630 M. ü. M. (unterer Rand).

Bedeutender sind die Gletscher östlich von der Tunnellinie: Gurschengletscher, Ostarm des St. Annagletschers, Guspis- und Sellagletscher.

Eine auffallende Erscheinung ist, dass die untere Firngrenze dieser Gletscher nahezu in jene Meereshöhe fällt, wo die Bodentemperatur 0° wird (entsprechende mittlere Lufttemperatur $-4,03^{\circ}$); in der Tunnellinie liegt diese theoretische Firngrenze 2752 M. ü. M. 7100 M. v. N. P. Es kann durchaus nicht auffallen, dass die Umwandlung des Firnschnee's in bewegliches Gletschereis erst da stattfindet, wo die Temperatur des unterliegenden Bodens 0° übersteigt. In Folge der niederen Lufttemperatur dieser Region fallen hier fast alle Niederschläge als Schnee, von welchem nur ein Theil vor der Verwandlung in gleitendes Eis wieder verdunstet; die Hauptbedingung für Bildung und Erhaltung von Gletschern wird hier das richtige Verhältniss zwischen den atmosphärischen Niederschlägen dieser Region und der Neigung des Gletscherbodens, welche nicht so gross sein darf, dass das Gletschereis zu rasch in wärmere Zonen gelangt, also schneller wegschmilzt als es von oben zu ausreichender Mächtigkeit ergänzt wird. Abgesehen von allen andern wohl begründeten Ursachen für die Bewegung der Gletscher glaube ich, dass dabei die Schuttschicht zwischen Felsboden und Gletschereis auch eine Rolle spielt. Wegen der 0° übersteigenden Bodenwärme unter dem Gletscher schmilzt derselbe von unten ständig ab und verwandelt so den Schutt in Schlamm, welcher auf geneigtem Boden langsam fliesst, wie jeder andere Murgang.*) Vielleicht reitet mancher Gletscher auf diesem Schuttstrom ebensowohl thalabwärts, als er den Schutt thalabwärts schiebt. Von der Beweglichkeit dieses Schuttstromes habe ich mich im Sommer und Herbst 1877 am St. Annagletscher (Ostarm) überzeugen können. Im Gletscherthor versenkte Minimi- und Maximithermometer, welche mit Schnüren an Pflöcken und grösseren Steinen befestigt waren, bewegten sich sammt letzteren binnen weniger Tage merklich vorwärts und sanken gleichzeitig tiefer im Schlamm des Gletscherbaches ein. Uebrigens ergaben diese Versuche eine Temperatur des Gletscherwassers von $0,4$ à $0,8^{\circ}$.

Das Abrunden, Poliren und Schrammen der Klippunterlage dürfte die unbedeutendste von den Erosionswirkungen der Gletscher sein. Man beurtheilt den Effekt einer Lastfuhre nicht nach den Fahrgeleisen, welche sie im Weg zurück lässt, sondern nach den fortgeschafften Massen, und sollte bei Beurtheilung der Gletschererosion ähnlich verfahren. Die grösste Wirksamkeit derselben besteht darin, dass sie allen von den umgebenden Klippwänden abwitternden Schutt ununterbrochen wegführen, erst auf sich, dann unter sich. Desshalb kann sich an den Kesselrändern der Gletscher kein Sturzkegel von natürlicher Böschung bilden und allmählig an den Klippwänden so hoch hinaufsteigen, dass weiterem Abwittern derselben ein Damm gesetzt würde. Die Ränder ehemaliger Gletscherböden sind nicht schwerer zu erklimmen als irgend welche Schutthalde; jene lebendiger Gletscher meist äusserst schroff, zerrissen und beweglich. In Folge der eben angedeuteten Wirksamkeit können Gletscher ganze Berggräte durchfressen, um so leichter, wenn die austreichenden Schichten nicht in der Richtung des Gletscherstromes einfallen; und je mehr sie zerrissen, zerrüttet oder zersetzt sind.

Es lässt sich nun auch leicht ermessen, wie sehr die Auskesselung eines Gehänges durch Gletscher erleichtert werden muss, wenn es von Spaltenzonen durchzogen ist. In der Tunnellinie begegnen wir 2 auffälligen hiehergehörigen Beispielen. Am Nordabhang des Greno di Prosa ist der Boden des (jetzt fast verschwundenen) Gletschers dem Ausgehenden der grossen Verwerfungsspalte entlang ausgekesselt. Man kann sich ebenso leicht vorstellen, wie durch solches einseitiges Abtragen der Hauptkamm des Gotthardmassives an dieser Stelle zu seiner jetzigen geringen Höhe schwinden musste, wie dass derselbe sammt seinem »Glockenthürmli« nicht viele Jahrtausende mehr dem fressenden Greno di Prosagletscher würde haben widerstehen können. Weiter ostwärts schneiden dieselben verwerfenden Klüfte den Gebirgsgrat zwischen Tritthorn und Pizzo Centrale; und hier ist der Grat so weit abgetragen, als er durch die jetzigen Gletscher überhaupt abgetragen werden kann, denn der Firn zwischen Guspisgletscher und Sellagletscher bedeckt ihn fast. Ein zweites Beispiel liefert die zwischen Aelpetligrat und Kastelhorngrat ausgekehlte Verwerfungsspalte. Die Auskesselung des östlichen St. Annagletschers ist ihr gefolgt bis zu den zwei Gräten, und der nördliche derselben (Aelpetli) ist nahe östlich von der Tunnellinie zu einem flachen Rücken zertrümmerter Schichten abgerundet, welcher nordostwärts in den Gletscher eingreifend, denselben in einen östlichen und westlichen Arm spaltet. Letzterer befördert jetzt ausschliesslich Glimmergneis und ähnliche Bergarten, welche an den westlichen St. Annabergen und dem Aelpetligrat anstehen; der östliche Gletscherarm neben Glimmergneiss die Hornblendegesteine des Kastelhorngrates.

Wie ein Gletscherstrom sein Bett ausfegt und Schutthalden dasselbe nachträglich garniren, kann man am Guspisthal sehen, nahe der Mündung in's Reussthal. Halbkreisförmig ist sein Boden,

*) ANMERKUNG. Wildbachgeschiebe mit Schrammen und selbst Eindrücken sind bekannt genug. Im Tiefenthal und Langlauithal oberhalb Amsteg habe ich aber auch Schliffe und Schrammen gesehen, welche nur durch den jährlich mit Lawinen durch diese Runsen gleitenden Schutt hervorgebracht sein können.

welcher scharfkantig, etwa 100 M. über dem Reussthalboden, endet. Den Unterschied zwischen Erosion durch fliessendes Wasser und jener durch Gletscher, zeigt daselbst die vom Guspisthal zum Reussthal nach der Gletscherzeit 10 à 15 M. tief ausgewählte Bachschlucht.

Als der Reussgletscher vor dem Guspisthal noch 100 M. dick floss, muss der Guspisgletscher schon aufgehört haben hier den untersten Theil seines Bettes zu vertiefen.

Zwischen Felsenthal und Gurschenbach habe ich oberhalb Gige Gletscherspuren noch in 2245 M. bemerkt; im Felsenthalboden unmittelbar bei Gige in 1846 M. Hieraus ergibt sich als ungefähre Dicke des ehemaligen St. Annagletscherstromes wenigstens 400 M. Im Guspisthal sind (in der Tunnellinie) Gletscherschliffe wahrnehmbar «an den Seelein» in 2652 M. und im Thalboden in 2390 M. Meereshöhe, woraus als Minimaldicke des Guspisgletschers 262 M. folgt. Auf den Sella- und Soresciaalpen wurden (in der Tunnellinie) nach S. 60 W. gerichtete Gletscherschliffe zwischen 2232 M. (Seestrand) und 2370 M. beobachtet. Die daraus folgende Dicke des Hauptgletschers wäre 138 M. Am Südabhang des Greno di Prosa hat aber der nach dem Sellasee hin strömende Seitengletscher ältere, S. 3 à 15 E. gerichtete, Schrammen und jüngere, S. 40 E. gerichtete, abwärts bis zu 2495 M. ü. M. gezogen, und da er nicht viel tiefer in den Hauptstrom gemündet sein dürfte, so erhalten wir als zweiten Ausdruck für die Dicke des letzteren $2495 - 2232 = 263$ M.

Gegen diese ehemaligen Gletscherdicken erscheinen die heutigen ebenso zwergenhaft wie die heutige Horizontalverbreitung der Gletscher gegen die frühere. Noch im Jahr 1861 erstreckte sich, nach Blatt Andermatt der Dufourkarte in (1:50000), der westliche St. Annagletscher in der Tunnellinie von 6500—7290 M. v. N. P. d. h. 790 M.; im Jahre 1877, nach der Profilaufnahme, von 6865—7225 M. d. h. 360 M. In 16 Jahren hat er also 430 M. eingebüsst und zwar $7290 - 7225 = 65$ M. am oberen Rand; $430 - 65 = 365$ M. am unteren. In vertikaler Richtung hat der Rückzug unten ca. $2640 - 2480 = 160$ M. betragen; oben $2840 - 2790 = 50$ M.

Nach den Merkpunkten, welche mir Jäger und Strahler gezeigt haben, erstreckte sich vor 30 Jahren der westliche Gletscher ca. 515 M. weiter abwärts und $2640 - 2460 = 180$ M. tiefer als gegenwärtig; und der östliche (grössere) mehr als 500 M. abwärts, denn er erreichte nicht nur die oberste Staffel des Felsenthal, sondern schüttete seine Eisblöcke auch noch über diese hinab in den wüsten Schuttboden, unter welchem die Tunnellinie das Felsenthal schneidet.

Uebrigens scheint während der letzten 30 Jahre auch eine kurze Periode des Vorschiebens stattgefunden zu haben. Denn die zum Theil vernarbte ältere Endmoräne des westlichen Gletschers (6540—6600 v. N. P.) ist stellenweise von einer neueren überschüttet, an welche sich die jetzige, aufwärts noch lebendige, anlehnt.

Die Gletscher auf beiden Seiten des Greno di Prosa waren schon zur Zeit der Aufnahmen des betreffenden Kartenblattes (1861) bis auf einzelne Flecke verschwunden.

Erosion durch fliessende Wässer. Weit davon entfernt, die von Rütimeyer so greifbar dargestellte Bedeutung derselben zu unterschätzen, können wir andererseits diesem Agens allein nicht alle Wirkungen zuschreiben, für welche gleichzeitig noch andere Ursachen erkennbar sind, wie im vorgehenden durch Beispiele vom Gotthard zu erläutern gesucht worden ist. Wir haben uns erlaubt, die Gürtel flacher Böden an den sonst steileren Berggehängen («Borden») als Wirkung der Meereshöhen auf die Stränder darzustellen, und wollen nun auch die Gründe anführen, wesshalb wir dieselben nicht als Folge der Erosion fliessender Wässer betrachten. Dagegen spricht zunächst ihr fast horizontaler Verlauf in fast gleicher Meereshöhe, auf beiden Seiten des Gotthard. Dies ist eine geometrische Frage, welche desshalb auch sicherer durch sachgemässe Combination starrer Ziffern gelöst wird als durch Waltenlassen von Totaleindrücken auf das Gefühl. Ferner würden die obersten dieser Gürtel, wenn sie durch fliessendes Wasser direkt verflächt wären, enorm breite Ströme voraussetzen, für deren Speisung das Niederschlagsgebiet des höher liegenden Terrains durchaus nicht genügt; und je mehr dies Niederschlagsgebiet an Grösse zunahm, desto mehr hätten die Ströme (welche die tieferen Gürtel denudirten) an Breite abgenommen! Haben dagegen kleine Wasserläufe nur durch «*) Einschneiden vertikal und horizontal die Gestalt und Lage der Sohle des Thales bestimmt, die Verwitterung hingegen den Bau der Gehänge», so folgt aus der Konstruktion irgend welchen Querprofils des Reuss- oder Tessinthales, dass bei Berücksichtigung der natürlichen Böschung abwitterenden Gesteinsschuttes jene Thalsole, welche die oberen Terrassen bestimmen konnte, tief unter der jetzigen Thalsole gelegen haben müsste.

*) ANMERKUNG. Die apostrofirten Worte sind einer Abhandlung A. Heim's «Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss» entlehnt.

Der auffälligste Einfluss fließenden Wassers auf Thalbildung besteht im Einschneiden von Rufen und Schluchten (Cannons, Rofflen) einerseits; im Wegschaffen und Ablagern des gelösten Materiales (Schuttkegel, gefüllte Seebecken) andererseits.

Das Einschneiden kann durch Abscheuern erfolgen, oder durch Losreissen und Wegspülen grösserer Gesteinsbrocken. Letztere Arbeitsweise des erodirenden Wassers ist die ungleich wirkungsvollere; sie setzt aber Ablösungen im Gestein voraus, und deshalb weisen präexistirende weichere Schichten, Spalten, verwitterte und zerrüttete Gesteinsstreifen, Verklüftungszonen, der Erosion durch fließendes Wasser die Bahn an.

Unterhalb der obersten Staffel des Felsenthales läuft der Bach vom St. Annagletscher in mehreren Zweigen über einen mit Gletscherschutt bedeckten Boden, dessen oberer Theil vor 30 Jahren noch mit Eis bedeckt war. Die Bachbetten liegen theils in Schutt, theils auf dem polirten Klippboden, dessen Gletscherschrammen sie noch nicht haben verwischen können, trotz starken Gefälles und reichlicher Schutführung. Die Erosion durch Scheuerung während mehr als 30 Jahren ist hier = 0 zu setzen. An anderen Punkten desselben Bodens haben sich aber dieselben Bäche schon ellentief in das anstehende Gestein eingesägt, und die Beschaffenheit und Verklüftung des Gesteines, in welchem daselbst die rauhen zackigen Bachbetten liegen, zeigen genugsam, dass das «Einsägen» durch Abbröckeln und Wegspülen zusammenhängender Gesteinsfragmente erfolgte. Bei 5800 M. vom Nordportal schliesst dieser Boden mit einem Steilabsatz von circa 25 M. Höhe. Der abstürzende Felsenbach hat in demselben ein winkeliges Couloir vertieft, dessen Form bedingt ist: 1° von der Schichtung N. 36 E. †*) 65 S.; 2° von N. 64 W. † 78 N. Klüften; 3° von 5 W. † 50 S.-W. Klüften. Die letzteren beiden Kluftsysteme scheinen für die Richtung des Felsenthales (N. 32 W.) überhaupt bestimmend gewesen zu sein. Ueberall, wo Serpentin (Gige) oder zähes hornblendhaltiges Gestein (Gigenstaffel; eben erwähnter Absturz; Staffel nächst dem St. Annagletscher) dies Thal durchsetzt, hat es auch einen grösseren Wasserfall, welchem die feste Gesteinsbank als Wehr dient. Bei Gige ist das Bett des Felsenthales auf eine kurze Strecke etwa 1/2 M. breit und höchstens 2 M. tief durch eine gletscherpolirte Serpentinplatte gescheuert. Unmittelbar unter dieser Rinne hat aber der Fall im loseren Nebengestein des Serpentes eine Schlucht von wohl 20 M. Tiefe ausgekolkt, deren ungeschliffene rauhe zackige Wände beweisen, dass hier dasselbe Wasser auf eine praktischere Weise minirte als durch Scheuern.

Die N.W. vom Kastelhorngrat nach dem Guspisthal eingerissene Schlucht wurde schon erwähnt; ebenso die Bachschlucht am Ausgang des Guspisthales in das Reussthal; man sieht daselbst kein Resultat einer scheuernden Arbeit des Wassers, wohl aber einer losreissenden und wegspülenden; und dasselbe gilt von der fast 2 Kilometer langen, streckenweise tiefen und wüsten, Schlucht, welche sich der Ticinetta vom kleinen Sellasee zur Gotthardstrasse gewühlt hat.

Als Beispiel für Ablagerung des von fließendem Wasser mitgeführten Materiales sei hier nur die allmähliche Auffüllung des Sellasee's erwähnt. Derselbe galt allgemein für ausserordentlich tief, bis ich als seine grösste Tiefe in Tunnellinie 4,35 M. und westwärts 5,7 à 6,2 M. fand. Auf dem Boden liegt aber tiefer Schlamm, so dass zwei aneinander gebundene Lawinensondirstangen von zusammen etwa 9 M. Länge keinen festen Boden erreichten. Das Ausfüllungsmaterial ist theils durch Lawinen von der Grenoprosaseite herabgeführt, hauptsächlich aber durch den Tortabach eingeschlämmt. Auf der Valtortaseite ist der Seeboden ganz flach geneigt und die Strandlinie rückt hier von Jahr zu Jahr seeeinwärts. Nach der 1861 aufgenommenen topografischen Karte liegt die östliche Insel fast 50 M. vom Land; jetzt könnte man sie durch einen Sprung erreichen.

Einige andere Beispiele für den Antheil des fließenden Wassers an Thalbildung wird uns die nächste Umgebung von Airolo liefern.

Das Hauptgestein des Gotthardmassives ist Glimmergneiss; in der Umgebung des Sellasee's wird derselbe zu typischem Gneiss; ausserdem aber wechseln in bunter Reihenfolge glimmerreiche und quarzfeldspathreiche Schichten, deren Endglieder glimmerschieferähnlich, gneissartig oder quarzitisch sind. Hornblendegesteine kommen (in der Profillinie) nur an den auf dem Profil verzeichneten Punkten vor: zwischen Gige und Gigenstaffel; oberhalb Gigenstaffel; am Fuss der Annaberger; am Kastelhorn, im Guspisthal; zwischen Greno di Prosa und Sellasee. An letzterwähntem Punkt streichen Hornblendegesteinsschichten vom Pizzo Centrale nach Fortunei durch die Tunnelebene. In der Tunnellinie liegt ihr Ausgehendes unter dem Schutt des ehemaligen Greno di Prosagletschers, wenige hundert Schritte östlich und westlich von der Linie stehen sie aber an, wenn auch in geringerer Mächtigkeit als an den genannten Punkten. Ein Paar handbreite Hornblend-

*) ANMERKUNG. † Bedeutet Einfallen.

gesteinsstreifen auf *Alpe di Sorescia*. Serpentinisirt ist das Hornblendegestein an einigen der genannten Stellen. Wirklicher Serpentin steht dagegen nur östlich und westlich von der Tunnellinie am Gurschenbach und bei Gige an, in einem Lager, welches durch Verwerfungen in linsenförmige Stöcke zerschnitten ist. Ganz ähnliche Linsenform besitzt auch das Hornblendegestein des Kastelhorngrates, wie sich am leichtesten vom Schwarzlochhorn aus übersehen lässt.

Der vom Tunnel durchfahrene Theil der Tessinmulde erstreckt sich vom Portal Airolo bis 3178 M. und hat seine natürliche Nordgrenze an der Oberfläche bei 2590 M. v. S. P. in der schon mehr erwähnten Schlucht südlich vom *Sorescia*. Aus ähnlichen topografischen Gründen, wie sie für das Ursernthal geltend gemacht wurden, betrachten wir auch das Tessinthal vom Nufenen bis zum Pass zwischen *Pian alto* und *Fongio* als eine etwa 1200 M. tiefe, auf 22 à 23 Kilometer der nordöstlichen Streichrichtung der Schichten folgende Mulde, welcher sich als zweite, kleinere, Mulde zwischen *Fongio* und *Scal-Columbe* das über 700 M. höher belegene *Val Piora* anschliesst. Bei *Stalvedro* durchbricht der Tessin den südöstlichen Muldenrand und folgt sodann in Ostsüdostrichtung einem zweiten Längenthal, welches sich bei *Cornone* ausspitzt, während es der Fluss schon vorher durch die Schlucht von *Dazio grande* wiederum seitlich verlässt.

Ebenso mannigfaltig wie der äussere Bau des Tessinthalsystemes ist auch der geologische. In der (südwärts verlängert gedachten) Tunnellinie ist zwar an beiden Thalgehängen Symmetrie im Schichtenbau wahrnehmbar, indem das Einfallen am südlichen Gehänge südlich, am nördlichen nördlich ist; auch lassen sich vom Dolomit der Thalsohle an bergwärts aufeinander folgende Schichten parallelisieren, so dass hier hinreichende Daten vorliegen zur Construction einer Schichtenmulde mit thaleinwärts gebogenen Rändern. Steigt man aber in südlicher Richtung höher, so tritt dieser Anschauungsweise entgegen, dass die auf der Nordseite spärlichen Kalkglimmerschiefer vorherrschen und in denselben von neuem Dolomitlager auftreten (ostwärts nähern sie sich bei *Fiesso* der Thalsohle und verlaufen dann in dieser über *Prato* nach *Cornone*). Ohne die Voraussetzung wiederholter Schichtenfaltungen und von Verwerfungen dürfte es schwierig sein den geologischen Bau des Tessinthales zu verstehen.

Das bei *Stalvedro* in's Tessinthal mündende *Canariathal* schneidet die Schichten spitzwinkelig und ist keineswegs als nordöstliche Verlängerung der Tessinthalmulde (*Nufenen-Airolo*) zu betrachten, obwohl sein unterer Theil durch Dolomit, Kalkglimmerschiefer, Anhydrit u. s. w. verläuft. Diese Schichten setzen alle nach dem *Val Piora* hin fort, und der Kalkglimmerschiefer des *Pian alto* ist ihre Mittelzone.

Die Gesteinsschichten des (vom Tunnel durchfahrenen) nördlichen Flügels der Tessinmulde sind grösstentheils an der *Gotthardstrasse* aufgeschlossen, vom *Zufuchtshaus San Giuseppe* abwärts. An dem daselbst in die *Tremola* mündenden *Val San Antonio* steht noch der dünnplattige Glimmergneiss des *Gotthardmassives* an. Ihm folgen bis zur Mündung der *Tremol*-schlucht Hornblendegesteine von sehr verschiedenem Habitus in endlos wechselnden dünnen, mitunter linsenförmigen, Schichten. Zwischen denselben liegen Schichten von dichtem oft quarzitischem Gneiss, welche zwischen *Ponte Tremola* und *Cima del Bosco* an Mächtigkeit und Zahl zunehmen. Hier treffen wir (auf beiden Seiten des *Tremolaplateau's*) rostig verwitterte grüne Glimmerschiefer mit zahlreichen Hornblendegesteinsstreifen. Eine nähere Untersuchung lehrt, dass die rostigen porösen Einlagerungen das Ausgehende von Kalk- und Schwefelkies-führendem Quarzitschiefer sind, welchen man nordostwärts an den rüfgen okerfarbenen Klippen des *Sassorosso* (oberhalb *Airolo*) wieder erkennt.

Thalabwärts schneiden die Strassenwindungen vielfach wechselnde Schichten von Granat- und Hornblendeglimmerschiefer mit grünem und grauem Glimmer; von Hornblendegestein und von rostigem Quarzitschiefer. Vom Steinbruch nächst dem *Chiesso* abwärts tritt aber der grüne Glimmer zum Verschwinden zurück, während silbergrauer vorherrschend wird. Die hornblendeführenden Einlagerungen nehmen ab; die Granaten an Grösse und Menge zu. Diess sind die meist bekannten Granatglimmerschiefer von *Airolo*. Sie umschliessen u. a. Schichten von schwarzem Granatglimmerschiefer, wovon alle Wildbäche vom *Scipsius* lose Steine herabführen. Nächst dem Dorf stehen dieselben am *Valeggio* an, nahe dem Waldsaum; und an ehemaligen Wasserfällen des *Ri di Jenni*. Dünne Einlagerungen von Kalkglimmerschiefer lassen sich an der Oberfläche nur schwierig erkennen, weil dies Gestein nach Auswittern des Kalkes gewöhnlichem rostig zerfressenem Glimmerschiefer gleicht. Erst durch Construction vom Tunnel auswärts habe ich solche Kalkglimmerschieferschichten am *Ri di Jenni* wieder finden können.

Dolomit und dergl. ist unmittelbar an der Gotthardstrasse bis Airolo nicht aufgeschlossen. Man sieht aber diese Schichten am jenseitigen Flussufer und findet sie auch am diesseitigen wieder, bei den Tunnelinstallationsgebäuden und von da die Tessinwasserleitung aufwärts. Unterhalb des Dorfes sind sie nahe am Kirchhof durch den Valeggio entblösst. Dieser Aufschluss, und eine Reihe entsprechender unmittelbar am rechten Tessinufer, enthält die auf dem Profil eingetragene Schicht von Kalkglimmerschiefer und Quarzitschiefer mitten im dolomitischen Kalkstein. Letzterer umschliesst stockförmige Einlagerungen von Gyps und Anhydrit, sowohl im Canariathal als am rechten Tessinufer, Airolo schief gegenüber. Die dem Tunnel nächst belegenden Dolomitaufschlüsse des linken Ufers zeigen dagegen weder Gyps noch Anhydrit, welche auch im Tunnel fehlen. Im Gypsstock hat der Riale di fore Airolo gegenüber tiefe Schlotten ausgewaschen, in denen der Bach verschwindet, um erst am Tessin wieder zu Tage zu treten. Aufwärts sind die Schlotten zu einem kleinen elliptischen Circusthal von etwa 7 M. Tiefe planirt.

Von der Tremola bis Airolo streichen die Schichten nordöstlich und fallen nordwestlich ein, und zwar abwärts flacher und flacher.

In dem tiefen natürlichen Profil der Tremolaschlucht lässt sich gleichfalls erkennen, dass dieselben Schichten oben flacher als unten einfallen, d. h. bogenförmig verlaufen. Zum Theil wird diese Erscheinung von dem muldenförmigen Schichtenbau bedingt, z. Th. dürfte sie aber durch Umkippung der Schichtenköpfe zu erklären sein, und diese aus dem Verwittern und theilweisen Wegführen stützender Schichten im Liegenden. Im Canariathal überragt der Anhydrit und Gyps gegen 700 M. die Tessinthalsohle. In letzterer sehen wir noch heute durch Weglösen desselben Gypses Erdfälle entstehen. Wurde auf ähnliche Weise der 700 M. hohe Gypsstock nebst umgebendem Dolomit etc. zwischen Airolo und Val Canaria weggeführt, so mussten die am Thalgehänge ausstreichenden Schichten ihre Stütze verlieren und sich thaleinwärts neigen. Eine solche Umbiegung starrer Schichten ist aber ohne innere Zerrüttung physikalisch unmöglich, und die Zerrüttung musste den Tagewässern den Zutritt in's Innere aufschliessen. Daher die Wasserzuflüsse und zersetzten Schichten im Tunnel bei Airolo!

Die allmälige Verflächung der Schichten nach dem Ausgehenden wurde erleichtert durch die vorherrschenden, südwärts einfallenden Klüfte, auf welchen ihrer Stütze beraubte Gesteinsstreifen successive thalabwärts rutschen konnten, um so leichter als steil einfallende N.-S.-Klüfte diese Streifen auch querüber zerschneiden und ablösen. Die Schluchten der den Scipsius herabkommenden Wildbäche folgen solchen N.-S.-Klüften.

Der Dolomit beginnt erst 38 M. vom Tunnelportal, welches, 1145 M. ü. M., in Schutt angesetzt ist.

Oberhalb Airolo vereinigte sich mit dem grossen Gletscher des Bedrettothales der kleinere vom Gotthard (Sorescia, Sella).

Letzterer scheint aber den Thalboden nicht mehr erreicht zu haben, als der Bedrettogletscher daselbst noch das Material zu der langen äsartigen Moräne des Tunnelbauplatzes absetzte, welche in den letzten 7 Jahren theils überbaut, theils abgetragen worden ist. Denn dieser, der Thalrichtung folgende Moränenrücken besteht ganz überwiegend aus Gesteinen des Bedrettothales, unter denen namentlich der Granit von Pizzo Rotondo und Pesciora an seinem röthlichen Quarz leicht zu erkennen ist. Von solchem Granit steht im Gebiet des ehemaligen Gotthardgletschers nur ein unbedeutender Streifen im Val Tremola an.

Man darf sich vorstellen, dass die früher besprochene dreifache Strandlinie von Airolo mit ihren Stufen in (rund) 1450, 1360, 1200 M. Meereshöhe schon vor der Vergletscherung des Thales existirte, dass aber die Stretta di Stalvedro noch geschlossen war, als sich der Bedrettogletscher jenseits Airolo zurückzog, und dass ein Binnensee das Thal füllte von Stalvedro hinauf bis fast zur Mündung der Tremola in den Tessin. Dieser See hatte seinen Abfluss östlich von der jetzigen Schlucht, 1150 à 1160 M. ü. M., zwischen Madrano und den Klippen von Stalvedro, welche in dieser Höhe (auf der nach Madrano gewendeten Seite) noch die deutlichsten Scheuerspuren von fliessendem Wasser zeigen. In fast gleicher Höhe liegen auch die nach dem jetzigen Tessin steil abgeböschten Wiesenterrassen zwischen Valle und der Strasse, das Plateau mit dem Kirchhof von Airolo (1160 M.) und der Wiesenstreif von da bis oberhalb Tunnelmündung, dessen ursprüngliche Contour und Steilböschung durch die Bahnarbeiten und Neubauten aber theilweise verwischt ist. Gegenüber auf dem rechten Tessinufer entspricht dieser Terrasse die Wiese della del acqua di fore.

Die scharf gezeichneten unteren Terrassen der Umgebung von Airolo mit ihren kleineren Abstufungen lassen sich am besten von Madrano aus übersehen.

Wir erblicken in denselben jedoch weniger die eigentlichen Stränder des ehemaligen Binnensee's, als vielmehr die Ueberreste seines ebenen Bodens, in welchen sich bei allmäliger Vertiefung der jetzigen Schlucht von Stalvedro die Hochwässer des Tessin mit steilem Uferand einschnitten. Auch diese Schlucht ist durch fließendes Wasser erodirt, wie Scheuerspuren circa 15 M. über der Strasse nächst unterhalb der letzten Gallerie bekunden. Die Hauptleistung des Wasserfalles bestand aber auch hier nicht im Poliren von Klippen, sondern im successiven Unterspülen, Losreißen und Wegführen verklüfteter Schieferschichten, deren Köpfe noch schroff und zackig die wilde Schlucht umrahmen.

Das Material der Terrassen im Thalboden von Airolo ist verwaschener Moränen- und Wildbachschutt. In der Mitte und am südlichen Gehänge des Thales herrschte Gletscherschutt aus dem Bedrettothal vor, am nördlichen Gehänge Gletscherschutt vom Gotthard, wie Bruchstücke von braunem Glimmergneiss, Sellagneiss und Gotthardgranit in der Valle-Terrasse bekunden. Der Wildbachschutt des rechten Tessinufers kam durch den Riale di Sasso hinzu; er besteht überwiegend aus Kalkglimmerschiefer. Auf dem linken Ufer führten der Ri di Jenni, Valeggio und Dragone Schutt vom Scipsius herab (Hornblendegesteine, Glimmerschiefer, Quarzitschiefer, schwarze Glimmerschiefer; der Dragone auch wenig Dolomit), der Canariabach solchen aus dem Canariathal (ausser den eben genannten Gesteinen auch reichlich Dolomit, Kalkglimmerschiefer und Anhydrit). Ein sehr deutlicher, aber vernarbter und zum Theil bewaldeter konischer Schuttkegel liegt östlich vor der Mündung der jetzigen Vallegiolawinenschlucht; und nächst West vor dem Canariathal ist ein Hügel aus grobem und feinem charotischem Canarienschutt aufgebaut.

Die Valle-Terrasse zeigt Schichtung, welche im Canariathal ca. 15° gegen das Tessinthal abfällt, in den Eisenbahnanschnitten längs der Strasse (durch Reihen grober Blöcke roh angedeutet) aber fast horizontal verläuft. Hier ist Gletscherschutt und Moränenschutt durcheinander gemengt. Der flache Schuttkegel des Riale di Sasso ist mit Gebüsch verwachsen, durch welches der Wildbach nur noch selten ausbricht. Von jenem des Ri di Jenni erkennt man kaum Spuren, und dennoch soll nach einer Sage dieser Wildbach das alte Airolo verschüttet haben, welches nahe dem jetzigen Tunnelportal lag. Die Quellen des Ri di Jenni sind nun auch vom Tunnel verschluckt und der Bach existirt nur noch durch sein Bett und seinen Namen.

Der Tunnelvoreinschnitt hat über die Verwaschung und Schichtung des Gletscher- und Wildbachschuttes am Strand eines Binnensee's die unzweideutigsten Aufschlüsse gegeben. (Siehe Blatt I, Airolo der geologischen Durchschnitte in 1:200). Es wechselten im 11 M. tiefen Voreinschnitt, und 38 M. tunneleinwärts, Schichten von Sand, Kies, groben Geschieben und Blöcken, welche am Portal ca. 7° nach dem Thal hin abfallen, 360 M. vor dem Portal aber fast horizontal austreichen. Ihre Fortsetzung ist hier denudirt. Die meisten dieser Schichten sind durch Torfsubstanz geschwärzt, um so intensiver, je mehr sie sich der Thalmitte nähern. Eingelagert waren zwei dünne Torfschichten, ca. 2½ M. übereinander, die untere von Sand umgeben, die obere von sandigem Letten. Letztere umschloss Bruchstücke von wohl erhaltenem Astholz (Birke, Hasel, Tanne u. a. noch in der Umgegend heimische Arten).

Es ist zwar denkbar, dass das Tessinthal bei Airolo schon bewohnt war als der dasige See noch existirte. Doch wird eine solche Annahme nur dadurch schwach gestützt, dass im geschichteten Sand des Voreinschnittes zur Tunnelcurve einige fussgrosse Flecke zum Vorschein kamen, welche durch Holzkohle geschwärzt waren. Unter dem alten Bett des Ri di Jenni wurde zwar ausserdem in diesem Voreinschnitt eine 4,5 M. lange, 0,2 à 0,5 M. dicke «Fundsicht», 3 M. unter der Oberfläche, 1155 M. ü. M., aufgeschlossen. Dieselbe lag aber auf undeutlich geschichtetem grobem, braunem Sand und war von Wildbachschutt bedeckt. Etwa 11 M. nordwärts fand sich, gleichfalls in Wildbachschutt begraben, ein roher Schleifstein mit viereckigem Auge und das plumpe Gemäuer eines Kamines. Vielleicht Ueberreste des der Sage nach verschütteten alten Airolo's. Die «Fundsicht» war mit dem Gemäuer durch einen dunklen Sandstreifen verbunden. Sie bestand aus glimmerreichem, durch organische Stoffe dunkelbraun gefärbtem Sand, welchen zunächst 0,1 à 0,2 M. dick weiss gebleichter Sand umgab. Es lagen hier Massen von Holzhausspännen; einige Kohlbrände; zahlreiche Knochen von Schaf, Ziege, Schwein, einige von Mäusen benagt, andere mit Messerritzen; Haselnusschalen; roh zugeschlagene Bergkrystalscherben; Lederfetzen, das Bruchstück einer Holzschale und die Scherbe eines aus Giltstein gedrehten Gefässes. Das hohe Alter dieser Abfälle wird zwar durch Vivianitüberzüge dokumentirt; allenfalls aber sind sie jünger als die Schichten von Kies, Sand, Torf, etc., welche sich im Seebecken absetzten vor Oeffnung der Stretta di Stalvedro.

Einzelne Abschweifungen im vorgehenden Resumé über die geologischen Beobachtungen an der Tunnellinie bitte ich damit entschuldigen zu wollen, dass es mir nützlich schien auf äussere Erscheinungen hinzuweisen, deren genaues Studium von Bedeutung für die richtige Beurtheilung grösserer Tunnelprojekte ist; und wünschenswerth, die gebotene Gelegenheit auch zur Veröffentlichung einiger Daten von wissenschaftlichem Interesse zu benutzen, welche gelegentlich der Aufnahmen für das Gott-hardprofil gesammelt wurden, aber nicht anderweitig als hier veröffentlicht.

Im folgenden Abschnitt über die durch den Tunnelbau gewonnenen Aufschlüsse im Innern, kann ich mich kürzer fassen, und hinsichtlich der meisten Details auf die Sammlungen und begleitenden geologischen Durchschnitte und Tabellen hinweisen, in welchen die Tunnelbeobachtungen protokolliert sind.

Tunnelaufschlüsse.

Gebiet des Finsteraarhornmassives: 0 bis 2010 M. v. N. P.

Der vorherrschende Gneissgranit besteht aus Orthoklas (nach Sjögren Mikroklin); Plagioklas; Quarz; schwarz-grünem Eisenmagnesiaglimmer; weissem (grünlichem) Kaliglimmer (Damourit?). Der weisse Orthoklas ist frisch, oft klar; umschliesst weniger Mikrolithe als der Plagioklas, dessen Krystalle oft in den Orthoklas hineinragen. Der Plagioklas ist in der Regel unklar durch beginnende Verwitterung; mattgrün durch zahllose Epidot- und Salit- (oder Diopsid-) Mikrolithe; seine deutliche Zwillingsstreifung wird durch den Wechsel mikroskopischer, häufig gebogener, Lamellen veranlasst. Der Quarz ist glasig; wasserklar, selten schwach bläulich oder röthlich gefärbt; seine unregelmässig begrenzten Körner und Lamellen sind zwischen den Feldspäthen abgelagert und zeigen mitunter Abdrücke der Feldspathstreifung, woraus auf späteres Festwerden des Quarzes geschlossen werden darf. Mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglichen Libellen sind im Quarz nicht selten, kommen aber auch in Mikrolithen, namentlich in Apatit häufig vor. Ausser letzterem sind als mikroskopische Einschlüsse im Quarz zu erwähnen: Zirkon, Salit, Epidot, Andalusit (?). Die Flüssigkeitseinschlüsse, welche übrigens auch den Feldspäthen nicht ganz fehlen, sind nach Meyer keine liquide Kohlensäure, sondern Salzlösungen oder vielleicht kohlenensäurehaltiges Wasser. Der schwarzgrüne Eisenmagnesia-Glimmer zeigt unter dem Mikroskop hexagonale Durchgänge. Sein spec. Gewicht ist 3,16; Glühverlust 0,9%; er enthält wägbare Quantitäten Titansäure. Die Schuppen desselben sind unregelmässig begrenzt; ihre Kanten zerfetzt.

Der weisse, vermuthlich rhombische, Glimmer tritt in dünnen Häuten oder zarten Schuppen auf, welche in die übrigen Gemengtheile des Gesteines eindringen oder sie umhüllen. Der als Gemengtheil dieser Gesteine angegebene Talk (und Brucit?) dürfte grösstentheils hieher zu rechnen sein.

Ausser den schon im vorgehenden erwähnten mikroskopischen Accessorien des Gneissgranites kommen noch Titanit, Magneteisen und Amfibol vor. Makroskopisch: Epidot in dünnen Adern und Streifen; Kiese.

Von den aufgezählten constituirenden Bestandtheilen des Gneissgranites überwiegen die Feldspäthe (besonders der Orthoklas) den Quarz. Wäre der Glühverlust des Gesteines (0,25%) nur durch den oben genannten des Eisenmagnesia-Glimmers (0,9%) bedingt, so würde der Gneissgranit 27,7% von diesem Glimmer enthalten; dies ist aber offenbar zu hoch. Der weisse Glimmer kommt zwar nur spärlich vor, verursacht aber wesentlich die deutlichere Parallelstruktur der gneissartigen Gesteinsvarietäten. Die Parallelstruktur des gewöhnlichen Gneissgranites ist so undeutlich, dass sie in Handstücken oft kaum wahrgenommen werden kann, obwohl sie im grossen durch die Vertheilung der dunkelgrünen Glimmerschuppen und die Anordnung der Quarzfeldspathkörner mehr in die Augen springt. Die italienischen Steinhauer (« Graniter ») wissen sie beim Abschroten der Werksteine trefflich zu finden. Im einzelnen, von den umgebenden durch ihre Mineralbestandtheile gar nicht verschiedenen, Schichten wird die Struktur deutlich faserig, selbst unebenschieferig, indem der weisse Glimmer in zusammenhängenden, wenn auch äusserst dünnen, Häuten auftritt und die Schuppen des schwarzgrünen in Striemen angeordnet sind. Gleichzeitig erscheint dann der Orthoklas nicht selten in Knoten (Augengneiss). Solche gneissartige Schichten sind häufig bei 200—290; 350—400; 750—800; 890—990; 1600—2000. Auf dem Profil sind sie nicht angedeutet. Das spec. Gewicht des Gneissgranites ist 2,68; seine Farbe weiss.

Schon durch letztere unterscheidet er sich von grauen Gneisssschichten, welche durch reichlicher beigemengten schwarzgrünen Glimmer im ganzen dunkler gefärbt und deutlich geschiefert sind. Sie enthalten oft weniger Quarz und mehr Feldspath als der gewöhnliche Gneissgranit und besitzen

häufig ausgesprochene Augengneissstruktur. Letztere und die deutliche Schieferung wird doch nur im Grossen recht bemerkbar; an der Oberfläche, z. B. an der Balm und an den Wänden der Hevekehle.

Der graue Gneiss umschliesst aber auch Schichten mit granitischer Struktur (grauer Gneissgranit); andere von gewöhnlichem Gneissgranit; verflochtene Einlagerungen von Eurit und Glimmerschiefer. Der ganze Complex dieser Gesteine zwischen 1100 und 1525 M. ist auf dem Profil als Gneiss bezeichnet. Kleine Falten im grauen Gneiss, Discordanz der aufeinander folgenden Schichten, zu Gängen verarbeitete Risse bekunden Quetschungen, denen hier das Gebirge ausgesetzt war. Der grösseren Leistung, womit in diesem Gebiet die Erosion an der Oberfläche wirkte, entspricht der beschleunigte Tunnelfortschritt in demselben Terrain. Zwischen 87 und 1100 betrug er mit Maschinenbohrung im Gneissgranit 2,1 M. täglich; zwischen 1517 und 2010 M. gleichfalls im Gneissgranit 2,9 M.; dagegen zwischen 1100 und 1517 im grauen Gneiss 3,8 M.

Im Gneissgranit kommen sehr häufig kleine Schollen von feinkörnigem dunkelgrauem Gneiss vor, welcher sich von dem eben beschriebenen nur durch dichtere Struktur und etwas grösseren Glimmergehalt unterscheidet. Es lag deshalb nahe diese Schollen als vom Gneissgranit umschlossene Bruchstücke der grauen Gneisschichten zu betrachten, d. h. letzteren ein höheres Alter zuzuschreiben als dem Gneissgranit. Diese Hypothese ist aber unrichtig, denn von quantitativen Schwankungen abgesehen, besitzen Gneissgranit grauer Gneiss und die fraglichen Schollen nicht nur gleiche Mineralzusammensetzung, sondern sogar dieselben Accessorien, und unterscheiden sich wesentlich nur durch die Struktur. Auch kommen flachlinsenförmige Schollen gar nicht selten vor, welche meterweit der Parallelstruktur des Gneissgranites folgen, und sich dann allmählig ausspitzen (an der Gott-hardstrasse nahe der Kapelle San Antonio sehr hübsch zu sehen). Wir haben in den grauen Schollen offenbar nur lokale Erstarrungs- oder Ausscheidungsformen aus demselben Gesteinsmagma vor uns, welche von den vorherrschenden etwas abweichen.

Ganz entsprechende, weisse, streifenförmige Ausscheidungen, welche fast nur aus Feldspath und Quarz bestehen, sind gleichfalls nicht selten. Petrografisch lassen sie sich von den gangförmigen Euriteinlagerungen kaum unterscheiden, welche am häufigsten im Gebiet des grauen Gneisses (1100 à 1517 M.) vorkommen; vorher mehr vereinzelt (z. B. bei 517 à 670; 930 à 950; 990 à 1000); nachher und bis 2000 nur sporadisch. In der Grenzschicht zwischen Finsteraarhornmassiv und Ursernmulde (2000–2010) sind sie dagegen wieder sehr häufig.

Diese Eurite (der Name ist im Sinn von Studer's «Index» zu verstehen) sind feinkörnige Gemenge aus Orthoklas, wenig Plagioklas und Quarz; glimmerfrei oder mit ganz spärlich eingestreuten Glimmerschüppchen. Ihre Struktur wird zwar mitunter grobspäthiger, so dass der Name nicht mehr recht passt; die allmählichen Uebergänge gestatten aber keine Trennung der verschiedenen Varietäten. Mitunter besitzen sie eine ganz deutliche Lagenstruktur (48; 280 M. v. P.), durch den Wechsel weisser, grauer und grünlicher Streifen, zwischen welchen dann häufig Anflüge von Chlorit, Schaumkalk, Glimmer, oder dickere Ausscheidungen von Epidot und Schwefelkies liegen. Einzelne feldspathhaltige Quarzgänge werden dem Eurit mit beigezählt. Ebenso ein graurother grünlich-weiss getupfter Felsitgang (Hälleflinta) bei 1121 M., mit porphyrisch eingewachsenen braunen Glimmerschüppchen und Feldspathkryställchen. Als makroskopische Accessoria kommen im Eurit Schwefelkies; Epidot (meist Streifen und Adern, Kristallfacetten selten sichtbar); kleine spärliche Granaten (517; 646; 1123); spurenweise Molybdänglanz (538, 1254) und Titanit (538) vor; durch mikroskopische Analyse ist hiezu nur noch Salit gekommen. Der Eurit bildet stets Gänge von einigen Centimeter bis 3 M. (1123) selbst 12 M. (1348 à 60) Mächtigkeit. In der gequetschten Zone des grauen Gneisses füllt er nebst Glimmerschiefer, welchen der Eurit überhaupt gerne begleitet, vielfach verflochtene und verzweigte Risse. Ebenso in der Grenzschicht 2000–2010, wo er durch Epidot oft grün gefleckt und gestreift erscheint. Im gewöhnlichen Gneissgranit folgen zwar die meisten Euritgänge der Hauptrichtung der Parallelstruktur, überschneiden dieselbe aber vielfach im einzelnen; mit dem Nebengestein sind die Gänge fest verwachsen.

Der Glimmerschiefer, welcher keineswegs dem Nebengestein concordante skölarartige Einlagerungen bildet, sondern vielfach verzweigte Gänge, die von den Runsen in den Schöllenen bis zum Tunnel hinabsetzen, besteht im reinsten Zustand fast nur aus quadratfussgrossen Tafeln von braunem Magnesiaglimmer, welche in der Regel schiefwinkelig gegen die Sahlbänder stehen. Meistens ist aber der Glimmer häutig, selbst schuppig, mit mehr oder weniger Quarz, Orthoklas und Plagioklas zusammengefüllt; seine Farbe nüancirt in grün oder wird grau. Im letzteren Fall

liegt wohl eine beginnende Zersetzung vor, in deren Folge sich das Gestein talkig anfühlt. Doch ist die Existenz von ursprünglichem Talk nicht ausgeschlossen. Accessorisch kommen Schwefelkieskryställchen und Magnetkies reichlich vor; kleine Granaten selten. Mikroskopisch Epidot, Amphibol, Salit, Chlorit. Im Quarz Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen.

Im Hangenden besitzen die Glimmergänge oft keine scharfen Sahlbänder, sondern sie verzweigen sich zwischen Schollen des Nebengesteines und nehmen gleichzeitig so viel Feldspath auf, dass sie zu glimmerreichem Augengneiss werden. Dies ist besonders im grauen Gneiss der Fall, welcher z. B. bei 1177—1200, 1210—13, 1340—45 von Glimmergängen förmlich durchwoben ist. Die Glimmergänge scheinen im ganzen jünger als die sie begleitenden Euritgänge. Ihre grösste Verbreitung haben sie im Gebiet des grauen Gneisses. Südlich von demselben treten erst in der Grenzzone zwischen Finsteraarhorn und Ursernmulde wieder unbedeutende Glimmergänge auf. Nördlich vom grauen Gneiss finden sich die mächtigsten (5 à 10 M.) bei 170, 250, 280, 310, 740, 810, 1030, 1080; schwächere (0,1 à 3 M.) an verschiedenen anderen Punkten. Da wo mächtige, oder doch vielfach wiederholte, Glimmergänge aufsetzen, war Verkleidung des Tunnels auch im Gebiet des Finsteraarhornmassives unerlässlich.

Ueber die Gagnatur dieser Glimmereinlagerungen liefern die geologischen Durchschnitte in 1:200 die mannigfachsten Belege.

Obwohl im Tunnel (wie auch am Tage) das Hauptstreichen der Gänge mit der Parallelstruktur des Nebengesteines auf 1 oder 2 Compassstunden (d. i. 15 à 30°) nahe übereinstimmt, so lässt sich doch fast an jedem Gang die Discordanz im Detail nachweisen. Ausserdem sind selbst in der kleinen Fläche des Tunnelprofils zahlreiche Windungen wahrnehmbar (z. B. 1020—30, 1055, 1080, 1135, 1308) und die auffälligsten Apophysen von Glimmergängen in das Nebengestein (1170—80).

Bemerkenswerth ist die Veränderung, welche Gneissgranit und Gneiss in der Umgebung von Krystalldrusen erlitten haben. Sie sind daselbst porös, bröckelig («Sand» der Urner Strahler), ohne Parallelstruktur. Der schwarzgrüne Glimmer ist verschwunden; Chloritstaub («Samterde» der Strahler) füllt die cavernösen Poren, deren Wandungen mit kleinen Adularkrystallen besetzt sind. Mitunter nehmen letztere so überhand, dass die Hauptmasse des Gesteines ein zuckerkörniges Aggregat derselben wird, mit spärlich zwischengewachsenem Kalkspath, Flussspath, Apatit und anderen Mineralien der Druse. Auswärts geht das Drusengestein allmählig in den gewöhnlichen Gneissgranit über, welcher in nächster Umgebung der mit Chlorit bekleideten Drusenklüfte aber noch weithin matt und gebleicht erscheint durch Verwitterung des Plagioklases und Verschwinden des schwarzen Glimmers.

Aus den im Gebiet des Finsteraarhornmassives durch den Tunnel aufgeschlossenen Krystalldrusen habe ich folgende Mineralien gesehen:

Quarz. Wasserklare, seltener (bei 1232) milchweisse Bergkrystalle, einige von beträchtlicher Grösse.*) Gewöhnliche Combinationen; Krystallisation mitunter durch Ablagerungen von staubigem Chlorit auf den Pyramidenflächen unterbrochen. Monströs entwickelte Krystalle lagen meist lose in der Samterde (387) und sind von solcher bestäubt. Ebenso grössere abgebrochene Krystalle, an denen aber die Krystallisation des Quarzes auf den Bruchflächen und in Rissen fortgeschritten ist, oder deren Bruchflächen mit Krusten von Apophyllitkrystallen (820), Kalkspath (1232), Adular, Flussspath überzogen sind. Kleinere Quarzkrystalle häufig mit den Säulenflächen aufgewachsen.

Adular, theils als kleine, zuckerkörnig agglomerirte Krystalle im Drusengestein, theils in grösseren, welche fast stets mit Kalkspath associirt sind (795, 820, 1232).

Kalkspath, am gewöhnlichsten in centimeterdicken bis papierdünnen, perlmutterglänzenden, Tafeln mit schmalen, glasglänzenden, rhomboedrischen Randflächen. Die Tafeln sind oft mehrere Quadratzoll gross, kastenartig verwachsen oder zu Blätterkalk und zartschuppigem Schaumkalk gruppiert. Zwischen und auf denselben sitzt mitunter rother Flussspath (820, 900, 1232). Demnächst kommt Kalkspath in einfachen Rhomboedern vor, sehr häufig in Gesellschaft mit Adular (1232); am seltensten skalenoëdrisch (1084, 1100 ?). Adern und kleine Gänge von schmutzigem grobspäthigem Kalkspath durchschwärmen mitunter das Drusengestein (795).

Flussspath, in der Regel rosenroth, oktaëdrisch; selten dunkelgrün hexaëdrisch. Der rosenrothe theils einzeln auf Drusengestein und Bergkrystall aufgewachsen (27, 390, 820), theils in krystalinischen Krusten zwischen und auf Blätterkalk (820, 900, 1232). Dünne, lose in Chlorit liegende

*) ANMERKUNG. Rauchtoperas, sogenannter Amethyst und Citrin sind im Tunnel nicht vorgekommen. Dagegen ist blasser Amethyst aus dem Rienthal bekannt, und gelblichen Quarz habe ich aus der das Finsteraarhornmassiv abgrenzenden Lawinenrunse nächst S. vom Urnerloch.

Krusten von dunkelgrünen flachen Flussspathhexaëdern mit oktaëdrischen Abstumpfungen sollen von 1150 (?) stammen.

Apophyllit. Liniengrosse Krystalle der Andreasberger Combination sitzen theils im Drusengestein, theils bilden sie Schwarten auf rothem Flussspath und Quarz-Krystallen, namentlich auch auf den Bruchflächen solcher (820—840).

Apatit in wasserklaren, rundlichen, höchstens liniengrossen, Kryställchen ist in vielen Drusen vorgekommen, aber stets nur ganz vereinzelt aufgewachsen. Es scheint eines der jüngsten Drusenmineralien.

Titanit, gelbe, sehr kleine scharfkantige Kryställchen bei 795.

Schwefelkies in hexaëdrischen Krystallen, häufiger in Krusten, war in den Drusen eine gewöhnliche Erscheinung.

Chlorit (Volger's Helminth) füllt als die schon erwähnte «Sammterde», nicht nur die Cavernen des Drusengesteines, sondern auch ganze Drusenhöhlen und bekleidet die zu den Drusen führenden Klüfte. Er ist offenbar eines der jüngeren Drusenmineralien, da abgebrochene Krystalle der übrigen in ihm eingebettet liegen. Apatitkryställchen sitzen aber oft auf Chloritunterlage. In nassen Drusen bilden die äusserst zarten Chloritschüppchen mit dem Wasser einen Brei, welcher beim Oeffnen der Druse oft heraus floss. Nahe dem Portal hatte die Sammterde chokoladbraune Farbe; tunneleinwärts ausschliesslich grüne.

Die Beschaffenheit des Drusengesteines und die Zusammensetzung der hier aufgezählten Drusenmineralien legt die Vermuthung nahe, dass das Material zu letzteren aus dem Plagioklas und Eisenmagnesia-Glimmer des Gneissgranites weggeführt und in den Drusen zu verschiedenen Mineralien neu zusammengruppirt worden sei. Die Existenz von Fluor und Phosphorsäure im schwarzen Glimmer ist freilich noch nicht erwiesen. Der Titansäuregehalt desselben macht aber den Mangel an Titanmineralien, namentlich die Abwesenheit von Rutil, sehr auffällig, denn Titanit ist nur sehr selten und in sehr geringen Mengen beobachtet worden. Die Abwesenheit von Rutil (und Eisenglanz)*, von liquider Kohlensäure in mikroskopischen Poren, wird ein unterscheidendes Merkmal für die Tunnelgesteine des Finsteraarhornmassives und jene des Gotthardmassives.

Die mittlere Richtung der Parallelstruktur zwischen 0 und 2000 ist *N. 70 E. † 81 S.-E.*, mit Abweichungen, welche z. B. zwischen 80 und 160, 450 und 480, 620 und 650, 878 und 1030 auf die Existenz linsenförmiger Schichten hinweisen. An Deutlichkeit werden die Strukturflächen bei weitem durch grosse ebene Klüftflächen übertroffen, welche erstere unter sehr spitzen Winkeln schneiden und die Verplattung erzeugen, die an der Teufelsbrücke u. a. P. der Schöllenen so augenfällig hervortritt.

Im Gebiet des grauen Gneisses (1100—1525) ist der regelmässige Schichtenbau gestört. Die Drücke und Schübe, denen hier die Schichten ausgesetzt waren, haben Fältelungen, Risse, Dislokationen und Verwerfungen aufeinander folgender Gesteinsstreifen hervorgebracht. Die Risse und Dislokationsspalten sind aber alle wieder vernarbt, zum Theil durch Eurit und Glimmer geschlossen. Die Häufigkeit solcher Gänge gibt ein Maass für die mechanischen Störungen, denen das Gebirge ausgesetzt war. Zwischen 1517 und 2000 kommen keine vor; in der Grenzzone bei 2000 und 2010 sind sie aber wieder sehr häufig zwischen Gneissgranit des Finsteraarhornmassives und Urserengneiss eingewoben. In der Grenzzone verlaufen die Schichten *N. 65 à 69 E. † 82 N. à 84 S.* im Tunnel; dagegen am Tage *56 E. † 84 S.*, d. h. gegensinnig dem Einfallen ostwärts und westwärts vom Urnerloch.

Beachtenswerth ist die falsche Schieferung, welche durch dicht wiederholte *N. 45 à 60 E. † S.-E.*, und seltener *N. 37 à 61 W. † S.-W.*-Klüfte hervorgebracht wird. Diese Klüfte sind mit grauem häutigem Magnesiaglimmer überzogen und können um so leichter als Parallelstrukturflächen missdeutet werden. Obwohl der Glimmerüberzug auf eine nahe Verwandtschaft mit den früher beschriebenen Glimmergängen hinweist, so zeigen andererseits Verwerfungen zwischen 800 und 900 M. jüngeres Alter der schieferenden Klüfte an.

Andererseits sind die Glimmerschiefergänge jünger als jene Euritgänge, welche der Parallelstruktur des Gneissgranites im ganzen folgen (Durchsetzungen bei 925) und jünger als jene, welche häufig die Sahlbänder der Glimmergänge bilden. An den meisten Euriteinlagerungen lassen sich übrigens kleine Verwerfungen, besonders durch *N.-W.*-Klüfte bemerken (an der Oberfläche auf dem Rundhöcker

*) ANMERKUNG. Nur aus der Grenzschicht gegen die Urserengesteine habe ich Eisenglanz gesehen. Er kam bei 2002 M. vor, zusammen mit Kalkspath und gelblichgrauen sechsseitigen Glimmertafeln.

bei Kilometerstein 33). Die Klüfte sind aber so völlig geschlossen und vernarbt, dass man sie ohne die erzeugten Verwerfungen oft gar nicht wahrnehmen würde. Man muss zugeben, dass sie im Gneissgranit ohne Euriteinlagerungen ebenso häufig sein können, als in solchem, wo sie durch den verworfenen Eurit zufälligerweise sichtbar werden. Daraus darf man auf kleine Verschiebungen in der ganzen Gebirgsmasse schliessen, auch nördlich von der geradezu gequetschten Zone des grauen Gneisses.

Zwischen 1650 und 2000 sind die meisten Klüfte papierdünn mit rothem Eisenoxyd, weissem Kaolin, seltener Chlorit überzogen. Dadurch ist eine ehemals stärkere Wassercirculation angedeutet, welcher wohl erst durch Verstopfen der Klüfte mit diesen Mineralien ein Ziel gesetzt wurde. Merklicher Tropf*) auf dieser Strecke bei 1795 und 1878 entspricht der zweiten und dritten Reussunterfahrung. Messbare Wasserzuflüsse (0,4 à 0,8 Liter pro Sekunde) traten nur bei 1450 à 1500 M. hervor; sie entsprechen der ersten Reussunterfahrung.

Die jüngsten Klüfte scheinen die schwebenden, welche oft auf viele Quadratmeter die Tunnelfirste eben begrenzt haben. Seit Daubrée's Versuchen darf man zwar nicht mehr ohne weiteres das relative Alter von Klüften aus deren gegenseitigem Absetzen und Verwerfen bestimmen wollen. Wir finden aber, dass sämtliche im Gebiet des Finsteraarhornmassives angefahrne Drusen in schwebende Klüfte auslaufen oder in Quarzgänge, welche solchen folgen. Und da diese Drusen ohne Zweifel zu den jüngsten, vielleicht noch nicht abgeschlossenen, Umbildungen gehören, so haben wir einige Berechtigung auch bei den entsprechenden Klüften und Gängen ein jugendliches Alter vorzusetzen.

Eine charakteristische Eigenschaft des durchtunnelten Streifens Finsteraarhorngebiet ist das gänzliche Fehlen von lettigen Klüften und Spalten, welche auf der ganzen übrigen Tunnelstrecke ungemein häufig sind. Alle verwerfende Klüfte und Gänge sind völlig verwachsen und vernarbt und durch neuere Bewegungen nicht wieder aufgerissen worden, wie dies im Gotthardmassiv und den anstossenden Mulden der Fall ist.

Ursernmulde 2010—4325 M. v. N. P.

Wir beginnen mit Beschreibung der Cipoline und schwarzen Schiefer, welche als jüngste Schichten die Muldenmitte von 2582—2784 M. einnehmen und welche auch petrografisch schärfer definirt werden können, als die umgebenden Schichten von zweifelhaftem Alter mit ihren vielfachen Uebergängen, besonders in die Gesteine des Gotthardmassives.

Der wesentlichste Bestandtheil der Cipoline: krystallinisch-körniger Kalk tritt nur in einzelnen dünnen Schichten als ziemlich reiner Marmor auf. Er enthält wenig Magnesiicarbonat, wie aus der Analyse von Nr. 45 (der Sammlungen) folgt, welche mir 90,4 kohlen-sauren Kalk; 3,6 kohlen-saure Magnesia; 0,6 kohlen-saures Eisenoxydul; 4,8 Silikate und Quarz; 0,4 Schwefelkies; 0,5 organisches und Wasser ergab. Er ist weiss, grau (durch Grafit), bläulich (durch Schwefeleisen?) gefärbt. Mit dem krystallinischen Kalk ist in den Cipolinen stets Feldspath, Quarz und Glimmer associirt; erstere beide oft so reichlich, dass kalkhaltige Quarzitschiefer oder Felsitschiefer entstehen, welche am Stahl funken und durch Behandeln mit Säuren wohl porös werden, aber nicht zerfallen. An der Oberfläche erscheinen diese Schichten porös, rostfarben (durch verwitterten Schwefelkies), mürbe, nicht selten sandsteinähnlich. Der Feldspath ist Orthoklas und Plagioklas, deren Krystalle häufig vernarbte Risse und Mikroverwerfungen zeigen, indem die Zwillingslamellen auf beiden Seiten der Sprünge nicht mehr zu einander passen. Der Quarz erscheint mikroskopisch in rundlichen von Glimmer umhüllten Körnern (Sand?). Er enthält liquide Kohlensäure (Meyer). Der silberweisse oder blassgrüne Glimmer kommt in äusserst zarten Schüppchen vor, welche dünne Häute bilden und trotz geringer Menge die ausgezeichnete dünne ebene Schieferung des Cipolins bedingen. Er ist oft für Talk gehalten worden. Blättchen desselben, welche ich durch Weglösen des Kalkes und Abschlämmen aus dem Rückstand möglichst isolirt hatte, waren aber durch nichts von dem s. g. Sericit der umgebenden Silikatgesteine verschieden, wurden auch nicht durch Kobaltsolution geröthet.

Der Glimmer ist häufig durch Grafit geschwärzt und der Cipolin nimmt dann lichtgraue bis dunkelgraue Farbe an. Der Graphit erscheint aber auch nicht selten im Kalkspath, gewöhnlich in

*) ANMERKUNG. Die Wasserzuflüsse im Tunnel sollen hier nicht eingehend behandelt werden, da ein besonderes Resumé aller in dieser Richtung angestellten Beobachtungen vorbereitet wird.

der Form schwarzer wolliger Agglomerate oder unscharf begrenzter Globulen, oder abgelagert auf den Blätterdurchgängen des Kalkspathes. Letztere erscheinen dann als schwarze Netze, welche man nicht mit organischen, gleichfalls durch Grafit pigmentirten, Formen verwechseln darf. Solche sind besonders in den hochkrystallinischen Schichten Nr. 43, 45, 47 nicht gerade selten, wenn auch nicht gerade *prima vista* zu sehen. Es sind theils geradlinige Reihen schwarzer unscharf contourirter Punkte, welche sich fast rechtwinkelig schneiden und in den Knotenpunkten vierstrahlige Sterne bilden; Professor Gumbel, welchem ich meine Präparate zeigte, erklärte diese Dessins für unzweideutige Crinoideenmerkmale, und hiermit stimmt das Vorkommen runder oder elliptischer Durchschnitte von Crinoideenstängeln in diesen Cipolinen, sowohl aus dem Tunnel als von der Oberfläche (Ruestli, Halde E. von Altekirche). Theils sind die wolligen Graphitfäden zu polymorphen Netzwerken gruppirt, deren eins (aus Nr. 45) ich in Zeitschrift der Deutschen geol. Gesellschaft, XXX. Band, 1. Heft, abgebildet habe. Kein Paläontolog, dem ich diesen Dünnschliff gezeigt habe, hat noch an dem organischen Ursprung der darin enthaltenen Form gezweifelt; die Deutungen derselben waren aber verschieden: Corallen? Spongien? Bryozoën? Prof. J. Hall neigte zu letzterer Ansicht.

Als accessorischer Bestandtheil der Cipoline ist nächst dem Grafit Schwefelkies zu erwähnen. Er kommt krystallisirt vor, oder als dünner Ueberzug auf Schicht- und Kluffflächen, oder endlich in Wülstchen und cylindrischen oder spitzkegelförmigen Schnüren, welche beim Anschleifen mitunter löchrig werden und dann an Foraminiferen erinnern. Der Anwesenheit des Schwefelkieses ist wohl der mehlig Gyps zuzuschreiben, womit nicht selten Klüfte im Cipolin überzogen sind, und welcher die Schwefelsäurereaktion des Wassers, worin Cipolinpulver abgekocht wurde, erklären dürfte. Besonders in den quarzitischen Abarten kommen aber mitunter Mikrolithe vor, welche als Anhydrit gedeutet werden können. Ausserdem wurden Zirkon*), Eisenglanz, Rutil, Titanit, Granat, Biotit, Amphibol u. a. als mikroskopische Accessoria der Cipoline beobachtet. Einige dieser Mineralien kamen auch makroskopisch in Quarzwülsten vor, welche besonders in geknickten Cipolinschichten nicht selten sind.

Ausser Knickungen, Quetschungen und Biegungen in manchen Cipolinschichten deutet noch die Reibungsbreccie bei 2690 auf Bewegungen in denselben. Diese Breccie besteht aus abgeriebenen Cipolinbrocken, welche durch dunkelgraues mergeliges Cement verkittet sind. Auf beiden Seiten der polirten Gleitkluff geht die Breccie allmählig in Cipolin über, indem die Brocken grösser werden und weniger aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang gerissen sind, so dass endlich nur noch Mergeladern im rissigen Gestein erscheinen.

Dem Cipolin voran gehen 11 M. und folgen 18 M. schwarzer Schiefer, während eine 21 M. mächtige Schicht derselben zwischengeschoben ist. Der schwarze Schiefer ist ein dünnblättriger Thonschiefer, welcher sich unter dem Mikroskop in Glimmer, Quarz und Feldspath auflöst; diese Mineralien gleichen den entsprechenden des Cipolin's. Die schwarze Farbe rührt von Grafit her, welcher selten in Scheibchen und gekrümmten Stäbchen, gewöhnlich in wolligen Agglomeraten erscheint. Dem Querbruch des Gesteines verleihen die fadigen Grafitagglomerate eine masurähnliche Zeichnung, welche auf Quetschungen und unzählige Mikrofältelungen deutet. Quarzstriemen mit einzelnen Feldspathsäulen folgen diesen Strukturlinien. Im Kalkspath ist der Grafit wohl auch auf Blätterdurchgängen abgelagert. Durch zunehmenden Kalkgehalt wird der schwarze Schiefer hie und da mergelig. Accessorisch besonders Schwefelkies in eben solchen Formen wie im Cipolin. Ausser problematischen Formen von vermuthlich organischer Herkunft, sind im schwarzen Schiefer nur undeutliche Abdrücke von Fucoiden wahrgenommen worden und dünne plattgedrückte Kalkeylinder, vielleicht Crinoideenstiele.

Wulstige Quarzeinlagerungen, von Kalkspath und Schwefelkies begleitet, waren mitunter zu Pulver zerquetscht. Die vielfach geknickten und gebogenen Schichten des schwarzen Schiefers sind hie und da lettig aufgelöst; besonders bei 2657 und 2780 M.

Von dem Cipolin zum Sericitschiefer zwischen ca. 3208 und 3692 M. scheint ein weiter Sprung, welcher aber dadurch motivirt werden kann, dass in beiden Gesteinen dieselben Mineralien vorkommen, wenn auch in umgekehrten Verhältnissen: der Cipolin ist krystallinischer Kalk mit wenig Quarzfeldspath; der Sericitschiefer Quarzfeldspath mit wenig krystallinischem Kalk; beide schiefrig durch Sericit. Wir bezeichnen diesen Sericitschiefer nur deshalb nicht als Kalkglimmerschiefer, weil mit blossem Auge sichtbare Kalkstreifen nur spärlich in einzelnen Schichten vor-

*) ANMERKUNG. Ueber Zirkon und Rutil in Gotthardtunnelgesteinen siehe eine Anmerkung weiter unten.

kommen (3255—85, 3560—70, 3650; 66); dagegen dürfte wohl jedes Handstück mit Säuren schwach aufbrausen, und in jedem Dünnschliff findet man unter dem Mikroskop Kalkspathkörner. Die Feldspäthe des Sericitschiefers sind gleich jenen des Cipolins, häufig gerissen und gebrochen; der Plagioklas angewittert. Ein Theil des Quarzes kommt in abgerundeten Körnern vor, welche auf dem Hauptbruch des Gesteines als glimmerumbüllte Knoten hervortreten. Sie enthalten Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen, gleich jenen im Cipolin, welche für liquide Kohlensäure gehalten werden. Neben silbergrauem talkigem Glimmer, welcher bis auf weiteres als Sericit gelten muss, kommt brauner Magnesiaglimmer (unter dem Mikroskop grün, dichroitisch) vor; beide Glimmersorten manchmal durch Grafitstaub geschwärzt. Von den Accessorien verdienen besonders Aufmerksamkeit: Magnet Eisen in pulverkorngrossen Oktaedern und mikroskopischen Gruppen, deren Form an die aufeinander gewachsenen Blätter mancher Cacteen erinnert; und Anhydrit, nur mikroskopisch aber recht häufig. Der Anhydrit ist vielleicht sekundär, durch die Zersetzung von im kalkhaltigem Gestein eingesprengtem Schwefelkies entstanden. Diese Entstehungsweise muss man beim Gyps voraussetzen, welcher nicht nur viele Klüfte im Sericitschiefer als weisses Pulver überzieht, sondern auch auf Quarzgängen als Blättergyps vorkommt. Der Blättergyps trägt die Abdrücke von Quarzkrystallen, muss also nach diesen auskrystallisirt sein. Ausser den schon erwähnten mikroskopischen Accessorien wurden noch beobachtet: Eisenglanz, Rutil, Zirkon (?), Amfibol, Pyroxen, Epidot, Apatit, Granat.

Der Sericitschiefer hat in der Regel Glimmerschieferhabitus, trotz reichlich vorhandenem Feldspath, welcher aber auch in den gneissartigen Schichten makroskopisch wenig hervortritt, da er innig mit Quarz verwachsen ist, zu flachlinsenförmigen Lamellen, die der häutige Glimmer trennt. Die quarzitischen Sericitschieferschichten bei 3280 und 3675 sind mit solchen von Phyllit, Talkschiefer und schwarzem Schiefer eng verknüpft; von diesen weiter unten.

Zahlreiche Fettquarzeinlagerungen folgen der Schieferung, werden aber durch Verträumerung gangförmig. Sie sind stets von Feldspath begleitet und führen: Chlorit, gelblichgrauen Glimmer, Quarzkrystalle, Kalkspath, Schwefelkies, Magnetkies, Eisenglanz, Rutil, Pyroxen, Gyps. Kleine Krystalldrüsen sind mir nur bei 3368—77 bekannt worden; sie enthielten u. a. skalenödrischen Kalkspath. Der Eisenglanz ist in gekrümmten Blättern im Quarz eingewachsen; der Rutil erscheint als Sagenit in und auf Quarz. Der Gyps füllt bei 3530, 3613—21 u. a. P. als Blättergyps Risse in den Quarzgängen und die zwischen Quarzkrystallen gebliebenen Hohlräume. Er umschliesst mitunter ganz dünne Säulen von braungrünem Pyroxen (3621).

Die Quarzeinlagerungen sind nicht selten zu Pulver zerquetscht, so dass sie ausbröckeln und durchfliessendes Wasser trüben. Gleichzeitig ist der begleitende Feldspath mehr oder weniger kaolinisirt und der Sericitschiefer an vielen Stellen lettig zersetzt, besonders in der Umgebung von Spalten und Klüften, denen entlang Bewegungen stattgefunden haben.

Einzelne Schichten von schwarzem Schiefer, welche der Sericitschiefer bei 3268, 3275, 3563, 3650 umschliesst, sind auf dem Profil ausgesetzt, obwohl die mächtigste derselben (3275) nur 2 à 3 M. misst; denn sie verknüpfen die beschriebenen schwarzen Schiefer, welche die Cipoline begleiten und bei Alteikirche zu Tage treten, mit jenen der Oberalpstrasse, welche mit dem Tunnel zwischen 3692 und 3802 durchfahren wurden (von einzelnen ganz dünnen Einlagerungen weiter südwärts abgesehen).

Diese schwarzen Schiefer gleichen den früher beschriebenen, namentlich wenn der Glimmer nicht in gekräuselten Häuten ausgeschieden ist, sondern in Schuppen, welche oft so zart werden, dass phyllitische Struktur entsteht. Der Glimmer ist theils Sericit, theils grüner Magnesiaglimmer, beide durch Wolken von Grafitkörnern geschwärzt. Es kommen aber auch intensiv schwarze Blättchen vor, deren Durchgänge mit einem farblosen Mineral gefüllt sind, so dass weisse trigonale Netze auf schwarzem Grund erscheinen. Gegen die 2 Feldspäthe überwiegt gewöhnlich der Quarz. In einzelnen Schichten erscheint er in runden glasigen Körnern, deren schwarze Farbe auf Reflex des Hintergrundes beruht; denn die den Quarzkörnern eigenthümliche Farbe ist ein trübes hellblau. Sie umschliessen ausser zahlreichen Mikrolithen Flüssigkeitssporen mit Libellen. Kalkspath fehlt den schwarzen Schiefnern der Oberalpstrasse wohl nirgends völlig; bei 3695, 3700, 11—16, 20—25, 3770—3800 werden einzelne Schichten durch sein Ueberhandnehmen zu Kalkglimmerschiefer. Accessorisch kommen Kiese vor, besonders reichlich Schwefelkies; in kleinen Krystallen, Schnüren und Anflügen auf Kluft- und Schieferungsflächen. Nur mikroskopisch: Pyroxen, Epidot, Amfibol, Zirkon (?), Eisenglanz, Rutil; besonders häufig Magnet Eisen und Turmalin. Diese fehlen auch nicht in den schon erwähnten dünnen

Schichten von Phyllit und schwarzem Schiefer, welche dem Gros der letzteren vorausgehen. In zerquetschten und häufig kaolinisirten Quarzfeldspatheinlagerungen sind Kiese eingesprengt, Arsenikkies, sehr spärlich bei 3690 und 3710; Eisenglanz, Kalkspath, Schwerspath (?). Klüfte sind mit mehligem Gyps überzogen.

Der schwarze Schiefer wechsellagert nicht nur mit Schichten von Gneiss und Quarzitschiefer, sondern oft besteht das Gestein geradezu aus alternirenden dünnen Lamellen dieser 3 Bergarten, wozu sich hie und da noch Kalkspath gesellt. Der zwischengeschobene Gneiss gleicht theils dem oben beschriebenen Sericitschiefer, theils gewöhnlichem Urserngneiss. Der Quarzitschiefer enthält stets viel Feldspath und ist entweder dünnschieferig durch silberweissen Sericit (Magnesiaglimmer spärlich) oder grobkörnig, einem Brockengestein nicht unähnlich (Verrucano? 3733, 3770 und 80, N^o 72 und 76 der Sammlungen). Zu den beim schwarzen Schiefer schon erwähnten Accessorien tritt im Quarzit noch Anhydrit und Granat, beide nur mikroskopisch und spärlich.

Die schwarzen Schieferschichten sind sehr häufig geknickt, gefältelt und zu kleinen Mulden zusammengeschlagen; ausserdem von zahlreichen lettigen Klüften durchzogen, an denen nicht selten Verschiebungen stattgefunden haben.

Zwischen den im bisher beschriebenen Gesteinen der Ursernmulde tritt Gneiss auf, welcher der Kürze wegen als Urserngneiss bezeichnet wird. Derselbe ist zum Theil vom Sericitschiefer nicht wesentlich verschieden, zum Theil geht er in den Glimmergneiss des Gotthardmassives über.

Der Urserngneiss zwischen 2783 und 3208 wird hier nur vorschlagsweise und in Folge einer Anschauungsweise des Schichtenbaues im Ursernthal von dem darauf folgenden (oben beschriebenen) Sericitschiefer getrennt, denn die petrografischen Unterschiede schränken sich auf mehr gneissartigen Habitus der als Urserngneiss bezeichneten Schichten ein, und auf den Mangel gewisser Accessorien (Gyps, Anhydrit, Magneteisen u. a.) in denselben. Ein wesentlicher Unterschied ist schon das Auftreten dünner Schichten von Kalkglimmerschiefer, schwarzem Schiefer, Phyllit im Sericitschiefergebiet, und deren Fehlen in der vorangehenden Urserngneisszone. Letzterer fehlen aber auch die grünen Schichten, welche im eigentlichen Urserngneiss so häufig sind und die hellen felsitischen (quarzitischen) von denen nur bei 3055—62 Andeutungen vorkommen.

Feldspathführende Quarzeinlagerungen im Urserngneiss (zwischen 2783 und 3208) sind gewöhnlich kalkhaltig und von Eisenglanz begleitet. Häufig sind sie zerquetscht und kaolinisirt, ihr Nebengestein lettig. Eine durchgreifende Zerrüttung und Zersetzung hat der Urserngneiss bei 2783, an der Grenze mit dem hier gleichfalls zersetzten schwarzen Schiefer, erlitten. Auf eine Breite von 7 M. ist er in weissen talkigen Thonstein verwandelt, welcher zu Pulver zerquetschte Quarzeinlagerungen, wenig Kalkspath und zahlreiche Knauer von Alabaster umschliesst. Beim Zutritt von Wasser bläht der Thonstein auf und zerfällt sodann in Schlamm. Südwärts geht er allmähig in lettig aufgelösten Urserngneiss über, welchem bis 2856 M. weniger zersetzter und endlich nur von Lettfugen durchzogener Gneiss folgt. Dies ist die Ausfüllungsmasse der Verwerfungsspalte des Köhlertgraben und ihrer nächsten Umgebung.

Der Urserngneiss zwischen 2010 und 2582 ist das auf älteren Profilen als dünnschiefriger Gneiss bezeichnete Gestein. Er besteht aus dünnen Lamellen von Quarz, Orthoklas und (weniger) Plagioklas, welche Mineralien oft so innig vermengt sind, dass dem blossen Auge die Mischung als Felsit erscheint. Die Feldspäthe sind häufig gerissen und gebrochen, die Plagioklaslamellen auch scheinbar gebogen. In dieser Grundmasse liegen vereinzelte Orthoklas- und Quarzkörner; letztere abgerundet, glasig, mit Flüssigkeitseinschlüssen (Kohlensäure?) und Mikrolithen, besonders Kalkspath. Die Lamellen sind durch schuppige Häute von silbergrauem, braunem und grünem Glimmer getrennt. Der silbergraue Glimmer verhält sich wie der «Sericit» der übrigen Urserngesteine; der braune erscheint unter dem Mikroskop dichroitisch, grün und braun, mit hexagonalen Durchgängen, scheint aber (makroskopisch) oft in einem und demselben Schüppchen in den silbergrauen überzugehen, wesshalb es zweifelhaft erscheint, ob beide Glimmersorten getrennt werden sollten, zumal da sie beide an den Kanten zu weissem Email schmelzen. Der grüne Glimmer giebt graugrünes Pulver; entwickelt beim Glühen reichlich Wasser; schmilzt an den Kanten zu schwarzgrünem Glas; giebt mit Soda braungrüne Schlacke, aus welcher mit dem Magnet aber keine Eisentheilchen gezogen werden können; wird durch Digestion mit concentrirter Salzsäure theilweise zersetzt, unter Zurücklassung silberweisser Schüppchen, die an den Kanten nur schwierig zu weissem Email schmelzen. Auf Grund dieser Merkmale habe ich denselben in den Tabellen zu den geologischen Durchschnitten als Chlorit bezeichnet, bin aber über die Richtigkeit dieser Bestimmung in Zweifel, da er unter

dem Mikroskop dem braunen Glimmer ähnlich ist, in diesen auch überzugehen scheint. Kalkspath kommt wohl in jedem Handstück des Urserngneisses vor, und wird trotz sehr geringer Menge, ein Unterscheidungsmerkmal zwischen demselben und dem Finsteraarhorngneiss. Das gleiche gilt von einigen der übrigen mikroskopischen Accessorien im Urserngneiss, nämlich vom Rutil, Eisenglanz, Anhydrit (?), Magnetit, Turmalin, Granat, Hornblende. Ausser diesen kommen noch vor: Salit, Zirkon (?) und sehr häufig, auch makroskopisch: Epidot, Schwefelkies und Magnetkies.

Abarten des Urserngneisses sind: Grobkörniger, mit deutlich ausgeschiedenem Feldspath und Quarzkörnern und schuppigem dunkelgrünem Glimmer; ähnelt dem Gneissgranit des Finsteraarhornmassives, auch durch undeutlichere Parallelstruktur, und kommt in einzelnen Schichten nahe der Nordgrenze der Ursernmulde vor. Er gehört aber dem Schichtenverband der letzteren an und nicht Apophysen aus dem Finsteraarhornmassiv. Gewöhnlicher Urserngneiss, wie oben beschrieben, meist hell; mitunter dunkel durch Zunehmen des braunen (und grünen) Glimmers. Quarzitischer Urserngneiss, welcher richtiger felsitischer heissen sollte, in dünnen ebenschiefrigen Schichten in den übrigen. Graugrüner Urserngneiss (und Schiefer) mit vorherrschend grünem Glimmer (Chlorit), welcher in derselben Schicht aber oft in braunen changirt. Der Quarz ist mitunter grünlich. Besonders im graugrünen Schiefer N^o 40 ist ausser anderen mikroskopischen Accessorien Granat, Turmalin, Hornblende, Magnetkies und Magneteisen zu erwähnen.

Ausserdem kommen hie und da dünne, dichtgemengte phyllitische Schichten vor.

Der Urserngneiss umschliesst gangartige Euriteinlagerungen, welche mit Schollen des Nebengesteines verflochten sind und sich durch grobspäthigere Struktur von den meisten Euriten des Finsteraarhornmassives unterscheiden. Bis ca. 2210 sind sie häufig und mächtig, von da südwärts nur vereinzelt, zwischen 2465 und 2525 treten an ihre Stelle Quarzwülste. Auch einzelne Glimmerschiefergänge durchsetzen den Urserngneiss z. B. bei 2240 à 86. Der Gang bei 2268 verläuft N. 82 E. † 80 S., der umgebende Schiefer N. 59 E. † 82 S.

Krystalldrusen im Urserngneiss waren häufig bis 2410. Gleich jenen im Gneissgranit des Finsteraarhornmassives auf schwebenden Klüften und Quarzgängen entwickelt, waren sie auch von Drusengestein umgeben und mit Sammlerde gefüllt, in welcher grössere Quarzkrystalle oft abgebrochen lagen. Die grösste Druse von ungefähr $11 \times 1, 5 \times 1$ M. wurde zwischen 2050 und 60 angefahren. Die mir bekannt gewordenen Mineralien aus diesen Drusen sind: Bergkrystalle, Kalkspath, Adular, Flussspath, Apatit, Eisenglanz, Rutil, Schwefelkies und Chlorit. Die Bergkrystalle gleichen jenen aus dem Gebiet des Finsteraarhornmassives; ebenso die Kalkspäthe, von denen die plattenförmigen aber öfters auf den basischen Flächen mit Chlorit bestäubt und auf den rhomboëdrischen glasglänzend sind, oder umgekehrt. Flussspath weiss, oktaëdrisch. Adular, theils wasserklar, theils in grösseren mit Chlorit bestäubten Krystallen, zwischen welchen ganz vereinzelt wasserklare Apatitkryställchen sitzen. Eisenglanz in hexagonalen Täfelchen. Rutil auf Eisenglanz oder als Sagenit auf und in Quarzkrystallen. Verglichen mit den Mineralvorkommnissen aus dem Gebiet des Finsteraarhornmassives fehlt also im Urserngneiss: Rother und grüner Flussspath, Apophyllit, Titanit; dagegen kommt zum Vorschein: Eisenglanz und Rutil.

Die Schichten des Urserngneisses verlaufen an vielen Punkten flach gewellt und sind in der Umgebung lettiger Klüfte nicht selten geknickt. Lettig zersetzte Gesteinsstreifen wurden durchfahren bei 2180, 2280, 2330, 2505 und bei 2580, an der Grenze des schwarzen Schiefers.

Der Urserngneiss zwischen den schwarzen Schiefen der Oberalpstrasse und dem Gotthardmassiv (3692–4325) weicht von dem eben beschriebenen dadurch ab, dass er mit schwarzen Schiefer-schichten einerseits und mit Glimmergneiss-schichten (des Gotthardmassives) andererseits nicht nur wechsellagert, sondern auch in diese Gesteine übergeht; deshalb wird es schwierig die genannten Gesteinsgruppen scharf gegeneinander abzugrenzen. Auch die Accessorien sind die im vorgehenden aufgeführten. Besonders auffällig unter denselben wird Turmalin, welcher z. B. im grünen Schiefer Nr. 87 und 88 makroskopisch auftritt, und mikroskopisch zusammen mit Epidot in solcher Menge, dass man das Gestein nach einzelnen Dünnschliffen Turmalinschiefer nennen könnte. Quarzstreifen, welche oft zu Wülsten gequetscht, von schwarzbraunem Glimmer eingehüllt und von Feldspath begleitet sind, führen Chlorit, Schwefelkies und Magnetkies (auch krystallisirt), kleine Bergkrystalle, Eisenglanz, Kalkspath (bei 4138 mit schwarzen Kernen), als Seltenheit Arsenikkies (4300), und Rutil. Eigentliche Krystalldrusen kommen aber fast gar nicht vor (ausnahmsweise bei 3810).

Knickungen und Biegungen sind auch in dieser Zone des Urserngneisses nicht selten, z. B. bei 3831, 3980, 4015—20; ebenso wenig lettige Zersetzung entlang verwerfenden Klüften und Spalten, z. B. bei 3831, 3880—90, 3950, 4100, 20, 50, 4214, 20—30, 70, 80, 4310.

Von zahlreichen Abweichungen abgesehen, verlaufen die Schichten im Tunnel: nördlich von den Altekircherkalkeinlagerungen N. 61 E. + 88 S., südlich von denselben N. 58 E. + 79 S. An vielen Stellen, besonders nördlich von der Altekircher Kalkzone, finden Drehungen aus N.-E. in N.-N.-E. statt und das vorherrschende südliche Einfallen setzt in nördliches um, theils wegen Linsenform einzelner Schichten, theils wegen des schiefen Schnittes der Tunnelebene mit den im Horizontal- und Vertikalplan windschief verbogenen Schichten. (Auf den Blättern IX-XVIII Nord des Durchschnittes in 1:200 sind die betreffenden Details verzeichnet.) Diese windschiefen Verbiegungen ergeben sich unmittelbar aus der Lage identischer Schichten auf beiden Seiten des Tunnels und in diesem. Im ganzen convergieren sie nach NE, die schärfsten Biegungen (nach unserer Auffassung das Resultat successiver Verwerfungen) liegen nahe dem Urnerloch, aber auch die schwarzen Schiefer schwenken so sehr aus, dass sie im Tunnel 350 M. südlicher angefahren wurden, als ihrer Richtung an der Oberalpstrasse entspricht. *)

Angesichts der evidenten Faltungen im Horizontalplan wird die Voraussetzung ähnlicher im Vertikalplan, d. h. von Mulden und (Luft-) Sätteln im Ursernthal, fast eine Nothwendigkeit; und die Fragmente von kleineren solchen sind auch durch den Tunnel aufgeschlossen worden (2580, 3695, 3720—30, 3785—3805, 25—35, 5980, 4015—20). Bei 3720—30 sehen wir den Kern eines kleinen Gewölbes aus seiner Haube herausgeschoben, bei 3825—35 sind durch eine Verwerfung Segmente derselben Schichten aus verschiedenen Horizonten aneinander gerückt, und da sie in Folge ihrer Krümmung im oberen Horizont flacher einfallen als im unteren, so lässt sich hier sogar der Krümmungshalbmesser der Mulde (ca. 123 M.) berechnen.

Diese und ähnliche Daten allein genügen aber nicht zur Construction durchgreifender Schichtenmulden, welche immerhin eine Vorstellungswaise des Schichtenbaues im Ursernthal bleiben. Wir haben im Vorgehenden gesehen, dass sich die Gneisschichten nächst nördlich vom Gotthardmassiv und südlich vom Finsteraarhornmassiv petrografisch entsprechen und finden aus den Profilen, dass in ihnen die grünen und die Quarzitschiefer beiderseitig ziemlich symmetrisch wiederkehren. Daraus schliessen wir, dass diese Schichtenkomplexe identisch und die Grenzflügel einer das Ursernthal einnehmenden Schichtenmulde mit einwärts gebogenen Rändern seien.

Als die jüngsten Schichten der Mulde betrachten wir die Altekircher Cipoline, welche jetzt so allgemein der jurassischen Formation zugetheilt werden; dass die schwarzen Schiefer, welche die Cipoline unmittelbar unterlagern, ungezwungen als liassisch gelten dürfen. Wollte man von den schwarzen Schiefen der Oberalpstrasse ohne weiteres dasselbe annehmen und voraussetzen, dass sie sich (vor der Zusammenhaltung) nordwärts ausgespitzt hätten, während sich die Kalkstraten südwärts ausspitzten, so liesse sich eine einfache Mulde construiren, deren Nordflügel überwiegend aus Cipolin und deren Südflügel überwiegend aus schwarzem Schiefer bestünde, und deren Kern (Urserngneiss und Sericitschiefer) jünger als jurassisch sein müsste. Gegen diese Voraussetzung spricht aber zunächst das Ineinandergreifen der als Lias gedachten schwarzen Schiefer und der als Jura gedachten Cipoline; ferner die Unwahrscheinlichkeit, dass Sericitschiefer und Gneiss aus der Metamorphose postjurassischer Sedimente hervorgegangen seien; endlich die grosse Wahrscheinlichkeit, dass die Altekircher Kalkschichten eine Doppelmulde bilden, wie sie das Profil darstellt. Die Wahrscheinlichkeit dieser kleinen Doppelmulde beruht auf der Identität der 3 durchfahrenen schwarzen Schieferschichten einerseits und der 2 dazwischen liegenden Cipolinschichten andererseits, besonders aber noch darauf, dass die quarzitischen Cipolinstraten überall zwischen die schwarzen Schiefer und die gewöhnlichen Cipoline eingeschoben sind. (Auf dem Profil ist letzterer Umstand durch etwas kräftige blaue Striche hervorgehoben). Bilden die Altekircher Kalke und Schiefer wirklich eine Doppelmulde, so müssen die schwarzen Schiefer der Oberalpstrasse, zusammen mit den im Sericitschiefergebiet durchfahrenen schmalen schwarzen Schiefer- und Phyllitstreifen, zu einer anderen Mulde zusammengefasst werden, wie auf dem Profil geschehen ist. Wir erhalten so eine Doppelmulde aus Urserngneiss, in deren südlichen Vertiefung die Mulde der Oberalpschiefer liegt, in der nördlichen Vertiefung die Altekircher Doppelmulde.

*) ANMERKUNG. Ohne Berücksichtigung der Drehungen im Horizontalplan war ein entsprechender Sprung, von 350 M., der schwarzen Schiefer im Vertikalplan anzunehmen, wie bei der Construction eines früheren Profiles auch geschehen ist.

Lässt sich nun irgendwie die Identität der Oberalpschiefer und der schwarzen Schiefer von Altekirche erweisen, so müssen die Sericitschiefer zwischen 3208 und 3692 als geologisches Aequivalent der Cipoline betrachtet werden, und die Urserngneisschichten zwischen 2783 und 3208 als die Flügel eines Luftsattels. Es scheint jedoch wahrscheinlich, dass das Gros der schwarzen Schiefer (Oberalpstrasse) älter als liassisch sei; analoge Schichtenkomplexe (schwarze Schiefer, Phyllit, Quarzitschiefer, sog. Verrucano) am Bristen gelten z. B. für carbonisch. Unter dieser Voraussetzung sind (unterhalb Tunnelhorizont) die inneren Grenzlinien der südlichen Mulde gezogen, welche andeuten, dass nicht nur die Oberalpschiefer nordwärts auskeilen, sondern auch die nächst hangenden Schichten, auf welchen dann die von dünnen schwarzen Schieferschichten umfassten Sericitschiefer lagern. Letztere blieben den Cipolinen äquivalent.

Die Zusammenfaltung der Ursernschichten dürfte mit der Emporschiebung des zum Finsteraarhornmassiv gehörigen Gneissgranites in nahem Zusammenhang stehen. Die häufigen Einlagerungen von Eurit und Quarz betrachten wir als die Ausfüllungsmasse von Rissen, welche durch die Faltungsprocesse entstanden; ebenso die mikroskopischen Risse in den Feldspäthen und anderen Gesteinsgemengtheilen.

Die Ursernschichten sind aber ausserdem von zahlreichen, offenbar viel jüngeren, lettigen Klüften und Spalten durchzogen, welche von Bewegungen im Gebirge herrühren, die das Finsteraarhornmassiv (so weit es hier in Betracht kommt) nicht mit ergriffen, denn im letzteren fehlen diese Lettspalten. Da die Quarzeinlagerungen, welchen die Lettklüfte sehr häufig folgen, zerquetscht sind und ihr Feldspathgehalt kaolinisirt, so können auch die Bewegungen (von denen die Klüfte eine Folge waren) erst stattgefunden haben als die Quarzeinlagerungen schon existirten d. h. lange nach der Zusammenfaltung der Schichten; es kommt sogar vor, dass die Schichtenfalten durch Lettspalten verworfen d. h. destruiert sind.

Die meisten Lettspalten folgen der Schieferung oder durchschneiden dieselbe spitzwinkelig; eine geringere Anzahl fällt (in Profilebene) flach nördlich ein; zwischen 3000 und 4000 sind Knotenpunkte zu bemerken, aus welchen sie in verschiedenen Richtungen gleichsam ausstrahlen.

Die diesen Klüften entlang stattgefundenen Bewegungen werden bekundet: Durch die lettige Reibungsbreccie, womit sie gefüllt sind; durch Harnischriefen auf ihren Flächen; durch Umstauchung der Schichtenränder; durch Verwerfungen der an ihnen absetzenden Schichten. Die einzelnen Verwerfungen sind immer klein, so dass nur durch die Summirung vieler gleichsinniger Sprünge abswerthe Dislokationen resultiren könnten; zusammen mit den Stauchrändern und Harnischriefen deuten sie übrigens darauf hin, dass in der Regel die südwärts liegenden Gebirgsstreifen relativ emporgeschoben wurden. Das grösste hierher gehörige Beispiel liefert die schon mehrfach erwähnte Verwerfungsspalte an der Südgrenze der Altekircher Kalkzone (2783). An der Oberfläche ist der Köhlertgraben in derselben ausgewühlt. Aus den Raumcoordinaten einiger Punkte desselben und des Schnittpunktes der Spalte mit dem Tunnel ergibt sich als Hauptrichtung dieser Spalte N. 20 E. † 39 N.-W., welche Richtung im Tunnel aber nur durch einige Klüfte (N. 15 à 25 E. † 39 N.-W.) angedeutet ist, denn die Spalte schleppt sich daselbst mit der Grenze zwischen schwarzem Schiefer und Urserngneiss. Ihre Ausfüllungsmasse und materielle Beschaffenheit wurde schon weiter oben beschrieben; hier sei nur das flache Einfallen der Schichten innerhalb der Spalte erwähnt, d. h. eine Stauchung, die auf Emporschieben des südlichen (liegenden) Theiles des Gebirges deutet.

Verwickelte Verwerfungen z. B. bei 3500, weisen zwar darauf hin, dass manche den Schichtfugen folgende Lettklüfte später aufgerissen wurden als die flach einfallenden; aber dennoch lassen sich die Lettklüfte nicht wohl in verschiedene Altersklassen bringen; sämmtlich dürften sie den letzten im Gotthardmassiv stattgefundenen Hebungen zuzuschreiben sein.

Durch zusitzende Wässer waren die meisten lettigen Fugen und Klüfte schmierig, am wenigsten die mächtigsten derselben, in welchen der Feldspath am vollständigsten kaolinisirt ist. Z. B. vor und nach der Spalte des Köhlertgraben tropfte es; die Ausfüllungsmasse der Spalte selbst war aber beim ersten Anfahren staubtrocken (2776—2811) und ist erst nachmals von jahrelang durchsickerendem Wasser weich und blähend geworden. Die unbedeutenden Wasserzuflüsse nördlich von der Altekircher Kalkzone entsprechen den nassen Runsen, welche sich das Berggehänge herab gegen die Strasse ziehen; stärkere erschienen bei 2480—2490, d. h. in der ideellen Fortsetzung der quellreichen Einmündung nächst N. von Altekirche. Bedeutende Wässer traten aus dem Cipolin (2591—2636, 2660—2740) in den Tunnel, während die zwischenliegenden schwarzen Schiefer fast trocken blieben; von 2708 M. entflossen dem Tunnel ca. 12 Liter pro Sekunde, von 2784 M. 20 Liter.

Diese Wässer setzen wegen geringen Eisengehaltes Rothoker ab; ihre hauptsächlichsten Mineralbestandtheile aber sind Gyps und Chlormagnesium. Weitere recht nasse Strecken sind 2860–2930 und 3058–3160, so dass der Gesamtabfluss aus dem Tunnel von 2987 34,5 Liter pro Sekunde betrug. Auch diese Zuflüsse sind magnesiahaltig und setzen Oker ab; ebenso die folgenden, von denen aber nur einzelne Bitterwasserquellen bei 3270–3280, 3710–3720, 3903 erwähnt zu werden brauchen. Von 4123 flossen 36,5 Liter aus dem Tunnel; weiter südwärts sind noch Quellen bei 4191 und 4240–4310 anzumerken. An letztgenanntem Punkt, nahe der Grenze des Gotthardmassives, schwemmte eine schwache Quelle stossweise Letten aus der Spalte.

Gotthardmassiv. 4325–11742 M. v. N. P. (d. i. bis 3178 M. v. S. P.)

Die Gesteine des Gotthardmassives sind mikroskopisch noch sehr unvollständig, chemisch noch fast gar nicht untersucht, deshalb will ich mich über selbige kurz fassen und lieber zu wenig als zu viel sagen. Sie gehören 2 Reihen an, deren eine durch Serpentin vertreten ist, während die andere gneissartige Gesteine umfasst, welchen einzelne Schichten von Hornblendegesteinen untergeordnet sind.

In den Gesteinen der Gneissreihe treten stets 2, manchmal 3, Glimmerarten neben einander auf. Die vorherrschende ist brauner Magnesiaglimmer mit hexagonalen Durchgängen, welcher bald stark dichroitisch ist (Sellaalp), bald schwach (Gurschenalp), bald fast gar nicht (Sorescia). Derselbe wird durch beginnende Verwitterung erst grün, endlich weiss, talkig. Zwischen dunkelen Glimmerblättchen liegen mitunter Häutchen von Sagenit (und Eisenglanz?) und sackähnliche breite Poren. Silbergrauer krummschaliger Magnesiaglimmer tritt neben dem braunen in wechselnden Mengen auf, so dass graue und braune Glimmergneissvarietäten entstehen. Es scheint jedoch möglich, dass diese 2 Glimmersorten nur Farbennüancen einer und derselben Species sind, denn man sieht häufig, an einer und derselben Glimmerschuppe die braune Farbe in graue übergehen. Die dritte Glimmerart ist Kaliglimmer, welcher entweder nur ganz spärlich in transversalen Schüppchen vorkommt, oder häufiger in schuppig gestreckten Häuten, die unter dem Mikroskop wie übereinandergeschobene Eisschollen aussehen.

Von den Feldspäthen ist Orthoklas vorherrschend; Plagioklas fehlt zwar nirgends, wird aber nur in einzelnen Schichten (besonders den Turmalin führenden) häufig. Die Plagioklaskörner sind gewöhnlich voller Poren und von Talkblättchen durchzogen; zerfetzt, rissig, geknickt oder scheinbar verbogen; sie greifen mitunter in den Orthoklas ein. Dieser scheint zwar frisch, umschliesst aber zahlreiche Flüssigkeitssporen, Wolken von Ferritkörnchen und farblose oder schwach bräunliche Mikrolithe, deren Querschnitte theils auf tetragonales oder rhombisches, theils auf hexagonales System hinweisen.

Der Quarz, quantitativ Hauptbestandtheil des Glimmergneisses, ist aus Körnern agglomerirt, zwischen denen gar nicht selten Eisenglanz, Sagenit und schwarze Ferritkörnchen abgelagert sind. Er umschliesst zahlreiche Flüssigkeitssporen mit Libellen, manche von der Form negativer Quarzkrystalle. Ich vermag keinen Unterschied zu finden zwischen diesen Flüssigkeitseinschlüssen und den für Kohlensäure gehaltenen in Gesteinen der Tessin- und Ursernmulde. Ausser Mikrolithen von derselben Form wie sie im Orthoklas vorkommen, lassen sich im Quarz solche von Asbest, Rutil, Kalkspath, Apatit mit einiger Sicherheit erkennen; andere können als Epidot, Salit, Zirkon (?), Anhydrit (?) gedeutet werden. Aufmerksamkeit verdienen runde, scheinbar abgerollte Quarzkörner in einzelnen Schichten mitten im Massiv, weil sie wie jene der Urserngesteine auf sedimentären Ursprung dieser Schichten hinweisen.

Von den accessorischen Gesteinsbestandtheilen verdienen solche die meiste Aufmerksamkeit, welche nicht nur vereinzelt mikroskopisch, sondern auch makroskopisch und in hinreichender Menge vorkommen, um gewisse Gesteinsschichten zu charakterisiren. Dahin gehören: Granat, Hornblende, Epidot, Turmalin, Magneteisen (Eisenglanz), Kiese. Kalkspath erscheint als Zersetzungsprodukt, besonders in den an Hornblende und Plagioklas reicheren Schichten.

Die zur Gneissgruppe gehörigen Gesteine, in welchen die hier aufgezählten Mineralien als constituirende oder accessorische Bestandtheile auftreten, bilden eine lange Reihe von Uebergängen zwischen Glimmerschiefer auf der einen Seite und wirklichem Gneiss auf der anderen, deren einzelne Glieder nicht immer gut definirt werden können. Am leichtesten zu erkennen ist jener Gneiss, welcher in der Umgebung des Sellasee's ausstreicht und im Folgenden der Kürze wegen Sella-gneiss heisst. Derselbe besteht aus flach linsenförmigen, gewundenen Quarzfeldspathlamellen, in

welchen hie und da Orthoklaskrystalloide ausgeschieden sind, wodurch die Struktur augengneissartig werden kann. In der Regel ist sie aber grobflaserig wegen Ineinandergreifens der Lamellen. Zwischen diesen ist weisser Glimmer in zarten schuppigen Häutchen ausgeschieden, schwarzbrauner (unter dem Mikroskop grüner) in einzelnen Schuppen oder Flatschen. Im gewöhnlichen Sellagneiss mit grobflaseriger Struktur und Feldspathknoten, sind diese dunklen Glimmerflatschen zahlreich und gross; im hellen Sellagneiss, welcher dünner und ebener geschiefert ist, herrscht weisser gestreckt-schuppig-häutiger Glimmer vor, und der dunkle erscheint nur in einzelnen Schuppen. Der s. g. quarzitisches Sellagneiss endlich ist ganz dünn und eben geschiefert; neben häutigem weissem Glimmer kommt in ihm brauner nur in einzelnen gestreckten Schüppchen vor; Feldspath ist immer reichlich vorhanden und zwar mehr Plagioklas als in den andern Abarten. Hieraus wird erklärlich, dass die quarzitisches Sellagneiss-schichten leichter verwittern als die übrigen und häufig von Lettfugen durchzogen sind. Als accessorischer Bestandtheil fehlen demselben nie Magnetkies und Schwefelkieskryställchen; solche kommen spärlicher im hellen Sellagneiss vor, fehlen aber fast im gewöhnlichen. Dasselbe gilt von Granaten, welche jedoch kein charakteristisches Accessorium dieser Bergarten sind, sondern zonenweise auftreten und dann in allen zu granatführenden Zonen gehörigen Schichten und Einlagerungen (z. B. von 4830 nordwärts und von 4000 südwärts). Auch die mikroskopischen Accessorien im Sellagneiss sind von denen des Glimmergneisses nicht verschieden. Häufig unter denselben sind die oben erwähnten Mikrolithe mit rhombischen rektangulären oder hexagonalen Querschnitten und Epidot, Amphibol, Sagenit und Eisenglanz; spärlicher: Magnetkies, Apatit, Zirkon (?) und Turmalin. Besonders in den hellen (quarzitischen) Abarten zeigen sich nicht selten Flüssigkeitssporen mit Libellen (Kohlensäure?).

Die Eintheilung des Sellagneisses in diese 3 Abarten hat keine grosse petrografische oder geologische Bedeutung, da die Varietäten vielfach wechseln und allmählig ineinander übergehen. Der gewöhnliche nimmt ungefähr 38 %, der helle 29 %, der quarzitisches 33 % der ganzen Sellagneissstrecke ein.

In technischer Beziehung ist die Eintheilung nützlich: Der gewöhnliche Sellagneiss war schwerer gebohrt als der helle, brach wegen dünnplattiger Ablosung gut und ist standfest; der helle war leichter gewinnbar und wegen scherbiger Ablosung weniger sicher; der quarzitisches musste im Stollen öfters verbaut werden wegen durchgreifender stänglicher Verklüftung und zahlreicher schmieriger Lettfugen. Aus den Tabellen zu den geologischen Durchschnitten ist ersichtlich, wie diese Momente den Stollenfortschritt in den 3 Gesteinsarten beeinflusst haben.

Auf dem Profil habe ich nur einige wenige Schichten des hellen (und quarzitischen) Sellagneisses markirt, welche am Tage und im Tunnel identificirt werden können, so dass ihr Verlauf den Schichtenbau zur Anschauung bringt. Aus gleichem Grund sind auch einige Glimmergneiss-schichten im Gebiet des Sellagneisses angedeutet. Am Anfang und Ende der Sellagneisszone vermittelt bei 3900—4000 und 5150—5450 (in runden Zahlen) dünnschieferiger quarzitisches Gneiss mit vielem silbergrauem Glimmer den Uebergang in Glimmergneiss. Nordwärts von dieser Zone kommen im Gotthardmassiv nur vereinzelte dünne Sellagneiss-schichten vor.

Ebenso wie der Sellagneiss transversal in gewöhnlichen Glimmergneiss übergeht, geht er in der Streichrichtung in den s. g. Gotthardgranit (v. Fritsch's «Fibbiagneiss») über, dessen Hauptmerkmal die zahlreichen grossen Orthoklaskrystalloide sind. Wandert man von der Fibbia über den Monte Prosa und am Sellasee vorbei nach dem Piz Prevot hin, so sieht man diese Augen allmählig abnehmen; jenseits des Sellasee's aber wieder zunehmen, bis zu beiden Seiten des kleinen Sellagletschers das Gestein wieder Fibbiagneiss wird.

Wesentlich verschieden vom Sellagneiss (Fibbiagneiss, Gotthardgranit) ist dagegen der wirkliche Granit des Pizzo Rotondo u. a. P., von welchem eine schmale Zunge in der Tremolaschlucht circa 2 Kilometer westlich von der Tunnellinie ausläuft, aber keine Spur in der Tunnellinie selbst sichtbar ist, weder über noch unter Tage.

Die gneissartigen Schichten des Glimmergneisses, welche im Guspisthal und an den Annabergen zu Tage streichen, im Tunnel besonders zwischen 6000 und 7000 N. und S. auftreten, unterscheiden sich vom Sellagneiss zwar mehr durch Struktur und äusseren Habitus als durch Mineralzusammensetzung; wegen häufigen und ganz allmählichen Uebergehens in gewöhnlichen Glimmergneiss lassen sie sich aber von letzterem nicht wohl trennen.

Die Quarzfeldspathlamellen dieser Gneiss-sorte umschliessen nur selten Feldspathaugen; sie sind parallelfächig, aber häufig gewunden, selbst gefältelt; dicht eingesprengte zarte braune Glimmerschüppchen verleihen einzelnen Lamellen graubraune Farbe, wodurch das Gestein auf dem Querbruch streifig wird. Auf dem Hauptbruch bilden die Glimmerschüppchen zusammenhängende Häute,

welche aber zum Theil centimeterdick werden und den Gneiss in handbreite Schalen trennen (südwärts von 6660 N.)

Dieser Wechsel von festen und milden Lagen verursacht Abgleiten der Bohrer in spitzwinkelig zur Stollenrichtung verlaufenden Schichten, d. h. Verzögerung der Bohrarbeit in dem nicht gar festen Gestein. Auch brechen die wegen ihrer Biegungen hie und da schwebend verlaufenden Gneiss-schichten an den Glimmerlagen schalig aus.

Kaliglimmer kommt ganz untergeordnet in kleinen transversalen Schüppchen vor, meist in den Quarzfeldspathlamellen; silbergrauer Magnesiaglimmer fehlt neben dem braunen zwar nie; seine Zunahme deutet aber immer auf Uebergang in gewöhnlichen Glimmergneiss.

Mitunter verschwindet die deutliche Streifung und der Gneiss wird durch unregelmässiger vertheilten Glimmer flammig, gebändert oder fleckig; die dann gewöhnliche feinkörnige bis dichte Grundmasse macht das Gestein hart und zähe. Endlich sind in vielen Gneiss-schichten die Lamellen der Grundmasse stänglich gequetscht oder körnig zerstückelt und der Glimmer ist in krummschaligen Schuppen eingeknetet. Handstücke dieser Abart ähneln Granit, und auch in anstehenden Schichten wird es oft schwierig die ursprüngliche Parallelstruktur wieder zu erkennen, zumal wenn glimmerbekleidete Lossen eine sekundäre Schieferung veranlasst haben.

Die accessorischen Bestandtheile dieses Gneisses sind dieselben wie in den umgebenden Glimmergneiss-schichten; Magnetkies kommt häufig vor, auch mikroskopisch, und scheint die Ursache der blaulichen Färbung des Feldspathes mancher Schichten. Hornblende (makroskopisch) stellt sich ein in der Nachbarschaft von Hornblendgesteinsschichten; Turmalin (schwarze pulverkorn-grosse Körner und gebrochene Säulen) wurde namentlich im Gneiss bei 7342—70 N. beobachtet, welcher zugleich reicher an Plagioklas, Kaliglimmer, Magnetkies ist, als gewöhnlich. Auch der Turmalin ist aber nicht an eine gewisse Gneiss-schicht gebunden, sondern die umgebenden Schichten sind gleichfalls Turmalin führend. An der Oberfläche stehen ähnliche turmalinführende Schichten-complexe zwischen Aelpefligrat und Kastelhorngrat an. Wegen Parallelisirung der Schichten sei hier erwähnt, dass der quarzfeldspathreiche Glimmergneiss bei 5700—10, 6000 und 6813—73 S. gleichfalls Turmalin in dünnen Nadeln führt.

Der gewöhnliche Glimmergneiss, welcher das Hauptgestein des Gotthardmassives ist und den Boden der Gurschenalp, des Guspisthales, der Alpe di Sorescia bildet, unterscheidet sich von dem eben beschriebenen Gneiss durch grösseren Glimmergehalt, geringeren Feldspathgehalt der Grundmasse und durch die Struktur; denn der auf dem Hauptbruch in zusammenhängenden Häuten abgelagerte schuppige Glimmer lässt dasselbe Gestein oft glimmerreich und selbst glimmerschieferähnlich erscheinen, welches wie glimmerarmer Gneiss aussieht, sobald es zerquetscht und sein zeretzter Glimmer in Schuppen eingeknetet ist.

Der Glimmer ist ein brauner und grauer Magnesiaglimmer, über dessen physikalische Eigenschaften schon gesagt ist, was gegenwärtig gesagt werden kann. Der ursprünglich häutige braune Glimmer scheint durch mechanische Vorgänge sehr häufig geriffelt, zu länglichen Schuppen gerissen, in die zerstückelte Grundmasse eingeknetet; ausserdem aber färben mikroskopische Schüppchen desselben die Grundmasse nicht selten rauchgrau. Die krummschaligen Schuppen des silbergrauen Glimmers sind einzeln in die Grundmasse eingeknetet oder auf dem Hauptbruch zu rauhen Häuten verwoben. Von diesen Glimmerarten ist die braune in der Regel überwiegend; in einzelnen Schichten mit vorherrschend silbergrauem Glimmer findet sich ziemlich reichlich Magnetkies ein und der Feldspath wird blaugrau. Ganz sporadisch treten im Glimmergneiss hie und da transversale Schüppchen von Kaliglimmer auf; und in zeretzten Schichten hat der häutige braune Glimmer durch Bleichung oft das Aussehen von Sericit.

Die quarzreiche Grundmasse des Glimmergneisses ist entweder in dünnen ebenen Lamellen ausgeschieden, wodurch das Gestein auf dem Querbruch streifig wird, oder die Lamellen sind durch Kleinfältelung stänglich abgesondert oder durch Quetschung körnig zerstückelt. Im letzteren Fall wird die Parallelstruktur verworren oder ganz verwischt, und man muss sich achten, als Strukturflächen nicht Lossen anzusehen, welche mit häutigem Glimmer oder Grafit (z. B. 6000 à 6100 N.; 7250 S.) bekleidet sind und das Gestein in dichter Folge durchziehen.

Besonders nahe den Grenzen des Gotthardmassives ist die Grundmasse vieler Glimmergneiss-schichten feinkörnig, fast dicht, rauchgrau. Der in zusammenhängenden Häuten abgelagerte braune Glimmer lässt dann das Gestein auf dem ebenen Hauptbruch wie Glimmerschiefer erscheinen; wie dunkelen quarzitischen Schiefer auf dem Querbruch. Hieran schliesst sich das auf den Durchschnitten als dichter Gneiss oder ebenschiefriger quarzreicher Glimmergneiss bezeichnete Ge-

stein, welches zwischen 6435 N. und 6124 S. sehr häufig in dünnen Streifen*) auftritt, seltener in geschlossenen Schichten von einiger Mächtigkeit; letztere besonders in der Nähe von Hornblendegestein und dann durch fein eingestreute Amfibolnadeln und schwarze Glimmerschüppchen dunkel und zähe.

Die euritische, weiss, grau, grün, roth geflamme und gefleckte Grundmasse der dichten Gneissstreifen ist durch dünne Lagen von zartschuppigem braunem und grauem Glimmer schiefrig. Die Glimmerschüppchen nehmen zuweilen so überhand, dass das Gestein milde und glimmersandsteinähnlich wird, z. B. bei 7363—79 N., wo schnurenweise angeordnete runde Glasquarzkörner mit einzelnen Krystallfacetten auf klastischen Ursprung dieser Schichten deuten. Als makroskopische Accessoria kommen Hornblende, Mangankiesel, Turmalin (von 7363 südwärts), Magneteisen, Granaten, Kiese vor; auf Quetschlossen Grafit; auf Klüften dünne Kalkspathkrusten.

Wir haben endlich noch die glimmerschieferartige Varietät des Glimmergneisses zu erwähnen, müssen jedoch nochmals daran erinnern, dass aller ebenschiefrige Glimmergneiss mit häutigem Glimmer auf dem Hauptbruch Glimmerschiefer gleicht. Durch Quetschung und Strukturänderung kann Glimmergneiss von derselben Mineralzusammensetzung so verschiedenartiges Aussehen erhalten, dass nur Bauschanalysen spezifische Unterschiede von Varietäten nachweisen lassen. Abgesehen von dünnen grauen und braunen Glimmerschichten, welche in allen Gesteinen des Gotthardmassives vorkommen, und abgesehen von den schwarzbraunen Glimmerhüllen, welche viele Quarzfeldspathwülste umgeben, sind glimmerschieferartige Schichten besonders häufig: nahe den Grenzen des Massives; zwischen 5000 und 6000 S. und 5300 à 5800 N.***) Aber auch viele Verwerfungsspalten sind mit gefaltetem geknicktem, theilweise zersetztem Glimmerschiefer gefüllt.

Im glimmerschieferartigen Glimmergneiss herrscht in der Regel brauner häutiger Glimmer vor, seltener silbergrauer krummschaliger. Durch beginnende Zersetzung in und an Verwerfungsspalten wird ersterer grün, durch weiter fortgeschrittene grauweiss, talkig. Die glimmerschieferartigen Einlagerungen mussten grossentheils schon im Richtstollen verbaut werden; aber auch der gewöhnliche gesunde Glimmergneiss ist wegen scherbiger Ablösung unsicher. In den wechselnden Schichten von dünn-schieferigem hellem Gneiss, Glimmergneiss und Glimmerschiefergneiss ist der grösste Tunnelfortschritt erzielt worden. Im August 1878 wurde daselbst der Stollen von 5202,2—5373,95 erlangt, d. h. 5,34 M. täglich. 4 Mac Keanmaschinen (7 auf dem Gestelle) bohrten stündlich 943,6 Cm. ab.

Es wurden im vorgehenden schon die häufigsten Accessorien in verschiedenen Abarten des Glimmergneisses aufgezählt. Im allgemeinen ist in dieser Hinsicht anzumerken, dass nahe der Südgrenze des Massives kleine Granaten nicht selten sind (Nr. 129, 136 der Sammlungen); desgleichen: Hornblende, meist mikroskopisch, zerfetzt, im Zustand beginnender Verwitterung, wie schon Finnenähnliche Einschlüsse von Kalk und Kieselsäure, welche Ferritkörner umgeben, andeuten (Nr. 129; 132; 136). Einige hierher gehörige Schichten scheinen aber noch zur Tessinmulde zu gehören und nur durch die als Grenze angenommene Spalte von dem betreffenden Complex getrennt; oder auch finden auf der Südseite ähnliche Uebergänge aus Tessingesteinen in Gotthardgesteine statt, wie auf der Nordseite aus Urserngesteinen in Gotthardgesteine. Hier wird besonders durch den grünen und braunen Glimmer der Zusammenhang vermittelt, indem ersterer südwärts in die Gotthardgesteine, letzterer nordwärts in die Urserngesteine übergreift. Auch das Grafitpigment der schwarzen Schiefer (Oberalpstrasse) ist in einzelnen Urserngneiss-schichten wieder zu erkennen und verblasst erst im Gotthardmassiv. Eine Analogie zwischen dem Glimmergneiss an beiden Grenzen des Massives wird durch Granaten angedeutet, welche z. B. in Nr. 93 N. mikroskopisch vorkommen; ferner durch mikroskopischen Amfibol, Epidot, Turmalin.

Accessorische Granaten in den Grenzschichten des Sellagneisses wurden schon erwähnt; charakteristisch sind sie für die im Guspisthal austreichenden Schichten, besonders den glimmerreichen. Auf dem frischen Querbruch des Gesteines sind sie daselbst nur schwierig zu erkennen, treten aber auf dem Hauptbruch als mit silbergrauem Glimmer umhüllte Knoten hervor; dagegen erscheinen sie rosinenähnlich auf den meisten angewitterten Gesteinsflächen. Es ist eine beachtenswerthe Erscheinung, dass im Tunnel unter dem Guspisthal nur in der Nähe hornblendeführender Schichten Granaten bemerklich werden, namentlich bei 6042—6380. Makroskopischer Turmalin wurde unterirdisch in einzelnen Schichten zwischen 4904 S. und 7342 N. beobachtet; am Tage an Greno di Prosa und Aelpetligrat-Kastelhorngrat. Dünne Kalkstreifen kommen ausser bei 6100 à 6110 N. und 3440 à 3500 S. nur nahe den Grenzen des Massives und in der Nachbarschaft hornblendeführender Schichten häufig vor und sind auf Zersetzung der Hornblende und des Plagioklas zurückzuführen.

*) ANMERKUNG. Auf dem Profil sind meist Bündel solcher dünner Streifen durch je einen blauen Strich angedeutet.

**) ANMERKUNG. Von dieser letzten Tunnelstrecke ist noch wenig im Detail aufgenommen; vorstehende Angabe beruht hauptsächlich auf Handstücken, die ich nicht selbst genommen habe.

Auffällig ist das Auftreten von Desmin in liniendicken Lagen (nicht Drusen) bei 3915 S. Disthén wurde u. a. bei 3660 à 75 S. beobachtet. Impregnationen und zolldicke Lagen von Bleiglanz und Zinkblende mit Kiesen bei 3250—70; 3376 S. und 4410 N.

In und an jüngeren (oder auch wieder aufgerissenen älteren) Verwerfungsspalten ist der Glimmergneiss zerrüttet, zerquetscht und zerfetzt. Der Quarz ist zu feinem Mehl pulverisirt; der Feldspath (besonders Plagioklas) mehr oder weniger kaolinisirt; der Glimmer gebleicht und talkig geworden. Rutschflächen in solchen faulen Parthieen sind gewöhnlich mit Grafit und Schwefelkies überzogen, auch dünn mit Kalkspath inkrustirt. Der Grafit dürfte von organischen Stoffen (Humussäuren, Bacterien) herrühren, welche mit den Tagewässern in das Erdinnere drangen und durch Reibungswärme gekohlt wurden; der Schwefelkies von Sulfatlösungen, welche in der Gegenwart organischer Stoffe auf Eisenoxydhydrat wirkten; der Kalkspath von zersetztem Plagioklas. Selten sind zerrüttete Gebirgsstreifen durch ihre ganze Masse gleichförmig zersetzt (z. B. Thonstein bei 5960—66 S.); gewöhnlicher füllt die Spalten Reibungsbreccie aus Nebengestein, Quarz und Letten, und in den mächtigsten, z. B. bei 4540—4715 S. sowie 7394—7445 S. wechseln Streifen von zerquetschtem aber äusserlich noch gesundem Gestein mit lettig zersetztem. Während gesunder Glimmergneiss aus der letzterwähnten Spalte (von 7437 S.) das specifische Gewicht 2,71 besass, durch Glühen 0,41 % verlor und ohne Volumänderung 1,95 % Wasser aufsaugte, hatte zersetzter Glimmergneiss von 7427 S. das specifische Gewicht 2,77 (excl. Poren); verlor durch Glühen 1,87 % und saugte 11,1 % Wasser ein, wobei Erwärmung*) und eine Volumzunahme von 8,8 % eintrat. Mit 20 % Wasser zerfiel er in griesigen Schlamm.

Aus diesen Daten lässt sich berechnen, dass die Zersetzung des Glimmergneisses mit einer Volumzunahme von 15 % verknüpft war, welche Spannungen und Verschiebungen im Innern der zersetzten Zone hervorrufen musste, und die bei fernem Wasserzutritt stattfindende Volumzunahme von 8,8 % macht auch erklärlich, dass solche « Druckparthieen » blähen, wenn sie nicht rasch und sorgfältig verkleidet werden. Für die Bauausführung sind desshalb nasse und schmierige Druckparthien (beispielsweise 4540—4715 S.) wohl ebenso lästig, aber nicht so tückisch wie trockene (z. B. 7394—7445 S.); und für die Zukunft der Tunnelröhre ist weder von den einen noch den andern etwas zu fürchten.

Die Hornblendegesteine des Gotthardmassives lassen sich von der Gneissreihe nicht trennen, denn sie sind hauptsächlich nur hornblendeführender Glimmergneiss, Gneis- oder dichter dunkler quarzitischer Gneiss mit dünnen Streifen von Hornblendeschiefer, selten Diorit. Da es aus geotektonischen Gründen nützlich schien, im Gebiet des Gotthardmassives, auf dem Profil einzelne, wenn auch ganz dünne, Hornblendegesteinsstreifen anzudeuten, während andererseits dicht wechselnde Schichten von Hornblendegestein, Hornblendeführendem und gewöhnlichem Gneiss nur durch ein einziges grünes Band dargestellt werden konnten (z. B. vor 6000 N. und nach 5000 S.; am Tage das Kastelhorngrat), so müssen zur Beurtheilung der wirklichen Mächtigkeit der Hornblendegesteinsschichten die Durchschnitte in 1:200 verglichen werden. Mikroskopisch habe ich nur das Hornblendegestein Nr. 95 von 4835 N. flüchtig untersucht. Es besteht aus vielem Quarz, Orthoklas, weniger Plagioklas, zerfetzten Hornblendestrahlen in beginnender Zersetzung, grün und braun dichroitirendem Magnesiaglimmer, Talkblättchen; und enthält accessorisch Granaten, Kiese, Magneteisen, Eisenglanz, Rutil, Pyroxen, Turmalin, Kalkspath. Gewöhnliche makroskopische Accessorien aller Hornblendegesteine sind: Granat, Kiese, Magneteisen (mit dem Magnetstab anziehbar); Mangankiesel (5649, 5842 S.). Als das Produkt beginnender Zersetzung fehlt wohl nirgends Kalkspath; seltener wurden Zeolithüberzüge auf Klüften beobachtet (6638 N.). Beachtenswerth schien das Vorkommen von Olivin oder (Estatit) an der Oberfläche bei 5400 N., denn es deutet auf einen Zusammenhang zwischen Hornblendegestein und Serpentin, welchen ausserdem einzelne serpentinisirte oder in Topfstein zersetzte Hornblendegesteinsschichten bei 4835 N.; am Anfang und Ende des Serpentinstockes; bei 5921; 61; 6310; 6380; 7141 N. wahrscheinlich machten. Am bemerkenswerthesten in dieser Beziehung ist eine gewundene Giltsteineinlagerung bei 6933—36 und 49—54 N., welche aus verfilztem und zersetztem Strahlstein besteht; accessorisch Olivin (?), Braunspath, Kiese führt, ganz undeutlich geschiefert, aber regelmässig verplattet ist. An der Oberfläche kenne ich sie nicht. Sie müsste unter der Moräne des St. Annagletschers austreichen, und es ist wohl möglich, dass Gerölle aus gleichartigem Gestein (im obersten Winkel des Felsenthal) dieser Schicht entstammen und nicht dem Kastelhorn.

*) ANMERKUNG. 28 Gramm trockenes Gesteinspulver und 52 Gramm Wasser wurden nebst Gefässen und Thermometer auf eine Temperatur von 6° gebracht; als dann das Wasser mit dem Gesteinspulver gemischt wurde, stieg die Temperatur des Breies auf 6,5°. Das zersetzte Gestein enthält wenig kohlen-sauren Kalk und Gyps (Anhydrit?).

Zeolithe. Desmin bei 3915 S. in dünnen Lagen eingewachsen, wurde schon erwähnt. In garbenförmigen Krystallen bei 4000; 4240; 4273 S.

Zerbrechliche, leicht abfallende Krusten äusserst subtiler Zeolithnadeln bekleiden die grossen Kalkspathskalenöder bei 4088 S. Die Nadeln besitzen verschiedenartigen Glanz und zeigen unter dem Mikroskop abweichende Formen; sie dürften zwei verschiedenen Species angehören. Beim Glühen entwickeln die an Pharmakolith erinnernden Nadeln sauer reagirendes Wasser. In derselben Druse und bei 4630 Apophyllit (?).

Apatit. Mit den schon erwähnten Apatitadern im schwarzbraunen Glimmer kamen bei 3917 S. auch einzelne tafelartige, schwach grünlich gefärbte Krystalle vor, welche wegen grosser Sprödigkeit aber nicht frei gelegt werden konnten. Wasserklare, kurzsäulenförmige Apatitkrystalle, an denen neben Prisma, Basis, verschiedenen Pyramiden erster und zweiter Ordnung auch Flächen hemiëdrisch ausgebildeter Zwischenpyramiden vorkommen: bei 3955 und 4088 S.

Eisenglanz; sehr häufig in den meisten Quarzeinlagerungen, besonders auch den gequetschten, Dünn tafelförmig (5277 S. 5300 S. [mit Chlorti bestäubt]; 4847 N.); gewöhnlich als Ausfüllungsmasse von Rissen und Sprüngen, sowohl in einzelnen Quarzkrystallen (3237 S.) als im Fettquarz (seltener im Feldspath).

Rutil, begleitet häufig aber in geringer Menge den Eisenglanz der Quarzeinlagerungen, sowie die Quarz-, Adular- und Kalkspathkrystalle der Drusen; selten in einzelnen dünnen, kräftig gerieften Säulen; gewöhnlich nadelförmig ein- und zwischengewachsen; oder als Sagenit auf Flächen und Rissen der Quarz- und Kalkspathkrystalle. (Von dem Vorkommen in derben Quarzeinlagerungen abgesehen, z. B. bei 3955; 4088; 5081; 5150 S.).

Anatas. Bei 3955 und 4088 S. basisch abgestumpfte, mit Chlorit bestäubte Pyramiden; bei 5081 S. u. a. P. kleine, dunkle, stark glänzende, spitze Pyramiden, auf euritischem Drusengestein der zwischen Sellasee und Guspisthal austreichenden Schichten, in welchen auch an der Oberfläche Anatas bekannt ist.

Titanit. Besonders bei 3955 und 4088 S. in gelben bis rothbraunen tafelartigen Krystallen, welche mitunter mit Chlorit bestäubt sind.

Schwefelkies. Die regelmässigen hexaëdrischen Krystalle eingesprengt in feinkörnigen Glimmerschiefergängen (z. B. 4214 S.) und in den dünnschieferigen quarzitischen Glimmergneissvarietäten. Ausserdem in allen Drusen mit Sammterde, derb oder krystallisirt.

Markasit, in dünnen Krusten oder hahnenkammähnlichen Leisten bei 4088 S.

Magnetkies. In allen Quarzfeldspatheinlagerungen; nicht selten krystallisirt, doch gelingt es fast nie die spröden Krystalle blosszulegen, nicht einmal in dem zerquetschten Quarz. Beschädigte Krystalle von 4870 N. und 3831 S.

Arsenikkies. Silberweiss bis stahlgrau; derb eingewachsen und in Krusten aufgewachsen 3955 S.

Zinkblende. Braun; beide Tetraëder, rhombendodekaëdrisch abgestumpft. Mit Kalkspath, vermuthlich aus der Nähe der früher erwähnten Impregnationen von Bleiglanz, Blende, Kiesen im Glimmergneiss bei 3250—70 oder 3376 S.

Molybdänglanz. Dünne Blättchen bei 6344 S. spärlichst in einer Quarzader eingewachsen, bei 3955 S. in einer Druse aufgewachsen; zusammen mit Chlorit, Quarz, Adular, Kalkspath, Apatit, Arsenikkies, Titanit, Anatas u. a!

Glimmer. Sechskantige Tafeln, silberweiss oder gelblichweiss, in vielen Drusen, z. B. bei 3360, 5081, 5150 S.

Chlorit; als «Sammterde», fehlt wohl keiner Druse, kommt aber auch häufig in Quarzfeldspatheinlagerungen ohne bemerkbare Drusen vor. In der Regel grössere Blättchen als im Finsteraarhornmassiv und in der Ursernmulde, so dass man oft schon mit der Loupe ihre Form erkennen kann.

Epidot. Bräunlichgrüne, glasglänzende, stängliche Krystallbüschel bei 5400 N., aus einem Quarzgang zusammen mit Chlorit, Quarzkrystallen, Adular u. a.

Serpentin kommt im Tunnel nur bei 4870—5310 N. vor, wenn man von Serpentinharnischen auf Gleitflächen und von serpentinisirtem oder in Giltstein verwandeltem Hornblendegestein absieht. Er ist aus der Zersetzung von dunklem Olivin entstanden, welches Mineral nicht selten in unzersetzten, schimmernden, fettglänzenden Körnern mit unscharfer Begrenzung im Serpentin vorkommt. Dass Olivin den Grundbestandtheil ausmacht (wie auch Prof. Fischer in Freiburg fand) und

nicht ein rhombischer Pyroxén, z. B. Enstatit (wie Sjögren glaubt), scheint daraus hervorzugehen, dass der Serpentin von Salzsäure und Schwefelsäure zersetzt wird, selbst wenn er voll von dem schimmernden Mineral ist. Bei der Behandlung des letzteren mit Salzsäure scheidet sich schleimig-pulverige Kieselsäure ab, mit Schwefelsäure schleimige. Zwischen den sehr zerrissenen Olivinkörnern sieht man unter dem Mikroskop die eigentliche Serpentinsubstanz, welche jener von der Baste gleicht. Nur bildet sie nicht so grosse regelmässige Bänder, sondern erscheint zerstückelt, mosaikartig, oft in strahliger Gruppierung. Ausserdem enthält der Serpentin Talk oder einen talkigen silbergrauen Glimmer, in einzelnen Schichten so reichlich, dass deutliche schieferige Struktur resultirt; ferner Biotit. An den Sahlbändern der ganzen Einlagerung, sowie einzelner sie durchsetzender Glimmer- und Porfyrgänge ist in dem zersetzten Serpentin Strahlstein eingewachsen, oft in Gesellschaft mit Braunspath; mikroskopisch kommen aber einzelne Hornblendenadeln durch die ganze Masse vor. Andere Accessoria sind: Granat, Magneteisen, Kiese. Die dunkelen, bei Lampenlicht eigenthümlich schimmernden, Olivinkörner können leicht für Granattupfen gehalten werden. Doch sind Granaten nur spärlich eingewachsen; unter dem Mikroskop zeigen sie sich zerrissen, von Talkblättchen durchzogen. Magneteisen ist nur selten mit blossen Auge sichtbar, z. B. bei 5200—5250 in Körnern und kurzen dünnen Adern; und selbst mit dem Magnetstab kann man nur wenig ausziehen. Das ausgezogene Pulver giebt vor dem Löthrohr deutliche Chromreaktion, welche das Gestein nicht oder nur zweifelhaft zeigt. Unter dem Mikroskop erkennt man die den Magneteisenkrystallen eigenthümliche Gruppierung, etwas scharfzahniger als in anderen Gotthardgesteinen. Viele der schwarzen Körner scheinen smaragdgrün umsäumt, wenn sie ganz wenig aus dem Focus gerückt werden; sollte vielleicht auch Picotit vorkommen? Die Kiese sind immer spärlich eingesprenkt und unwesentlich. Da der Serpentin kochende Schwefelsäure schwärzt, so dürfte er organische Substanzen enthalten.

Der Serpentin ist theils kompakt mit kaum erkennbarer Parallelstruktur, aber sehr deutlicher Plattenabsonderung; dunkelgrün gefleckt und geflammt, in dünnen Scherben hellgrün durchschimmernd. Oder er ist uneben schieferig, silbergrau auf dem Hauptbruch, schmutzig graugrün auf dem Querbruch. Uebergänge verbinden diese beiden Strukturvarietäten, welche gleichzeitig verschiedene Stadien der Zersetzung auszudrücken scheinen.

Zwischen 5125 und 5200 kommen Serpentinsschichten vor mit reichlicherem Glimmer und Quarz und Feldspath, so dass sie mit serpentindurchtränktem Glimmergneiss verglichen werden können.

Trümmer von Chrysotil sind nicht gerade häufig; öfters Asbest auf Klüften, die Fasern schief gegen die Klüftflächen gerichtet; Bergleder an der Südgrenze der Einlagerung.

Nassen Klüften entlang ist der Serpentin in der Regel gebleicht; hat er dabei seine Härte nicht eingebüsst, so erinnern die gelblich grünen Bänder an Nefrit, zumal wenn sich Tremolithnadeln in denselben einfinden (5067; 5095; 5223). Durch weiter fortgeschrittene Zersetzung werden die Sahlbänder solcher Klüfte specksteinartig. Einige lettig talkige Klüfte umschlossen abgeriebene Brocken von frischem Serpentin, welche ebensowohl wie zahlreiche Harnische Bewegungen entlang diesen Klüften bekunden. Aber auch im kompakten Serpentin sind glänzend polirte, mit dünnen gerieften Krusten von hellgrünem oder bläulichem Serpentin überzogene, Harnische in allen Richtungen sehr gewöhnlich.

Als besondere Einlagerungen sind $\frac{1}{2}$ à 2 M. mächtige Gänge von Glimmerschiefer bei 5058 und Porfyr (Nr. 97; bei 5020) zu erwähnen, welche wohl zusammengefasst werden dürfen, da den Glimmerschiefer Felsit, den Porfyr aber brauner Glimmer begleitet, und beide talkige Sahlbänder mit eingesprenktem Strahlstein besitzen. In der röthlichgrauen Porfyrgrundmasse liegen kleine helle Feldspathkrystalle, Hornblendenadeln und wenig brauner Glimmer. Ganz ähnlich beschaffen sind die Stockscheider des Serpentes. An der diskordant verlaufenden Nordgrenze folgt auf quarzitisches Gneiss ein Strahlsteinstreifen, dann mürber Glimmergneiss mit einer felsitführenden grossblättrigen braunen Glimmerschicht; endlich gebleichter Serpentin, welcher in deutlich geschieferten übergeht. In der dem Nebengestein konkordanten südlichen Grenzspalte folgt dem schieferigen Serpentin: heller, braunspathführender Giltstein; weisser Talkschiefer; Giltstein mit eingewobenem Strahlstein, Chlorit und braunem Glimmer; brauner Glimmer grosshäutig bis feinschuppig, mit Pegmatittrümmern. Diese sekundären Bergarten greifen jedoch als flache Linsen vielfach ineinander. Die nächsten Glimmergneisssschichten sind verstaucht, zerrissen, zersetzt.

Durch seine Härte (unzersetzte Olivinkörner) und Zähigkeit hat der Serpentin den Stollenfortschritt merklich aufgehalten. Zur Durchföhrung von 440 M. waren 173 Tage erforderlich und 6

Ferrouxmaschinen (von denen in der Regel gleichzeitig 4 im Gange waren) brachten zusammen stündlich 485 Cm. Lochtiefe fertig. Die schieferigen Serpentinsschichten waren für Bohrleistung und Fortschritt wesentlich günstiger und sind wegen ihrer Zähigkeit dennoch standfest. Die kompakten Lagen werden durch weitgreifende Klüfte in solide Bänke abgesondert; zerrissene, von Specksteinklüften durchzogene Streifen müssen verkleidet werden.

Von der exotischen Serpentinablagerung ganz abgesehen finden wir dass die Gesteine des Gotthardmassives denen der Ursernmulde viel näher stehen als jenen des Finsteraarhornmassives. Selbst der Sellagneiss ist durch Schichtenverband und Uebergänge mit dem Glimmergneiss des Gotthardmassives so eng verknüpft, dass er sich nicht von ihm trennen lässt, und ebenso ist der Glimmergneiss an der Grenze der Ursernmulde mit dem Urserngneiss verknüpft. Die Grenzschiefer des Urserngneisses nehmen braunen Glimmer auf, jene des Gotthardglimmergneisses grünen, welchen hie und da noch Grafit pigmentirt. Es kommen einzelne Kalkstreifen vor und mitten im Massiv Schichten mit runden Quarzkörnern, wie sie in den Gesteinen des Ursernthales so häufig sind. Letztere müssen wir als metamorfosirte Sedimentgesteine betrachten, und als solche schliessen sich ihnen die Gesteine des Gotthardmassives eng an. Dieselben Unterschiede zwischen Finsteraarhorngesteinen und Urserngesteinen, auf welche früher hingewiesen wurde, stellen sich auch zwischen Gotthardgesteinen und Finsteraarhorngesteinen heraus; sogar was Accessoria betrifft (Kohlensäure, Rutil, Eisenglanz, Disthen, Anhydrit u. a. fehlen im Finsteraarhornmassiv; Amphibol, Granaten, Kalk, Magnetisen, Turmalin u. a. sind daselbst seltene Gäste; sogar mikroskopisch gesehen). Selbst die Vertheilung der Gang- und Drusenmineralien in den 3 Gebirgsgruppen deutet auf nähere Verwandtschaft zwischen Gotthard und Ursernthal als zwischen Gotthard- und Finsteraarhornmassiv.

Von 27 im Vorhergehenden aufgezählten Mineralien sind nämlich 9 oder 10 allen 3 Gruppen gemeinsam, und ebenso viele dem Finsteraarhornmassiv und Gotthardmassiv einerseits, dem Finsteraarhornmassiv und der Ursernmulde andererseits; dagegen 15 der Ursernmulde und dem Gotthardmassiv.

Der Schichtenbau des Gotthardmassives lässt sich am leichtesten übersehen, wenn man zunächst je für sich die 2 Abschnitte nördlich und südlich von der Verwerfungsspalte betrachtet, welche von 5908 S. nach dem St. Annagletscher aufsteigt.

Im südlichen Abschnitt ist das Einfallen der nordöstlich streichenden Schichten seiger zwischen 4770 und 5565, d. h. auf dieser Strecke schlägt es häufig aus nördlichem in südliches um und umgekehrt. Dies ist das Mittelfeld des Hauptfächers, welchem auch der Hauptkamm des Gotthardmassives (Greno di Prosa) angehört. Der südliche Fächerflügel streckt sich bis zur Tessinmulde, wo das Einfallen am Tage 63° , im Tunnel $65\frac{1}{2}^\circ$ nördlich ist; an den nördlichen Flügel dagegen (von welchem im Tunnel nur die kurze Strecke 5565—5908 aufgeschlossen ist) lehnt sich ein umgekehrter Fächer, dessen Axe bei 6660 S. das Guspisthal trifft; und an diesen ein aufrechter mit Axe bei 6955 S., in dessen nördlichem Flügel die Kastelhornschiefer 65° südwärts einfallen (in Profilebene). [Ganz lokale Abweichungen des steilen Einfallens sind hierbei nicht berücksichtigt].

Im südlichen Flügel des Hauptfächers schliessen sich die Schichten der Rundung der Tessinmulde an, d. h. sie verlaufen in flachen Bögen mit steigendem Radius; dieser ist z. B. 30750 M. an der Südgrenze des Massives (2590 M. v. P. an Oberfläche; 3178 M. v. P. im Tunnel); 36540 M. bei 3400 M. resp. 3867 M. Das Steilerwerden des Einfallens*) ist am Tage ziemlich regelmässig bis oberhalb Sellasee; im Tunnel aber nur bis 4000, wo eine allmälige Verflächung von $10-12^\circ$ eintritt, welche eine vorliegende Schichtenmulde vermuthen liess, bis sie sich als Folge mechanischer Störungen herausstellte. Von solchen wird später im Zusammenhang die Rede sein; hier sei nur noch erwähnt, dass das wechselnde nördliche und südliche Einfallen zwischen 4770 und 5565 Folge ist von Linsenform einzelner Schichten, von welligem Schichtenbau, und von kleineren Verwerfungen nebst Stauchungen.

Im nördlichen Abschnitt des Gotthardmassives fallen die Schichten an der Oberfläche südlich ein, von einzelnen ganz lokalen Umstauchungen an den Serpentineinlagerungen abgesehen. Eine regel-

*) ANMERKUNG. Das Einfallen der Schichten in Profilebene nahe der Südgrenze des Gotthardmassives ist an der Oberfläche $\tan \varphi = 1,9703 + (L - 2589) \times 0,00067 + (H - 2399) \times 0,00176$; im Tunnel: $\tan \varphi = 2,192 - (L - 3177) \times 0,0035 + (L - 3177)^2 \times 0,0000067$; wenn φ den Einhaltwinkel; L die Entfernung vom südlichen Tunnelportal; H die Meereshöhe bedeutet, letztere beide in Meter.

mässige Zunahme des Einfallwinkels, welcher in der Regel zwischen 63 und 77° schwankt, lässt sich nicht wahrnehmen. Die Verflächung bei 6300 M. N. ist Folge einer Schichtenwindung. Viele andere Verflächungen, z. B. auf Aelpetligrat, sind oberflächliche Umkippungen der Schichtenköpfe, wie solche auch im südlichen Abschnitt des Massives häufig vorkommen. Dagegen halte ich das sehr flache Einfallen an den wenigen zwischen 4200 und 4900 an der Oberfläche entblösten Punkten (N. 11 à 55 E. † 22 à 65 S.-E.) für ursprünglich, weil es mit dem Schichtenbau im Ganzen harmonirt und sich namentlich auch der Serpentineinlagerung anschmiegt. Im Tunnel besitzt jeder durch Verwerfungsklüfte begrenzte Gebirgsstreifen seinen eigenthümlichen Schichtenbau. Bis zur Serpentineinlagerung biegen sich die Schichten schärfer und schärfer um (convexe Seite südwärts); südlich von derselben und bis 6000 richten sie sich allmähig von 69 zu 82° auf; doch will ich nicht behaupten, dass sie hier so regelmässig divergiren, wie das Profil darstellt, denn auf dieser Strecke fehlen noch Detailaufnahmen. In dem Streifen 6000 — 6400 ist das Einfallen wieder flacher (64°), im folgenden bis 6650 steiler. Dieser Streifen umfasst einen aufrechten Fächer, welcher zu Tage geht, und einen umgekehrten, den der Tunnel durchschneidet. Von 6650 N. bis 7244 à 64 S. wächst (Abweichungen an der Verwerfungsspalte bei 7310 N. und Umknickungen in jener bei 7460 unberücksichtigt) das Einfallen in der Profilebene allmähig von 66° auf 90° ; wird dann wieder südlich bis ca. 6620 S., wo sich die ideale Axe eines Fächers befindet, dessen südlichen Flügel die Verwerfungsspalte 6530 S. abschneidet. Zwischen dieser und der Hauptverwerfung bei 5908 S. durchfährt der Tunnel noch 2 kleine aufrechte und einen umgekehrten Fächer, mit der Axe bei ca. 6240 M.

So löst sich der Schichtenfächer des Gotthard in Hauptglieder auf, deren Bau im Einzelnen die Durchschnitte in $1 : 200$ erläutern können. Wir sehen, dass die Regelmässigkeit des Schichtenbaues im südlichen Abschnitt viel weniger gestört ist als im nördlichen; auch begegnen wir daselbst grösseren Verschiebungen nur an den Spalten bei 3535 ; 3921 ; 4209 ; 5511 à 19 S., während im nördlichen Abschnitt durchgreifende Verwerfungen bei (5908), 6526 — 33 S., 7309 , 6642 — 46 ; 6388 , 5987 N. vorkommen. (Hierbei ist jedoch von den jüngeren Ruscheln, z. B. bei 7460 , 6800 , 4600 S. und ihren Gefährten ganz abgesehen). Die eben aufgezählten Verwerfungsspalten convergiren ohne Ausnahme nach dem Inneren des Massives, wie aus folgenden Richtungswinkeln hervorgeht:

bei 5987	N.;	N. $39\frac{1}{2}$ E. † 51 S.E.
» 6388	»	80 E. à 63 W. † $46\frac{1}{2}$ S.
» 6642—46	» ;	61 à 70 E. † 61 à 65 S.E.
» 7309	» ;	60 » † 66 »
» 6526—33 S.;		40 » † 65 »
» 5908	» ;	55 » † 40 »
» 5511—19	» ;	74 à 85 » † $87\frac{1}{2}$ S.E. à 90.
<hr/>		
bei 4209	S.;	21 » † 82 NW.
» 3921	» ;	90 » † 80 »
» 3535	» ;	47 » † 80 »

In einem Punkt (resp. einer Linie) laufen sie unter diesen Winkeln natürlicherweise nicht zusammen; wohl aber häufen sich ihre Schmitte an einigen Stellen; und etwas ganz ähnliches (eine Art Knoten) können wir schon innerhalb der Profillfläche wahrnehmen, bei Berücksichtigung der übrigen eingetragenen Spalten. Nahe dem Tunnel liegen solche Knoten bei 6000 ; 6300 — 400 ; 6900 — 7400 N.; 7050 — 5400 ; 4800 ; 4500 — 3900 S.; an der Oberfläche bei 5000 ; 5400 ; 6500 N.; 3600 — 3250 S. Wollte man auf einem Profil in grösserem Massstab noch mehrere der in den Tunneldurchschnitten und Profilaufnahmeblättern verzeichneten Spalten und Klüfte zusammenstellen, so würden sich Knoten ergeben, welche mit den von Daubrée in Glasstreifen erzeugten die grösste Aehnlichkeit haben*).

Dass an den oben verzeichneten Spalten (gleich wie an vielen andern nicht verzeichneten) wirklich Verschiebungen stattgefunden haben, geht aus denselben Indicien hervor, welche schon bei den Verwerfungen im Ursernthal zusammengestellt wurden (Absetzen der Schichten gegen die Klüfte, Stauchränder, Harnischriefen, Reibungsbreccie als Ausfüllungsmasse); es kommen aber

*) ANMERKUNG. Daubrée brachte die Bündel sich kreuzender Risse durch Torsion hervor. Da aber bei dem kleinen erforderlichen Drehungswinkel die axielle Componente der Torsionskraft gegen die tangentielle Componente fast verschwindet, so können die entstandenen Risse als Wirkung einfacher Seitendrucke auf die Glasstreifen betrachtet werden und müssen demgemäss dem Gesetz folgen, dass die Ablösungsflächen $45^\circ - \frac{\rho}{2}$ von der Krafrichtung abweichen (ρ = Reibungswinkel).

noch Knickung, Faltung, Fältelung, Quetschung der von den verwerfenden Klüften begrenzten Gesteinsstreifen hinzu, d. h. Druckerscheinungen, welche schon die Keilform der ineinander geschobenen Gesteinsstreifen erklärlich macht.

Von kleinen Stauchfalten an verwerfenden Klüften und Schichtenschlingen um Quarzfeldspathwülste herum, wie sie auch ausserhalb des Gotthardmassives vorkommen, wollen wir hier absehen. Zwischen circa 5900 N. und 5400 S. sind aber die oben bezeichneten dynamischen Wirkungen mehr Regel als Ausnahme. Die Details können aus den Durchschnitten in 1:200 ersehen werden; als Regel lässt sich erkennen, dass die festeren Gesteinsschichten (Hornblendegesteine, Gneiss) meist geknickt und in grössere Falten geschlagen sind, während die umgebenden weniger festen (Glimmergneiss) gefältelt, stänglich abgesondert oder zerquetscht sind. Sowohl die grossen Falten, als die Fältchen und Stängel besitzen aber unter sich fast paralleles Einfallen von 50° à 70° N.E.

Der schiefe Schnitt gefalteter Schichten mit der vertikalen oder horizontalen Tunnelebene lässt die einzelnen Falten wie Schlangenlinien erscheinen, welche streckenweise (im Profil) an gewellte Muldenböden erinnern, ohne aber solche zu sein. Die wechselnde Form der einzelnen Falten, ihre etwas schwankende Richtung, die verschiedenen Winkel, unter denen die gefalteten Schichtflächen von denselben Projektionsebenen geschnitten werden, giebt auf letzteren die sonderbaren Schnittlinien, welche dadurch noch verwickelter werden, dass sie nicht immer kontinuierlich verlaufen, sondern an überquerenden Klüften und kleinen Gängen absetzen. Letztere gehören theils dem Faltungsprozess selbst an, denn ohne Risse und Verschiebungen keine Faltung starrer Gesteine, theils aber sind sie jüngeren Datums. Ihre Ausfüllungsmasse gleicht jener der grösseren Verwerfungsspalten. In den ganz zerquetschten Schichten ist die Parallelstruktur verworren, verwischt oder nur noch in einer Richtung, und zwar parallel zu den Falten und Fältchen der umgebenden Schichten, lineär angedeutet; am auffälligsten durch spiessig gestreckte Glimmerblättchen. Gequetschte Schichten sind aber sehr häufig von ebenen unter sich parallelen, mit häutigem Glimmer oder Grafit bekleideten Klüften (Quetschlossen) durchzogen, welche nur zu leicht als Strukturebenen missdeutet werden können. Nach der Anmerkung auf pag. 37 dürfte ihre Lage und Richtung die Richtung der Drücke ermitteln lassen, welche das Gebirge zermalmt. An die Quetschlossen schliesst sich sekundäre Schieferung, welche im Inneren des Massives besonders zwischen 7150 N. und 6580 S. beobachtet wurde. Sie verläuft wellenförmig, im grossen Ganzen N.N.W. mit steilem westlichem, selten östlichem Einfallen, so dass ihre Flächen mit den Schichtflächen Winkel von 70° bis 90° einschliessen. Auch die sekundären Schieferungsflächen sind mitunter gefältelt oder doch gereffelt und mit dünnen Quarzfeldspathlamellen überzogen, wodurch ihre Unterscheidung von den ursprünglichen Strukturflächen des Gesteins noch mehr erschwert wird. Wir können die sekundäre Schieferung nicht mehr als Plattenabsonderung normal zur Druckrichtung auffassen; gleich den Quetschlossen setzt sie schiefe Schübe voraus, welche mit Bewegung der Platten aneinander verknüpft war, daher die Riefen und scheinbaren Fältchen. Die sekundäre Schieferung ist desshalb gleichfalls nur eine Aeusserung des grossen Quetschprozesses; ob sie mit den übrigen gleichzeitig, oder etwas früher oder später hervortrat, kann hier nicht erörtert werden.

Wir können keine Merkmale finden, welche bewiesen, dass die hier beschriebenen Faltungen, Fältelungen, Quetschungen in einer plastischen (pelomorphen) Masse statt hatten; es waren mit ihnen Risse, Verschiebungen, Zermahlung zu Pulver verknüpft, wie wir sie auch beim Zerquetschen irgend welchen starren Werksteines beobachten können; als nachmaliges Cementirungsmittel haben infiltrirte Kieselsäure- und Silikatlösungen gedient, welche gegenwärtig besonders als Quarz und Feldspath in den vernarbten Rissen bemerklich sind. Plastisch oder halbflüssig (im physikalischen Sinn des Wortes) können starre, spröde, heterogene Körper nur bei beginnender Schmelzung werden; wir finden aber nirgends Spuren von solcher in den gequetschten Schichten, welche weder durch constituirende noch accessorische Mineralbestandtheile sich von den nicht gequetschten unterscheiden. Und dies kann nicht anders sein, wenn man die enormen Drücke besinnt, welche zur Verschiebung des Schmelzpunktes starrer Körper erforderlich sind. Damit Eis bei einem Grad unter Null schmilzt (d. h. flüssig oder viscos wird), ist es einem Druck von 133 Atmosphären auszusetzen; welcher Druck dürfte genügen, um den Schmelzpunkt von z. B. Gneiss um etwa 2000° zu verschieben, d. h. um Gneiss bei 0° plastisch zu machen? Eine indirekte Antwort enthalten vielleicht folgende Zeilen auf pag. 116 in: Vorlesungen über einige neuere Fortschritte der Physik von P. G. Tait, deutsch von G. Wertheim:

«Die ganze Erdmasse ist thatsächlich erstarrt, und zwar ist sie starrer, als wenn sie überall aus Glas bestünde, und fast so starr wie eine feste Stahlmasse. Wie schon erwähnt, können Theile in

einer Entfernung von weniger als 500 englischen Meilen von der Oberfläche vorhanden sein, welche noch weissglühend sind; sie sind aber dennoch fest, weil durch den auf ihnen lastenden ungeheueren Druck ihre Schmelzpunkte so sehr erhöht worden sind, dass sogar Weissglühhitze nicht im Stande ist, sie zu schmelzen.»

Sowohl die grossen Verwerfungsspalten, als die kleineren innerhalb der geborstenen Gesteinsstreifen, als die Risse und Hohlungen in den gefalteten und gequetschten Schichten sind fast stets mit schwarzbraunem Glimmer, Quarz und Feldspath gefüllt, welche von den früher aufgezählten Gang- und Drusenmineralien begleitet werden. Ohne auffällige Ausfüllungsmasse vernarbte Verwerfungsklüfte kommen vor (6434 S.; 6388 N. u. a.) und vielleicht nicht gar selten; sie können aber leicht übersehen werden.

Die Faltung, Knickung, Verschiebung, Zerquetschung und dann folgende lettige Zersetzung der Ausfüllungsmasse gar vieler Verwerfungsspalten ist auch hier späteren Gebirgsbewegungen zuzuschreiben; welche die bereits verheilten Spalten etc. wieder aufrissen. Es ist sehr natürlich, dass die späteren und kleineren Verschiebungen in den Linien geringsten Widerstandes stattfanden, d. h. entlang Schichtfugen und entlang schon vorhandenen, wenn auch wieder geschlossenen Verwerfungsspalten. Die verworfensten Gebirgsstreifen sind deshalb auch von lettigen und schmierigen Klüften am meisten durchwoben; letztere erschweren den Tunnelbau mehr als die durchgreifenden Störungen im ursprünglichen Schichtenbau an und für sich. Zu diesen, verhältnissmässig jungen, Bruchspalten müssen wir u. a. die schlechten Parthieen bei 4540—4715; 6813—6834; 7393—7443 S. (7477—7527 N.) zählen. Von diesen hat 6813—6834 wenig zu bedeuten, weil das Gestein zwar zerrissen, scherbig und gebräch, aber nicht zersetzt ist. Zahlreiche Klüfte mit der mittleren Richtung 66 E. ⊥ 87 S. zerschneiden die Schichten in Bänder, in deren jedem das Streichen und Fallen ein anderes ist, im ganzen N. 16 E. ⊥ 79 N.-W. Vor und nach dem geknickten Streifen verlaufen die Schichten 62 E. ⊥ 80 1/2 S. Der nach diesen Daten auf dem Profil eingetragene Bruchstreifen fällt an der Oberfläche mit der früher erwähnten Fächeraxe bei 6955 S. zusammen.

Der am Greno di Prosa ausstreichende zerrüttete Gebirgsstreifen (4540—4715) ist in kurzen Abständen von lettigen Klüften durchzogen, welche überhaupt N. 72 1/2 E. ⊥ 69 S.-E. gehen. Zwischen ihnen sind die Schichten in vielen Richtungen gebrochen und gestaucht und zwar so, dass ihr Einfallen flach, oft fast schwebend wird; ihre mittlere Richtung ist 56 E. ⊥ 42 1/2 N.-W.; doch sind bei 4649—4673 die Schichten mehr aufgerichtet (67 E. ⊥ 43 N.-W.). In nahem Zusammenhang mit dieser zerrütteten Zone steht die schon 500 M. weiter südwärts bemerkliche allgemeine Verflächung der Schichten und die örtliche Verknickung derselben bei 4400—500 gegen klaffende, unebene, schwebende Klüfte. 50 M. nördlich von der Bruchzone beginnt das seigere Einfallen der bis dahin von lettigen Klüften und Fugen durchzogenen Schichten.

Die Druckparthie in der Tunnelmitte liegt zwischen der synklinalen Bruchlinie, welche bei 7446 S. zu Tage streicht und der antiklinalen bei 7355 S. An ihrer Nordgrenze biegen die vorher N.E.streichenden Schichten in E.W. ⊥ 84 S. um, an der Südgrenze rückwärts aus 77 E ⊥ 78 S. in N.E., so dass sie bei 7380 S.: 41 E. ⊥ 78 S. gerichtet sind. Im Inneren des zerrütteten Gebirgsstreifens wechselt Streichen und Fallen der Schichten von Kluft zu Kluft; ist aber im ganzen 82 E. ⊥ 70 N. Der Schichtenbau an der Oberfläche entspricht dem im Tunnel: nördlich von der Synklinale 56 E. ⊥ 58 S.; zwischen Synklinale und Antiklinale 59 E. ⊥ 76 N.; südlich von der Antiklinale 46 E. ⊥ 70 1/2 S.

Von den zahllosen mit Grafit überzogenen Quetschlossen im Inneren des zerrütteten Gebirgsstreifens folgen die meisten den drei Hauptrichtungen: 74 W. ⊥ 60 N.; 3 E. ⊥ 90; 65 E. ⊥ 75 S., und die Riefen auf denselben fallen resp. in N.N.W.; N.; S. ein. Mit Zugrundelegung der in Anmerkung pag. 37 mitgetheilten Regel lässt sich aus vorstehenden Winkeln berechnen, dass der im Innern der Spalte wirkende Hauptdruck aus N. 87 W. gerichtet war und 61° ostwärts aufstieg. Vor und nach der Spalte ist das Gebirge auf 19 und 13 M. Entfernung zerrissen und zerquetscht, aber nur wenig zersetzt.

Endlich sei nochmals der Spalte gedacht, welche bei 3178 bis 85 das Gotthardmassiv südwärts begrenzt. Die Stauchränder der zerrissenen und lettig zersetzten Schichten indiciren daselbst eine Bewegung des Massives aufwärts und westwärts. Bei Konstruktion des Profiles wurde angenommen, dass diese Spalte der Schichtenkrümmung folgt; vielleicht aber verläuft sie geradlinig zwischen den Aufschlusspunkten am Tag und im Tunnel und verschiebt die durchschnittene Grenzschicht, wodurch die petrografische Uebereinstimmung von Nr. 126 (Tessinmulde) und 129 (Gotthardmassiv) erklärlich würde.

Im vorgehenden ist der Bau der Serpentineinlagerung bei 4870—5310 N. unberücksichtigt geblieben, nicht nur weil sie petrografisch von den übrigen Gotthardgesteinen getrennt werden muss,

sondern auch weil sie letztere scheinbar durchgreift, so dass sie als zwischengeschobener Stock betrachtet werden könnte.

Zur Erläuterung der Konstruktion auf dem Profil sei zunächst gesagt, dass die Spitze des nordwärts aufsteigenden Zahnes der Schnittpunkt der Verbindungslinie zwischen den obersten Zipfeln der Serpentinlinsen E. und W. vom Tunnel mit der Profilebene ist. Die Grenzlinien des Zahnes ergeben sich aus der am Tage (bei 4175 und 4335) und im Tunnel (nördlich vom Serpentin) beobachteten Richtung der Schichten. Die nordwärts einfallende Nordgrenze und die südwärts einfallende Südgrenze der Einlagerung sind im Tunnel direkt aufgenommen. Als obere (südwärts aufsteigende) Grenzlinie ist eine sowohl im Tunnel als an der Oberfläche bekannte Verwerfungskluft angenommen, unter einer früheren Voraussetzung, dass das Enstatit- (Olivin-) führende Hornblendegestein der Oberfläche zur Serpentineinlagerung gehöre und von dieser durch Verschiebung getrennt sei. Die nördliche Grenzlinie unterhalb Tunnel ist dagegen eine ganz willkürliche. Die Grenzlinien des Serpentine folgen also theils der Schieferung des Nebengesteines, theils überqueren sie dieselbe. Aber nirgends finden wir stichhaltige Beweise für Eindringen des Serpentine in das Nebengestein. Er bildete von Haus aus eine concordante flachlinsenförmige Einlagerung (ungefähr wie die Eulysitlager im Gneiss von Tunaberg), welche wegen vielfacher Zerschneidung und Verwerfung an der Oberfläche zwischen Gurschenbach und Gige wie eine Reihe kleinerer Linsen erscheint, deren Verbindungslinie die Schieferung spitzwinkelig überquert. An den abschneidenden (verwerfenden) Klüften ist das Nebengestein des Serpentine umgestaucht, sowohl im Tunnel als an der Oberfläche. Bei Gige: an der Nordgrenze 32 E. \mp 85 N.; 65 M. weiter nordwärts 33 E. \mp 72 S.-E. Bei Gurschenbach: an der Südgrenze 50 E. \mp 75 N.; 10 M. weiter südwärts 50 E. \mp 78 S.-E. Der Tunnel hat bei 4870 einen Glimmergang aufgeschlossen, welcher daselbst die Serpentinegrenze bildet, 17 E. \mp 63 N.-W. verläuft und die ganze Serpentinlinse so verwirft, dass ihr westliches Trum (bei Gige) 450 M. südlicher liegt als das östliche (Gurschenbach). Auch an diesem verwerfenden Gang sind die Schichten σ förmig umgestaucht. Er ist den früher erwähnten Porfyr- und Glimmerschiefergängen bei 5020 und 5057 analog zusammengesetzt. Letztere gehen aber 72 W. \mp 64 S. und 40 W. \mp 77 S.

Die am Tage bekannten Serpentinlinsen besitzen (in Tunnelrichtung) eine Maximalmächtigkeit von 100 M.; dass ihre Mächtigkeit bis zum Tunnelhorizont nur durch Anschwellung auf 440 M. gestiegen sei, scheint wenig wahrscheinlich; ich glaube vielmehr dass Streifen derselben Linse mehrfach vor einander geschoben sind, so dass sie in der Tunnelrichtung zusammengenommen 440 M. einnehmen. Die Klüfte, an welchen diese Ueberschiebungen stattgefunden haben mögen, zeigen Gleitriefen, besitzen specksteinartige Sahlbänder, manche sind mit Reibungsbreccie gefüllt. Einige derselben habe ich auf dem Profil ausgesetzt. Die Kluft von 4958 tritt mit unveränderter Richtung (52 E. \mp 69 \hat{a} 71 N.-W.) zu Tage bei 5360, wo sich die Schichten ihr anschmiegen; die übrigen verlaufen 65 \hat{a} 78 W. \mp 70 \hat{a} 78 N.-E., resp. 83 S.-W.

Die Annahme von Ueberschiebungen findet noch darin eine Stütze, dass die kompakten und schieferigen Serpentineinschichten nicht immer in einander übergehen, sondern mitunter gegen die Klüfte scharf absetzen. Dieselbe Annahme führt übrigens zu einer vielfach gezackten oberen Grenzlinie des Serpentine statt der auf dem Profil verzeichneten einfach gezackten.

Die südliche Grenzlinie des Serpentine folgt zwar der Schieferung des Glimmergneisses, dass aber auch ihr entlang Bewegungen stattgefunden haben, beweisen zahlreiche Harnische in der mit Zersetzungsprodukten des Serpentine gefüllten $3\frac{1}{2}$ M. mächtigen Grenzspalte, sowie die Windungen und Stauchungen der anstossenden Glimmergneisschichten.

Obwohl wir den Serpentin nicht als intrusives Gestein auffassen, müssen wir uns doch sagen, dass er nicht von demselben sedimentären Ursprung sein kann, welchen wir bei den umgebenden Glimmergneisschichten voraussetzen. Man könnte seine Grundmasse als Absatz von Quellen zwischen Sedimenten betrachten, aus denen nachträglich Glimmergneiss wurde, während das aus den Quellen abgesetzte wasserhaltige Magnesiasilikat zu Olivin entwässert wurde. Die nicht einmal vollständige Umwandlung des letzteren in Serpentin wäre dann einem späteren Zersetzungsprozess zuzuschreiben.

Die sonderbaren formalen Umgestaltungen, welche die Serpentineinschicht durch Verwerfungen etc. erlitten hat, entsprechen jenen der umgebenden Gneisschichten; nur sind sie mehr in's Einzelne studirt und lassen sich auch besser studiren, wegen der Leichtigkeit scharfe Grenzen zu fixiren. Denkt man sich zwischen 4870 und 5310 anstatt des Serpentine gewöhnlichen Glimmergneiss allen jenen Verschiebungen ausgesetzt, die wir kennen gelernt haben, so würde auf dem Profil doch nichts anderes sichtbar werden als eine einförmige Glimmergneissfläche mit einigen Schichtenwindungen. Doch soll nicht bestritten werden, dass Bewegungen an der harten zähen Serpentineinschicht vielleicht auf-

fälligerer Stauchungen des Nebengesteines hervorbrachten als die gleichen Bewegungen an milderem Gestein erzeugt hätten.

Wir sind früher zu dem Schlusssatz gekommen, dass das Gotthardmassiv aus metamorphosirten Sedimentschichten besteht, denen sich jene der Ursernmulde und der Tessinmulde ohne Unterbrechung anschliessen. Schon jener Fundamentalsatz Studer's, wonach in OCförmig gebogenen Schichtenkomplexen die jüngeren Schichten nach aussen, die älteren nach innen liegen, sagt uns, dass die Gesteine des Gotthardmassives älter sein müssen, als jene der Grenzmulden, zwischen denen sie herausgequetscht sind. Als sedimentär sollten sie aber ursprünglich nahezu horizontal abgelagert sein und trotz aller Zerreibungen, Quetschungen und Ueberschiebungen kann man sie in Gedanken in ihre horizontale Lage zurückversetzen.*)

Wir finden dann, dass sich folgende Hornblendegesteinsschichten (resp. Streifen oder Schichtenkomplexe) des nördlichen und südlichen Abschnittes entsprechen:

4835 N.	=	3635; 3734 S.
5875 »	=	5000 S.
6173...6858 N.	=	5659; 5841 S.
7130 N.	=	?
7040 S.	=	?
6516...6422 S.	=	6990...7030 S. (Oberfläche).
6216...5921 »	=	7145...7345 » (» Kastelhorngrat).

Anzumerken ist, dass ausser den hier verzeichneten einzelnen, oder in Gruppen zusammengezogenen Hornblendegesteinsschichten keine weiteren bekannt sind, weder im Tunnel noch an der Oberfläche. In entsprechenden Gruppen, N. und S., lassen sich leicht diejenigen Schichten ausfindig machen und combiniren, welche am besten zu einander passen. Ich habe jedoch ein solches Adjustiren des Konstruktionsresultates vermieden, weil es mir lediglich darauf ankam festzustellen, ob in der Nord- oder Südseite des Gotthardmassives gewisse Schichten so regelmässig wiederkehren, dass sie in dem aus der Fächerruine reconstruirten horizontalen Schichtenaufbau als identische Straten betrachtet werden können. Ist dies gelungen, so ist auch umgekehrt der Beweis geführt, dass die Schichten des Gotthardmassives ursprünglich regelmässig und nahezu horizontal abgelagert waren. Wir könnten die Beweisführung noch weiter ausdehnen und zeigen, dass nicht nur die Hornblendegesteinsschichten, sondern auch die sie begleitenden feinkörnigen quarzitischen Gneisse, ferner granatführende und turmalinhaltige Schichten in solcher Folge wiederkehren, dass sie sich ungezwungen dem horizontalen Schichtenkomplex als Glieder einreihen. Mit den gewöhnlichen Abarten des Glimmergneisses gelingt dies aber nicht; ein Beweis mehr dass diese Abarten nicht wesentlich sind. Ebenso wenig finden sich für den Serpentin und Sellagneiss auf den je entgegengesetzten Seiten des Massives Analoga; der erstere ist eine ganz lokale Bildung; der Sellagneiss eine eigenthümliche Glimmergneissabart, welche gleichfalls lokal und vermuthlich an die Nachbarschaft von (nicht aufgeschlossenem) intrusivem Granit gebunden ist.

Die tiefsten aufgeschlossenen Gotthardschichten gehören dem südlichen Abschnitt an und streichen bei ca. 7000 N. am St. Annagletscher aus; die kürzeste Entfernung dahin von der Südgrenze des Massives (im Horizont 1134) ist 5 Kilometer. Dies ist die Mächtigkeit der aufgeschlossenen Schichten des Gotthardmassives.

Die verschiedenen mechanischen Vorgänge, durch welche dies Schichtensystem gebrochen, seine Schollen übereinander geschoben, ineinandergezwängt und dabei gequetscht und gefältelt wurden,

*) ANMERKUNG. Ich habe ein Profil nach der Verwerfungsspalte von 5908 S. zum St. Annagletscher entzwei geschnitten; dann jede Hälfte nach den einzelnen Verwerfungslinien zerschnitten und die einzelnen Streifen so aneinander geklebt, dass die verworfenen Stücke gleicher Schichten wieder zu einander passen. Dann wurde der nördliche Profilabschnitt um den Tunnelpunkt 4325 N. (Anfang des Massives) um $180^{\circ}-80^{\circ}$ einwärts gedreht (80° ist das südliche Einfallen der Grenze im Tunnel); ebenso die südliche Hälfte um den Tunnelpunkt 3178 S. (11742 N., Ende des Massives) $180^{\circ}-65\frac{1}{2}^{\circ}$ einwärts. Die Drehungspunkte in derselben Horizontallinie (1134 M. ü. M.) angenommen. Es zeigte sich dass auf beiden Seiten Hornblendegesteinsschichten in ungefähr gleichen Intervallen unter der Horizontallinie wiederkehren. Die an diesen entsprechenden Hornblendegesteinsschichten einwärts gezogenen Tangenten schnitten sich unter einem Winkel von im Mittel 149° , deshalb wurde der südliche Abschnitt um $180-149=31^{\circ}$ rückwärts gedreht, und zwar um den Mittelpunkt der einzelnen Tangentenschnittpunkte. Normalen von den entsprechenden Hornblendegesteinsschichten links und rechts auf eine Senkrechte gezogen, wichen im Mittel 965 M. von einander ab, und zwar lagen die südlichen Schichtenstücke um so viel unter den nördlichen. Deshalb wurde die ganze südliche Profilhälfte um 965 M. senkrecht aufwärts geschoben und befestigt. Die nun gezogenen Verbindungslinien zwischen den entsprechenden Hornblendegesteinsschichten weichen kaum noch um 1° von der Horizontalen ab; wir haben also durch diese successiven geometrischen Operationen die Schichten, durch deren Uebereinanderschubung der Gotthardschichtenfächer entstanden ist, in ihre horizontale Lage zurückconstruirt.

können begreiflicherweise nicht in derselben Reihenfolge stattgefunden haben, in welcher wir durch geometrische Manipulationen das Bild des ursprünglichen Schichtenbaues zu reconstruieren versucht haben; wir müssen vielmehr annehmen, dass diese Vorgänge nebeneinander statthatten, oder wenigstens einem und demselben mechanischen Actus angehören, von welcher Zeitdauer derselbe auch gewesen sein mag. (Die lettigen Verwerfungen sind dagegen viel jüngeren Datums.) Zu vergessen ist nicht, dass im Ganzen eine Drehung von rund 90° stattgefunden hat, und dass vor der Drehung die Köpfe der jetzt auf der Nordhälfte austreichenden Schichten den Köpfen der auf der Südhälfte zu Tage tretenden zugewendet waren. Das Kastelhorngrat z. B. muss man sich en face zu den durch die Hauptverwerfungsspalte abgeschnittenen Hornblendegesteinsschichten nach 6000 S. (Tunnel) denken.

Die Wasserzuflüsse im nördlichen Theil des Gotthardmassives waren viel geringer als im südlichen und können zusammen $3\frac{1}{2}$ bis höchstens $13\frac{1}{2}$ Liter pro Sek. betragen, da der grösste gemessene Abfluss aus der Ursernmulde von 4123 M. $36\frac{1}{2}$ Liter betrug und die späteren Abflüsse aus dem Tunnel nicht über 40 à 50 Liter geschätzt worden sind.

Von Bergschweiss und vereinzelt Tropf abgesehen, habe ich etwas stärkere Zuflüsse bei 4506; 4622—33; 5080; 5175—5260; 5878; 5950; 6268—6300; 6429; 6929; 7010; 7146—75 beobachtet; zwischen den 2 letztgenannten Punkten auf 2 Liter pro Sek. geschätzt.

Zwischen (rund) 5200 und 5950 M. sind die Zuflüsse wärmer als der Höhe des überliegenden Gebirges zukommt. Zu einer Zeit da ich den Tunnel nicht besuchen konnte schrieb mir Herr Stockalper am 27. August 1878*): « Il y a de plus forts suintements d'eau et même d'eau plus chaude qu'à l'ordinaire »... Die Temperatur der Quellen auf dieser Strecke (möglichst bald nach ihrem Erschroten gemessen) war $25.^\circ$ à $28.^\circ$, im Mittel $26.^\circ$.

Die für gleiche Strecke berechnete Gesteins- und Wassertemperatur (mittlere Gebirgshöhe über Tunnelscheitel 1010; mittlere Meereshöhe des Terrains 2151 M.) ist aber $23.^\circ$. Daher sind hier die Wasserzuflüsse um $26.^\circ - 23.^\circ = 3.^\circ$ zu warm, d. h. Thermen.

Innerhalb der Serpentineinlagerung, namentlich zwischen 5250 und 60 M., setzten $26.^\circ$ à $26.^\circ$ warme Wässer auf den Wandungen des erweiterten Tunnelstollens eine durchscheinende Gallert ab, welche nach Prof. Fischer's (Bern) mikroskopischer Untersuchung aus Bacterien besteht (« meist kleiner als 0.001 mm. »). Ich fand in der durch Schlämmen von anhängendem Gesteinsstaub möglichst befreiten abgetropften Gallert: Wasser, welches bei 100° weggeht: 88.90 ; verbrennbare stickstoffhaltige organische Substanz 2.95 ; isabellgelbe Asche 8.15 ; und in der Asche amorphe Kieselsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure (Spur), Eisenoxyd, Thonerde, Kalk, Magnesia, welche Bestandtheile aber zum grössten Theil beigemengtem Gesteinsstaub angehören. Es wird nun erklärlich, woher die organische Substanz stammt, welche (wie an einer anderen Stelle erwähnt ist) Schwefelsäure schwärzt, in der man Serpentin kocht. Auch erklären vielleicht die, wenigstens 974 M. tief, durch Klüfte infiltrirten lebenden Organismen die so häufigen Grafitharnische in zerrütteten Gebirgsparthieen; und der Magnesiumsilikatgehalt dieser warmen Quellen könnte einen Wink über die Entstehungsweise des Serpentes geben.

Die meisten Wasserzuflüsse entwickeln, der Luft ausgesetzt, Schwefelwasserstoff; setzen auch mit der Zeit auf festen Körpern Mehlschwefel ab, wie namentlich bei 4506; 5880—5950; 7146—75 beobachtet wurde.

Als Gesamtwasserzufluss von 3178 Süd bis zum Gefällsbruch bei 7093 S ergibt sich indirekt aus den am Südportal gemessenen Abflussquanten circa 37 Liter pro Sekunde.

Diese Zuflüsse vertheilen sich sehr ungleich; von circa 6400 M. einwärts sind sie ganz unbedeutend und das geologische Profil lässt die Ursache leicht erkennen. Die vom St. Annagletscher herabziehende Hauptverwerfungsspalte, welche den Tunnel bei 5908 schneidet, fängt nämlich die von den Quellschichten an der Oberfläche (besonders zu beiden Seiten des Kastelhorngrates) zusitzenden Wässer ab, so dass sie erst durch das zerrissene Gebirge zwischen 5908 und der Verwerfungsspalte bei 6530 in den Tunnel treten können. Ohne die Zwischenkunft solcher ableitender Spaltensysteme machen sich alle am Tage bekannten Quellgebiete auch im Tunnel bemerklich. Ich will hier nur die auffälligsten Zuflüsse anführen: 3921, 4088, 4125 (kleiner Sellasee); 4208, circa 1 Liter pro Sekunde (grosser Sellasee); 4399; 4456—4566, am Hangenden der Greno di Prosaspalte, circa 14 Liter; geringe Zuflüsse im Inneren dieser Spalte bis 4700; starke von da bis 4775 (am Liegenden der Spalte);

*) ANMERKUNG. Stollenlänge an diesem Tag 5878 M.

5435, 5446, 5574 (südlichste Einmündung des Guspisthales); 5871—5980, circa 9 Liter, durch Hauptverwerfungsspalte aus den folgenden Quellgebieten des Guspisthales zugeführt; 6105; 6214—29, circa 3 Liter; 6305—6400.

Die hier ziffirten Zuflussquanten einzelner Quellen ergeben zusammen 27 Liter; alle übrigen Zuflüsse müssen also noch 10 Liter liefern.

Auch im südlichen Theil des Gotthardmassives sind die meisten Wässer hepatisch. Von 3427—4399 ist bei allen Quellen, deren Temperatur gemessen wurde, Schwefelwasserstoffgeruch angemerkt; bei 4700 das Aufsteigen von Gasblasen aus einer westlichen Sohlenquelle. Von 4456 bis 5574 machten die lauwarmen, schwach alkalischen, Wässer die Hände schlipfrig; Schwefelwasserstoffgeruch ist wieder annotirt bei 5871—5962; und zwischen 6259 und 6400 setzten die auf Steinen und Röhren zerstäubenden Wassertropfen Häute von Mehlschwefel ab, am stärksten bei 6390—6400. Auf Glastäfelchen, welche ich hier wochenlang dem Wassertropf aussetzte, legten sich Schwefelhäute an, die sich unter dem Mikroskop in die zierlichsten rhombischen Kryställchen auflösen*).

Zum Schluss sei nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass im Gotthardmassiv (gleich wie in der Ursernmulde) lertig zersetzte Gebirgstreifen von einiger Mächtigkeit in der Regel trocken sind, wenn auch an ihren Sahlbändern noch Wässer circuliren. Dies ist offenbar eine Folge des Zersetzungsprocesses, welcher durch die in's zerrüttete Gestein eingedrungenen Gewässer eingeleitet wird und fortschreitet, bis der entstandene talkige Kaolin alle Canäle hermetisch schliesst. Vor der zersetzten Gesteinsparthie bei 7477—7527 N. war es nass bis 7470, nach derselben zeigte sich der erste Tropf bei 7605 N. (7215 S.). Ebenso war die südliche Grenzspalte des Massives (3178 S.) bei ihrem Anfahren trocken.

Tessinmulde 0-3178 S.

Bei 37 M. v. P. setzt der verwaschene Moränenschutt gegen eine fast senkrechte Dolomitwand ab. Von da bis zum Gotthardmassiv durchfährt der Tunnel ältere und ältere Schichten, welche auf dem Profil (vorschlagsweise) in 4 Abtheilungen getrennt worden sind, nämlich:

37— 90 (nebst Grenzschichten); charakteristisches Gestein: Dolomit.

90—1142, charakteristisches Gestein: grauer Granatglimmerschiefer.

1142—1833, » » grüner und schwarzer Granatglimmerschiefer.

1833—3178, » » felsitischer Glimmerschiefer; Hornblendebergarten; grüner Glimmerschiefer.

Von diesen Abtheilungen ist nur die erste scharf begrenzt. Bei 83 M. v. P. schliesst eine $\frac{1}{2}$ M. mächtige Marmorbank die wechselnden Schichten von zuckerkörnigem Dolomit und Rauhkalk ab; bei 67 M. ist eine Schicht dolomitischer Asche eingelagert; bei 79 M. Dolomit- und Glimmerschiefer-Breccie. Da die jurassischen Kalkbänder des Gotthardgebietes regelmässig von quarzischen Schichten eingesäumt sind, so müssen wir jedoch zu der dolomitischen Schichtenserie der Tessinmulde noch den Quarzit bei 86 à 90, M. ziehen; und dann folgerichtig auch noch den Kalkglimmerschiefer zwischen 83 und 86. Doch ist ein petrografischer Unterschied zwischen diesem Glimmerschiefer und dem unmittelbar auf den Quarzit folgenden nicht vorhanden, so dass man die Grenze auch noch 10 oder 20 Meter weiter nördlich verlegen könnte, wenn sich nicht schon bei 95 die ersten Hornblendegesteinsschichten einfänden.

Der zuckerkörnige Dolomit besteht aus mikroskopischen Dolomit- und Kalkspathkörnern. Dazu kommen weisse oder grünlichweisse Talk- und Glimmerblättchen (letztere auch hellbraun), welche einzelnen Schichten schieferige Struktur verleihen. Dünne Ablagerungen von Eisenoxydhydrat und Eisenoxyd zwischen den Kalk- und Dolomitkörnern färben das Gestein mitunter gelb oder röthlich, meist in Adern oder Tupfen. Gar nicht selten sind kleine Quarzkörner eingesprengt.

Der zuckerkörnige Dolomit ist lose; einzelne Schichten desselben zerfallen im Wasser zu Sand. Durch grüne talkige Ablösungen wird er in Bänke abgesondert, meist in der Schieferungsrichtung.

Die Zellenwandungen des Rauhkalkes bestehen aus festerem rostgelbem Dolomit; seine

*) ANMERKUNG. Einige bei diesen Versuchen gemachte krystallogenetische Wahrnehmungen stimmen nach Prof. Roschenbusch's gütiger Mittheilung mit den von Vogelsang absichtlich und auf künstlichem Weg hervorgerufenen Erscheinungen.

Cavernen sind mit losem, weissem oder rötlichem Dolomitmehl gefüllt, durch dessen Entfernung das Gestein erst porös oder zellulös wird. Die Zellenwandungen werden von Talk- und Glimmerblättchen durchzogen, ausserdem kommen diese Mineralien und Quarz als Ausfüllungsmasse von Rissen und Klüften in dem fast ungeschichteten Rauhkalk vor.

Die dolomitische Asche bei 67 ist ein schmutzig grünlich-bräunliches Gemenge aus losem Dolomit und schmutzig grünen Talkschüppchen, welches sich zwischen den Fingern zerreiben lässt, durch zwischenliegende festere Dolomit- oder Roststreifen aber Parallelstruktur erhält.

Die Breccie bei 78₃ besteht aus scharfkantigen Brocken von Rauhkalk, Dolomit, weissem Glimmerschiefer; sie ist ungeschichtet, unregelmässig verklüftet.

Die zwei Quarzschichten zwischen 85₈ und 90₅, welche eine 0₃ M. mächtige Glimmerschieferschicht trennt, bestehen aus ziemlich groben Quarzkörnern; zwischenliegenden weissen Talk- (Glimmer-) blättchen; Adern und Körnern von Dolomit und Anhydrit. Die Quarzkörner scheinen aus der Quetschung von Lamellen hervorgegangen; der Talk (Glimmer) wird mitunter häutig und veranlasst plattige Absonderung; der Anhydrit beschlägt die Gesteinsklüfte mit mehligem Gyps und ist wohl auch die Ursache, dass der an und für sich feste Quarzit besonders am Liegenden zu stänglichen Brocken und grobem Sand zerfällt.

Die Glimmerschieferschichten an der Grenze der Dolomitzone sind charakterisirt durch gelblich grauen oder silbergrauen Glimmer, welcher vor dem Löthrohr zu weissem Email schmilzt und die Flamme gelb färbt. Die ineinander gefilzten gestreckten Schüppchen dieses Glimmers sind in einzelnen Schichten (Nr. 21) vorherrschender Bestandtheil des losen Glimmerschiefers. Andere Schichten erhalten grössere Consistenz durch dünne ebene Lamellen von Quarz und Kalk. Accessorisch: Schwarze gestreckte Glimmerschuppen; ganz vereinzelte kleine Granaten; Schwefelkieskrystalle z. Thl. in Brauneisenstein verwandelt.

Die folgenden 3 Abtheilungen der Tessinmulde sind schwierig zu begrenzen, weil nicht nur manche der constituirenden Gesteinsgemengtheile, sondern sogar einzelne petrografisch gleiche Schichten ihnen gemeinsam sind. Sie enthalten z. B. Feldspath, welcher von Süd nach Nord zunehmend in dem grauen Granatglimmerschiefer accessorisch (und zwar meist nur mikroskopisch) vorkommt, im felsitischen Glimmerschiefer aber wesentlicher Bestandtheil ist*). Im grossen ganzen scheinen die accessorischen Granaten dieser Gesteine mit zunehmendem Feldspathgehalt abzunehmen. Kalk kommt in allen 3 Abtheilungen vor, in manchen Schichten so reichlich, dass Kalkglimmerschiefer entstehen; in anderen nur mikroskopisch; in noch anderen wahrscheinlich als Zersetzungsprodukt von Hornblende. Die Hornblendegesteine nehmen nordwärts überhand.

Die Glimmerarten bieten bessere, aber gleichfalls nicht durchgreifende Unterscheidungsmerkmale. In den grauen Granatglimmerschiefen tritt Magnesiaglimmer untergeordnet auf; in den grünen und felsitischen Glimmerschiefen sowie in den Hornblendegesteinen ist er dagegen vorherrschende Glimmersorte.

Aus dieser kurzen Uebersicht ergibt sich schon, dass nur ein Zusammentreffen von petrografischen Merkmalen die Unterabtheilungen der Tessinmulde definiren lässt; gewisse accessorische Bestandtheile bieten dabei weitere nützliche Anhaltspunkte. Ich würde auf so schwankende Kennzeichen hin keine Gliederung zu basiren versuchen, wenn nicht ein Schichtenkomplex von mehr als drei Kilometer Mächtigkeit vorläge, dessen petrografische Eigenschaften nordwärts sich successive auffällig ändern, und welcher ohne Zweifel verschiedenen geologischen Perioden angehört. Bei dem Mangel anderer Kriterien zur Feststellung der letzteren muss man wenigstens versuchen, aus stratigrafischen und petrografischen Merkmalen Analogien mit besser charakterisirten Gebieten zu ermitteln.

Der Quarz in den Gesteinen der Tessinmulde enthält unter anderen mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüssen auch liquide Kohlensäure (Meyer). Auffällig erscheint das Vorkommen derselben in einem Gang bei 563 M., welcher aus Glasquarz besteht und nur zahllosen Rissen das Aussehen von Milchquarz verdankt.

Unter den vorkommenden Glimmerarten, deren eingehende Untersuchung sehr zu wünschen wäre, sind hervorzuheben:

*) ANMERKUNG. Das Schmelzen der grauen Glimmerschiefer vor dem Löthrohr allein beweist einen Feldspath derselben nicht, da sowohl der in die Grundmasse gefilzte Glimmer dieselbe schmelzbar macht, als auch besonders ein fast nie fehlender Kalkgehalt.

Natronhaltiger Glimmer, welchen ich nicht kurzweg als Paragonit bezeichnen mag, weil die Bestimmung nur auf dem Löthrohrverhalten beruht und weil neben etwa vorkommendem Paragonit in demselben Gestein oft genug auch Kaliglimmer auftritt. Er ist silberweiss, grünlichweiss, grau; seidenglänzend; häutig oder aus zarten länglichen Schüppchen zusammengefügt; sieht unter dem Mikroskop wie Talk aus; schmilzt vor dem Löthrohr unter Aufschäumen zu gelblich weissem Email, während die Flamme stark gelb gefärbt wird. In einzelnen Gesteinsschichten (Nr. 36, 63^c; 87), gewöhnlich aber nur in der nächsten Umgebung von Quarzeinlagerungen mit Kupferkies, Eisenspath, Cyanit, Turmalin, Muscovit, Kalkspath u. a. M. nimmt dieser Glimmer apfelgrüne Farbe an und gleicht dem Pregrattit. Die intensiv grüne Farbe scheint mit der Zeit abzubleichen; es lag nahe, dieselbe Kupferoxyd oder Nickeloxyd zuzuschreiben; doch erhielt ich Chromreaktion (am deutlichsten in Proben von 854 M.) durch Auflösen von möglichst viel grünem Glimmer in Boraxglas. Im schwarzen Granatglimmerschiefer und im meisten Kalkglimmerschiefer (z. B. von 700—800; 1318; 1466; 1808; 1828 u. a.) ist der silbergraue Glimmer durch Grafit geschwärzt oder doch dunkel gefärbt und hat dabei eigenthümlichen halbmetallischen Glanz angenommen. Unter dem Mikroskop erscheint der Grafit genau wie in den resp. Gesteinen des Ursernthales.

Die Magnesiaglimmer lassen sich nach makroskopischen Eigenschaften in zwei oder drei Classen bringen*):

Schuppiger lebhaft glänzender schwarzgrüner oder schwarzbrauner Glimmer. Aehnelt Lepidomelan; doch lassen sich alle möglichen Farbenübergänge aus schwarzbraun in hellbraun (Phlogopit) wahrnehmen, so dass eine Specificirung noch zwecklos erscheint. Die schwarzen Glimmerschuppen sind sehr häufig strahlen-büschel- oder garbenförmig gruppirt, genau in den für Hornblende so charakteristischen Formen; es liegt daher nahe, eine Zersetzung der Hornblende in schwarzen Glimmer anzunehmen, um so mehr als andere Zersetzungsprodukte (Quarz, Kalk, Magnet-eisen) fast stets vorhanden sind (Nr. 25; 30; 35; 40; 54; 66; 69; 96^a; 106 u. a.).

Lauchgrüner Glimmer; häutig; fettglänzend oder seidenglänzend. Dicht ineinander gefügte Schüppchen von grünem seidenglänzendem Glimmer, welche in fast allen Hornblendegesteinen vorkommen, gehören vielleicht zu derselben Species. Dieser grüne Glimmer verhält sich wie jener der Ursernmulde; wurde auch desshalb in den Tabellen als Chlorit bezeichnet.

Sowohl die natronhaltigen als die Magnesiaglimmer geben talkige Zersetzungsprodukte, welche in allen lettigen Spalten und deren Umgebung vorkommen. Der constituirende Feldspath der felsitischen Glimmerschiefer und der accessorische der grauen Granatglimmerschiefer ist äusserlich vom Quarz nicht leicht zu unterscheiden. Seine farblosen klaren Körner sind zum Theil Zwillinge. Der bei weitem überwiegende Orthoklas ist meist mit ein wenig Plagioklas verwachsen, und in den dioritischen Abarten der Hornblendegesteine lässt sich schon makroskopisch Albit erkennen. Die dunkelgrüne, selten braune, Hornblende erscheint in einigen dichten Hornblendeschiefern in dünnen verfilzten Nadeln; in anderen Hornblendegesteinen sind kurze Säulen derselben in allen Richtungen eingewachsen; in den Glimmerschiefern bilden längere Hornblendesäulen sonderbare strahlige büschel- oder garbenähnliche Gruppen. Unter dem Mikroskop zeigen sich die Säulen sehr häufig gebrochen, zerrissen, an den Säulenden gezasert, löcherig; gleichzeitig bemerkt man Ausscheidungen von Kalkspath, Quarz; Magnet-eisen. Letzteres nimmt mitunter die Mitte farbloser rundlicher Einschlüsse ein, welche im Amphibol eingebettet liegen wie Finnen im Schweinefleisch.

Die Belegstücke für Umwandlung von Hornblende in dunkle Glimmer wurden schon oben citirt. Hier sei zugefügt, dass der schwarzbraune Glimmer den Amphibol entweder ganz verdrängt hat, oder auch bekleiden seine Schuppen dem Aussehen nach frische Hornblendesäulen. Ferner ist die Hornblende der Glimmerschiefer zuweilen in ein Fahlnit-ähnliches Mineral verwandelt, und die serpentinarartigen Ueberzüge vieler Rutschflächen dürften auch nur der Zersetzung von Hornblende ihren Ursprung verdanken. In der südwestlichen Fortsetzung der letzten Amphibolitschichten der Tessinmulde liegt oberhalb der Tremolaschlucht ein uralter Giltsteinbruch, dessen Topfstein grossentheils aus verfilzten Tremolithfasern besteht.

Der Kalkspath der Kalkglimmerschiefer bildet dünne stets mit Quarz (resp. Feldspath) verwachsene Lamellen, welche gewöhnlich gefältelt oder im kleinen verworfen sind. Die Anwesenheit

*) ANMERKUNG. Meyer unterscheidet (mikroskopisch) folgende Modifikationen: Braun-braungrün; beim Prüfen auf Dichroismus vollständig dunkel werdend. Dunkelgrün-hellgrün; wird beim Drehen des Nicols ebenfalls ganz dunkel. Blassbraungelb; beim Prüfen auf Dichroismus wechseln die Farben von fast farblos bis dunkelbraungelb.

von Eisenspath hat öfters Bräunung dieser Streifen veranlasst (Nr. 36); und der Zersetzung von Schwefelkies dürfte zuzuschreiben sein, dass die Kalkglimmerschiefer an der Oberfläche rostig und zerfressen sind und ihren Kalkgehalt fast stets verloren haben. Der accessorische Kalkspath vieler Quarzitschiefer und Hornblendegesteine (*Hemithrène*) erscheint entweder in Schnüren oder in einzelnen späthigen Körnern. Es wäre von grossem Interesse festzustellen, ob Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure dem constituirenden Kalkspath der wirklichen Kalkglimmerschiefer eigenthümlich sind, oder auch im ausgeschiedenen sekundären Kalkspath vorkommen, weil dadurch eine Trennung des echten Kalkglimmerschiefers von zufällig kalkhaltigen Glimmerschiefern etc. ermöglicht würde.

Von den bisher zusammengestellten Mineralien treten Quarz und Glimmer nur constituirend auf (Quarzitschiefer, Glimmerschiefer); Hornblende, Feldspath, Kalkspath sind constituirend in gewissen Gesteinsschichten (Hornblendegesteine, felsitische Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer), accessorisch in anderen.

Die im folgenden aufgezählten accessorischen Mineralien sind zum Theil wesentliche Uebergemengtheile (*Granat*, *Staurolith* etc.); zum Theil wenig charakteristisch, wenn sie auch so häufig vorkommen wie z. B. *Schwefelkies*.

Granat. Obwohl die Granaten aus dem Glimmerschiefer von Airolo weit bekannt sind, scheinen sie doch noch nicht analysirt. Gewöhnlich werden sie zu den Eisenthongranaten gerechnet; doch lässt verschiedene Farbe (braunroth bis blutroth), Grösse (Hirsenkorn bis Taubenei), und Begrenzungsweise (scharf auskrystallisirt oder mit dem Muttergestein verflösst) vermuthen, dass in verschiedenen Schichten ihre Zusammensetzung nicht immer dieselbe sei.

Die Krystallform $\infty 0$; selten und nur an grösseren Krystallen sieht man rauhe schmale Flächen von 202. Mitunter kommen Juxtapositionszwillinge vor. Die Flächen scharf begrenzter Krystalle sind glänzend, selten mit einer dünnen Haut von Glimmer oder Chlorit überzogen; die Lamellen des Nebengesteines biegen sich nicht um dieselben. Unscharf begrenzte Krystalle sind dagegen in der Regel von einem Quarzhof umgeben, von Quarz durchzogen und mit ihm verflösst. Unter dem Mikroskop zeigen die Granaten nicht nur zahlreiche Risse, sondern (von Quarz ganz abgesehen) auch Einschlüsse von Kalkspath, Glimmer (Chlorit), Magnet Eisen, Eisenglanz, Sagenit u. a.

Staurolith. Nelkenbraune unscharf begrenzte zum Theil zu Zwillingen verwachsene Säulen von 5 à 10 MM. Länge kommen bei 632 (Nr. 61^e) und 753 (Nr. 63^b) vor; aber so spärlich, dass eine Bezeichnung der betreffenden Schichten als Staurolithglimmerschiefer nicht zu rechtfertigen wäre. Mikroskopisch tritt Staurolith ziemlich allgemein auf; am häufigsten wohl in den Kalkglimmerschiefern.

Disthén und **Cyanit** sind noch gewöhnlicher als Staurolith, und zwar nicht nur in Quarzgängen, sondern auch spärlich (aber makroskopisch) im Gestein selbst eingewachsen; z. B. bei 190, 397, 536, 606, 632, 732, 792, 808, 854, 868, 912, 1119, 1817, 2743.

Epidot. Obwohl Adern, Streifen und krystallin: Körner dieses Mineralies nicht häufig makroskopisch beobachtet worden sind (z. B. bei 1624, 2896, 2900, 2922), so scheint es doch ein wesentliches (mikroskopisches) Accessorium vieler Hornblendegesteine und grüner Glimmerschiefer. Die grüne Farbe des Quarzes in letzteren rührt wohl hauptsächlich von Epidot (nebst Salit und grünem Glimmer resp. Chlorit).

Turmalin. Graublaue, strahlig verwachsene, kurze, gebrochene Turmalinprismen kamen im Quarzitschiefer bei 1828 vor; schwarze bis zolllange Säulen im Glimmerschiefer bei 2609 und Quarzitschiefer bei 2620. In den lauchgrünen Glimmerschiefern sieht man sehr häufig haardünne schwarze Nadeln einzeln eingewachsen (z. B. bei 1715), welche eher Turmalin als Amfibol sein dürften. In den eigentlichen Hornblendegesteinen scheint Turmalin (auch mikroskopisch) zu fehlen.

Magnet Eisen. Aus allen in dieser Richtung untersuchten Hornblendegesteinen zieht der Magnet mehr oder weniger Magnet Eisen; makroskopische Körner und Trümmer desselben kommen u. a. bei 1053, 2088, 2949 im Gestein eingesprengt vor; pulverkorn-grosse Oktaëder in Quarz und Kalkadern der Hornblendegesteine bei 808, 813, 836. Mikroskopisch eingesprengtes Magnet Eisen fehlt aber wohl keinem der Gesteine. Es lässt sich mitunter schwierig von Eisenglanz unterscheiden, welcher übrigens auch makroskopisch vorkommt (808, 868 u. a.) Soweit der Eisenglanz mikroskopische Risse in Quarz füllt (siehe weiter unten) oder drei und dreiseitige, röthlich durchscheinende Täfelchen bildet, kann er mit Magnet Eisen nicht wohl verwechselt werden.

Kiese. Schnüre oder kleine Krystalle von Schwefelkies kommen in allen Gesteinen der Tessinmulde vor; am häufigsten in den kalkhaltigen Quarzschiefen, welche mitunter von handbreiten Kiesimpregnationen durchzogen sind (1528); demnächst in den Hornblendegesteinen.

Magnetkies tritt viel spärlicher auf; er ist besonders in den Hornblendegesteinen zu Hause. Kupferkies, in derben Körnern und kleinen Trümmern, welche stets mit Schwefelkies, oder mit Magnetkies verwachsen sind, wurde beobachtet bei 370, 393—397 (reichlich); 438; 732; 753; 792; 808; 868; 1673—1705; 1735—56; 2859; 2896, 2900, 2920 u. a. P. Sein Vorkommen (makroskopisch) schränkt sich also auf die grauen und grünen Glimmerschiefercomplexe ein und ist im felsitischen Glimmerschiefer nur sporadisch.

Zinkblende; als spärliche Impregnation in quarzigem Glimmerschiefer bei 1750—55.

Da Apatit mitunter als Drusenmineral vorkommt (400), so kann es nicht auffallen, wenn einzelne Gesteine Phosphorsäurereaktion zeigen, aus welcher auf das Vorhandensein mikroskopischen Apatites in der Gesteinsmasse selbst geschlossen werden kann.

Grafit als das Pigment der schwarzen Glimmerschiefer wurde schon früher erwähnt.

Zu den hier zusammengestellten accessorischen Mineralien, deren Vorhandensein (makroskopisch) schon vorher bekannt war, kam durch Meyer's mikroskopische Untersuchungen Zirkon, öfters in knieförmigen Zwillingen nach dem gewöhnlichen Verwachsungsgesetz des Zinnsteins und Rutil.

Da Zirkonzwillinge bis dahin unbekannt waren und es mir auffiel, dass Meyer weder Rutil noch Titanit erwähnt, obwohl letzterer als makroskopisches Accessorium nicht gerade selten scheint (Nr. 73; 110) und später auch mikroskopisch durch Sjögren in Nr. 119, 121^e, 123 nachgewiesen wurde, und obwohl Rutil als Drusenmineral der Hornblendegesteine öfters vorgekommen ist, so war ich versucht, « vieles von dem, was Meyer als Zirkon beschreibt, für Rutil zu halten » (Z. d. D. G. G. 1878, p. 133).*)

Von den knieförmigen Zwillingen etc. abgesehen, findet sich Rutil selten (z. B. in 92 N.) in ziemlich dicken, abgebrochenen, kräftig gerieften, halbmatt glänzenden Säulen. Sehr gewöhnlich als Ueberzug mikroskopischer Risse in Quarz (seltener in Kalkspath, Feldspath, Granat und auf schwarzem Glimmer). Diese Ueberzüge (häufig in Nr. 122 S.) sind Elggewei-ähnlich, blass roth oder bräunlich durchscheinend; an einigen, welche zufällig normal zur Mikroskopaxe liegen, kann man bei starker Vergrößerung Riefen wahrnehmen, die sich wie beim Sagenit unter ungefähr 60° schneiden; im Querschnitt erscheinen diese inkrustirten Sprünge als schwarze Leisten, genau wie die mit blossen Auge wahrnehmbaren Sagenit- oder Eisenglanzhäute auf Sprüngen in Quarzkrystallen. Dass die röthliche Substanz dieser mikroskopischen Dendriten aber nicht immer Rutil, sondern öfters auch Eisenglanz ist, scheint aus der ditrigonalen Form einzeln eingestreuter röthlich durchscheinender Blättchen hervorzugehen.

Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil gehört der Zone der grünen und felsitischen Glimmerschiefer an.

Der zwischen 90 und 1142 vorherrschende graue Granatglimmerschiefer besteht aus unebenen weissen Quarzlamellen, zwischen welchen der silbergraue Glimmer häufiger in verfilzten Schüppchen als in zusammenhängenden Häuten abgelagert ist. Nie fehlen Schuppen von schwarzem (dunkelbraunem, dunkelgrünem) Glimmer; oft transversal eingestreut; gar nicht selten in Hornblendeform gruppirt.

Eigentliche Hornblendeglimmerschiefer sind aber in dieser Zone selten (z. B. bei 896, 959, 1015); die hie und da auftretenden dünnen Schichten von Hornblendegestein sind fast stets grobkörnig; quarzreich (mitunter dioritisch); fast frei von Granaten; sie enthalten anstatt des silbergrauen Glimmers viel schwarzen und grünen (Chlorit); sind von Kalkadern durchzogen (Hemi-

*) ANMERKUNG. Auf die in Brief an Prof. Dames vom 1. Januar 1879 (Z. d. D. G. G. 1879, p. 405) mitgetheilte Weise schied ich aus dem Hornblendeschiefer Nr. 99 in der That $\frac{1}{4}$ % Titansäure, zugleich aber auch ein ziegelrothes Pulver (ca. $\frac{1}{4}$ %), welches ich für Zirkon hielt. Namhafte Mineralogen, die meine Präparate gesehen, hatten dieselbe Anschauung; Prof. Roschenbusch sprach sich dagegen für Rutil aus. Das rothe Pulver war reichlich mit Quarz gemengt, enthielt auch einzelne « röthliche halbmatt glänzende Körner », deren Anwesenheit (unzersetzt Rutil) die schwache Titansäurereaktion des Pulvers zu erklären schien, welches sich in Phosphorsalz kaum merklich löste. Sauer hat später dies Pulver, aus demselben Handstück Nr. 99, möglichst rein dargestellt und in demselben maassanalytisch 97,2 Ti O₂ nachgewiesen (N. Z. f. M. 1880; I, p. 279). Es wäre sehr zu wünschen, dass auch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Zirkonerde in Gotthardgesteinen direkt auf chemischem Weg nachgewiesen würde. Denn ausser den von Meyer für Zirkon gehaltenen, zum Theil knieförmigen, Einschlüssen kommen noch andere vor, welche alle äusseren Eigenschaften des Zirkons im Eklogit von Eppenreuth besitzen (mein einziges authentisches Vergleichsobjekt in Fuess' Sammlung Nr. 4); und Sjögren hat Zirkon nicht nur in Gesteinen aus dem Finsteraarhornmassiv gefunden, sondern auch in Nr. 127, 128 (« und vermuthlich anderen ») vom Südrand des Gotthardmassives.

thrène) und nähern sich dadurch den Kalkglimmerschiefern. Als charakteristisch für letztere kann man halbmattlichen Glanz und etwas dunklere Färbung des grauen Glimmers bezeichnen; in einzelnen Streifen (z. B. zwischen 700 und 800) wird der graue Glimmer so dunkel wie in den schwarzen Granatglimmerschiefern. Im Kalkglimmerschiefer sind schwarzbraune transversale Glimmerschuppen reichlich eingestreut: die Granaten meist klein und verflossen. Da auch im gewöhnlichen Granatglimmerschiefer einzelne Kalkstreifen vorkommen, so lässt sich der wirkliche Kalkglimmerschiefer nur schwierig abgrenzen.

Der graue Granatglimmerschiefer geht häufig in Quarzitschiefer über. Auf dem Profil sind aber nur einige wirkliche Quarzitschieferschichten ausgesetzt, in denen ebene Lamellen von körnigem Quarz durch ganz dünne Häutchen von silberweissem Glimmer getrennt werden. Eben solche Glimmerhäutchen bekleiden auch schiefe Ablösungen, nach denen das Gestein oft leichter spaltet als nach der Schieferung. Accessorien: Schwefelkies; Granaten und Hornblende in einzelnen Schichten. Orthoklas und Kalk treten im Quarzitschiefer von 600 resp. 935 M. an deutlich hervor, fehlen aber auch vorher nicht.

Ganz ähnlicher Quarzitschiefer taucht weiter nordwärts öfters wieder auf; ebenso vereinzelte graue Granatglimmerschieferschichten, im Gebiet der grünen Glimmerschiefer und felsitischen Gneisses noch bei 2250. Andererseits kommt lauchgrüner Granatglimmerschiefer schon einmal bei 487 vor und dann bei 1077. Da von 1041 an auch der Quarz grünlich wird, so hätte die Grenze der silbergrauen Granatglimmerschiefer dahin verlegt werden können, wenn nicht bei 1119—42 eine charakteristische Schicht derselben wiederkäme.

Bemerkenswerthe Accessorien der grauen Glimmerschieferzone sind (ausser Kalk, Granat, Hornblende) Staurolith, Disthén, Kupferkies. Ebenso bemerkenswerth ist aber die Abwesenheit von Rutil und Epidot. Bei 396 kommen in Hornblendegestein taubeneigrosse, gerölleähnliche Einschlüsse von kalkigem Quarz vor.

An der Oberfläche ist die Nordgrenze dieses Schichtenkomplexes durch den Klipprand oberhalb der Wiesen von Aiolo roh bezeichnet.

Der grüne Glimmerschiefer des Schichtenkomplexes 1142—1833 besteht entweder überwiegend aus lauchgrünem häutigem oder mit der Grundmasse phyllitisch gemengtem Magnesiaglimmer; wenig dunkelbraunem schuppigem Glimmer; accessorischen Granaten, Hornblende, Turmalin. (1166, 1574, 1680, 1715). Oder er besitzt felsitische blassgrüne Grundmasse mit spärlich eingesprengter Hornblende und kleinen Granaten, und verdankt schuppig-häutigem schwarzbraunem Glimmer dünne Schieferung (1426). Die Quarzitschiefer dieser Zone enthalten reichlich Feldspath, Kalk und Kiese (vermuthlich auch Gold); durch den silberweissen Glimmer (bei 1817 in Nr. 87 apfelgrün; bei 1528 und 1756 röthlich, vielleicht durch eingemengte hellbraune Glimmerschüppchen) sind sie den Gesteinen des vorgehenden Schichtenkomplexes nahe verwandt. Das Gleiche gilt vom grauen Granatglimmerschiefer bei 1191 und von den schwarzen Glimmerschiefern bei 1318*), 1466*), 1808, 1828. Ausser dem durch Grafit geschwärzten Glimmer enthalten letztere stets dunkelbraunen, schuppigen, auf dem Hauptbruch ausgebreitet oder transversal eingewachsen. Granaten sind nicht immer vorhanden. Durch dünne quarzige oder felsitische Kalklamellen werden manche Schichten der schwarzen Glimmerschiefer zu Kalkglimmerschiefer. Die Grenzschicht Nr. 90 bei 1828 ist ein schwarz und weiss gestreifter quarziger Schiefer.

Die Hornblendegesteine dieser Zone sind grobkörnig; dioritisch bei 1282, 1708 (Diallag?) oder Gemenge aus dicken Hornblendestrahlen, Quarz, dichtem Feldspath, feinschuppigem hellgrünem Glimmer, dunkelbraunem Glimmer und wenig grauem (1239, 1590).

Charakteristisch für den Complex ist nicht nur der grüne Magnesiaglimmer, sondern besonders auch der zunehmende Feldspathgehalt (Nr. 74^a von 1142 könnte man geradezu Gneiss nennen), durch welchen diese Zone mit der folgenden ebensowohl verknüpft ist, wie durch silbergrauen Glimmer und dunklen Glimmerschiefer mit der vorhergehenden. Durch Grafit geschwärzte Glimmerschieferschichten sind mir weiter nordwärts nicht bekannt. Deshalb schienen die letzten derselben zwischen 1808 und 1833 gute Grenzlinien und wurden als solche auf dem Profil ausgesetzt, trotz ihrer geringen Mächtigkeit von 7 und 5 M., und obwohl gleichartige quarzitisches Schichten (Nr. 86; 87) ihnen vorausgehen und folgen.

*) ANMERKUNG. Diese Schichten erscheinen auf dem Profil zu massiv, weil zwischengeschobene nicht ausgedrückt werden konnten. An der Oberfläche sind sie nur wenig aufgeschlossen im Bosco di Stuei und auf beiden Seiten desselben in der Gola grande di Stuei und di Sasso rosso.

Bemerkenswerthe Accessorien der Gesteine zwischen 1142 und 1833 sind Epidot, Turmalin, Disthén, Rutil, Magneteisen, Kupferkies, Schwefelkies, Blende (abgesehen von Granat, Hornblende, Kalkspath, Grafit).

Die Grenze an der Oberfläche zieht sich oberhalb Bosco di Stuei durch die Gola grande, dann südwestwärts über Cima del Bosco.

Der felsitische Glimmerschiefer zwischen 1833 und 3178 besitzt weisse graue oder hellgrüne, feinkörnige bis dichte Grundmasse, welche schuppiger oder schuppig-häutiger schwarzbrauner Glimmer dünn und eben schiefert. Fast nie fehlt ihm Hornblende, durch deren Ueberhandnahme er in Hornblendeglimmerschiefer oder Hornblendegestein übergeht. Granaten sind nicht häufig (2711, 3082 Nr. 124); finden sich aber ein, sobald silbergrauer, röthlicher oder graugrüner, meist häutiger, Glimmer den schwarzbraunen schuppigen verdrängt. Es entstehen dann Amfibolgranatglimmerschiefer, welche bald mehr den grauen zwischen 90 und 1142, bald mehr den lauchgrünen zwischen 1142 und 1833 entsprechen, aber feldspathreichere Grundmasse besitzen (1871, 2008, 2250, 2646). An die grauen Glimmerschiefer schliessen sich feldspathhaltige Quarzitschiefer, welche zarten silberweissen und einzelnen braunen Glimmerschüppchen dünne und ebene Schieferung verdanken; stets Schwefelkies, mitunter einzelne verflossene Granaten und Hornblendestrahlen führen (2616, 2896, 2919).

Die Hornblendegesteine lassen sich (von den Hornblendeglimmerschiefern abgesehen) in grobkörnige Amfibolite, Diorit und Hornblendeschiefer trennen. Erstere bestehen fast nur aus kurzen, dicken, verwachsenen, schwarzgrünen Hornblendestrahlen, deren spärliche Zwischenräume mit Quarz, Albit, grünem feinschuppigem Glimmer gefüllt sind und denen sich einzelne schwarzbraune Glimmerschuppen zugesellen (2400, 2751).

In den dioritischen Varietäten liegen Hornblendesäulen mehr vereinzelt kreuz und quer in feinkörniger bis dichter weisser oder grauer Grundmasse; ausserdem die eben genannten Mineralien. (2156, 2924.)

Die von 2585 an vorherrschenden Hornblendeschiefer sind zusammengefüllte Gemenge aus quarzitischer (felsitischer) Grundmasse, Hornblendenadeln, schwarzen und grünen Glimmerschüppchen, (Chlorit, Epidot). Die letzten Hornblendeschieferschichten zwischen ca. 3020 und 3150 (Nr. 123) führen ausserdem Granaten und gehörten nebst den dünnen felsitischen Zwischenlagen (Nr. 124) zu den schwerstgebohrten der Südseite. 7 Mac Keanmaschinen, von denen aber nur ca. 4 gleichzeitig arbeiteten, bohrten zusammen stündlich 166,3 Cm. ab, wobei ein täglicher Fortschritt von 156,5 Cm. erzielt wurde (Juni—August 1876).

Viel häufiger als die eben aufgezählten Typen von Hornblendegesteinen sind Uebergänge derselben unter sich und in Hornblendeglimmerschiefer.

Erwähnenswerth sind noch die kalkführenden Schichten Nr. 110, 111, 125 bei 2722 2809 und 3135, deren erstere auf dem Profil als Kalkglimmerschiefer verzeichnet stehen. Es sind hornblendehaltige quarzitisch-felsitische Gesteine mit braunem und grünem Glimmer (Chlorit), deren Kalkgehalt sekundär sein dürfte, so dass sie eine andere geologische Stellung einnehmen als die Kalkglimmerschiefer im Distrikt der grauen Granatglimmerschiefer.

Charakteristisch für die hier aufgezählten felsitischen Glimmerschiefer- und Hornblendegesteine ist der endlose Wechsel dünner Schichten weniger Bergarten, welche man zusammengenommen einem einzigen Gestein vergleichen könnte, das aus riesigen Lamellen von Felsitglimmerschiefer und Hornblendegesteinen besteht. Auf dem Profil wurden die einzelnen Schichten mit der Farbe der je vorherrschenden Gesteinsart bezeichnet.

Als bezeichnende accessorische Mineralien dieses Schichtenkomplexes sind Epidot, Titanit, Rutil, Magneteisen, Magnetkies anzuführen.

In allen diesen Gesteinen setzen Quarzgänge auf, welche durch Hinzutreten von Feldspath und Muscovit mitunter pegmatitisch werden; im Gebiet des grauen Glimmergneisses nicht selten Kalk führen. Im Glimmerschiefergebiet besitzen die meisten derselben südliches Einfallen; ausserdem verlaufen sie spitzwinkelig zur Schieferung oder schwebend.

Die Mineralvorkommnisse sind nicht ausschliesslich an diese Gänge gebunden, sondern sitzen auch direkt auf dem Nebengestein in Klüften und Drusen; die hübschesten und meisten gehören dem Gebiet des felsitischen Gneisses und der Hornblendegesteine an; dies sind die Mineralien des Scipsius und eines Theiles der Alpe di Sorescia.

Gold. Eine silberhaltige Legirung mit 50 % Au.*) in blaugelben zackigen Blättchen und moosförmig verwachsenen Blechen in und auf Kalkspathkrystallen bei 490–500; an der Grenze zwischen Granatglimmerschiefer und Amphibolglimmerschiefer; auf einem schmalen 3 à 4 W | 79 à 86 W gerichteten Gang, welcher ausserdem kleine spiessige Quarzkrystalle und Schwefelkieskrystalle führt; letztere zum Theil in Brauneisenstein verwandelt. Die Sahlbänder des Ganges sind ein graugrünes dichtes Gestein.

Schwefelkies. Sehr gewöhnlich auf Klüften; als papierdünner mitunter tupfiger Ueberzug; oder in kleinen Krystallen, welche oft zu Krusten und traubigen Gruppen verwachsen sind; mitunter in Brauneisenstein verwandelt (400; 500). Scharf begrenzte bis centimetergrosse Krystalle in den meisten chloritführenden Drusen. Grössere Krystalle bei 180 à 86 (nur einzelne Facetten ausgebildet), und namentlich bei 2470, wo faustgrosse Krystalle vorgekommen sind. Diese sind entweder oktaëdrisch mit treppenförmigen Flächen, bunt angelaufen; oder $0, \infty 0 \infty$; oder $0, \frac{\infty 02}{2} \infty 0 \infty$; letztere beide Combinationen stets blank.

Magnetkies. Derb in vielen Quarzgängen. In Tafeln krystallisirt (welche sich aber nicht auslösen lassen) bei 3037.

Kupferkies. Zusammen mit den Eisenkiesen spärlich auf Quarzgängen in solchen Gesteinen, welche accessorisch Kupferkies führen. Eingesprengt, selten undeutliche kleine Krystalle.

Eisenglanz. In krummen Blättchen aufgewachsen oder in Quarzkrystallen eingewachsen, öfters in Begleitung von Sagenit. 1919; 2140; 2790; 3037.

Quarz. Centimeterlange und millimeterdicke, regelmässig ausgebildete Kryställchen, dicht aneinander gewachsen wie die Stacheln eines Igelfelles, waren auf Klüften im Gebiet des grauen Granatglimmerschiefers nicht selten; z. B. auch auf dem goldführenden Gang bei 495–500, wo sie theils wasserklar, theils trüb, theils durch Eisenoxydhydrat gelb überzogen vorkamen, zusammen mit Schwefelkies und Kalkspath. Aehnliche, aber stets wasserklare Kryställchen sitzen nicht selten in den Winkeln der Drusenmineralien.

Von einem anderen Typus sind zolllange, durch Verjüngung des Prismas spiessig zulaufende Krystalle, wasserklar oder grünlich durch eingewachsenen und aufgestäubten Chlorit; 189; 853; 2075–2140; 2274; 2716; 21; 2790; 2940. Daran schliessen sich monströse, trübe, oft mit grauer Haut überzogene Krystalle, welche in fusslangen abgebrochenen Klumpen vorkommen oder in schlanken fast trigonalen Säulen. Sie sind öfters mit Braunspathkryställchen wie mit Austerbrut besetzt; 2440; ca. 2700. Den Drusen zwischen 2500 und 3040 entstammen noch halbfussgrosse Krystalle der gewöhnlichsten Kombination; manche am einen Pol einfach, am anderen zackig zugespitzt; wasserklar, mit ebenen oder treppenartigen Flächen; oder trübe, fast milchweiss. Manche sind mit Kalkspath und Muscovittäfelchen inkrustirt; andere umschliessen Amianthnadeln, Sagenithäute, Eisenglanz (selten), Chlorit; bei 2500 ist schwarzer Turmalin theils eingewachsen, theils aufgewachsen.

Rutil).** Dünne Nadeln selten in Kalkspath und Quarz einzeln eingewachsen; oder zu Büscheln gruppirt in den Winkeln von Krystallgruppen. Am gewöhnlichsten sind Sagenithäute auf Bitterspath (2790) oder Chlorit (2274) oder dem Nebengestein (2940); demnächst in Quarzkrystallen (2700).

Magneteisen. Pulverkorn-grosse Oktaëder in kalkführenden Quarzadern, z. B. bei 808; 13; 36.

Aragonit, als fahriger, traubiger oder krustenartiger Ueberzug auf Kalkspath-, Bitterspath- und Braunspathrhomboëdern bei 2440; 2690–2790; 2940; 3135–65; ganz dünn auf Eisenspath.

Kalkspath. Im Gebiet der grauen Granatglimmerschiefer sind viele Klüfte mit kleinen Kalkspathkrystallen meist von der Form ∞R , $-\frac{1}{2} R$ inkrustirt. Dazu gesellen sich spitze, oft rhomboëdrisch abgestumpfte, Skalenoëder; die grössten auf dem goldführenden Gang bei ca. 500, wo die Krystalle in den Spaltungsrichtungen angefressen sind. Bei 2940 und 3010 sind zolllange Krystalle, ∞R , $-\frac{1}{2} R$, zu keulenförmigen trigonalen Büscheln verwachsen. Der zwischen Braunspath und Bitterspath einzeln eingewachsene wasserklare Kalkspath bildet rauhe, spitze, aber abgestumpfte Skalenoëder. Die auffälligsten Gruppen bestehen aus wasserklaren flächenreichen Kalkspathkrystallen mit vorherrschenden $R 2$, $\frac{2}{3} R 2$, R , in den Albitdrusen zwischen 2440 und 2790. Zollgrosse Krystalle umfassen nämlich die 6 Kanten dicker Tafeln so, dass flache Schalen entstehen, deren Boden (ausen) spitzig zuläuft. In der Mitte der rauhen basischen Tafeln sitzt oft ein kleiner Quarzkrystall (das letztere gilt auch von den grösseren Krystallen bei 500). Einfache flache Rhomboëder sind selten; solche bilden z. B. bei 3020–40 rauhe spathige Krusten auf Klüften.

*) ANMERKUNG. Die Zusammensetzung scheint (wie die Farbe) etwas veränderlich. Eine frühere Bestimmung ergab 30 à 40 Ag., 70 à 60 Au. (aus dem spec. Gew.).

**) ANMERKUNG. Der Rutil aus dem Tunnel ist fast stets dunkel gefärbt, ungefähr wie Jod oder übermangansaures Kali. Die kupferrothe Farbe der entsprechenden Vorkommnisse an der Oberfläche scheint sekundär.

Braunspath und Bitterspath. In halbklaren, farblosen oder bläulichgrauen, unebenen, oft zollgrossen Rhomboëdern, z. B. bei 2274, 2440 und als Ueberzug von Quarzkrystallen. Gelblichweiss, krummschalig, in federbuschähnlichen Gruppierungen oder in grösseren Rhomboëdern, welche nicht selten mit Sagenit oder Aragonit überzogen sind; bei 2790, 2940. Hohle Rhomboëder aus kleinen gelblichen Rhomboëdern aufgebaut, bei 2715—42.

Eisenspath. Schnüre und Körner von Eisenspath, oder vielleicht richtiger eisenreichem Braunspath, kommen in Granatglimmerschieferschichten mit apfelgrünem Glimmer eingewachsen vor, z. B. bei 136; als Ueberzug von Klüften im ganzen Gebiet der grauen Granatglimmerschiefer. Kleine, in Brauneisenstein verwandelte Eisenspathrhomboëder auf weissem Glimmerschiefer stammen vermuthlich von 632—680. Einzelne Flächen derselben sind dünn mit Aragonit überzogen.

Gyps; als mehliges Kluftüberzug im Quarzit, welcher die Dolomitschichten begrenzt.

Apatit. Einzeln aufgewachsene farblose, tonnenförmige Krystalle von ca. 400; in den Albitdrusen spärlich, z. B. bei 2934.

Chlorit. Neben Helminth scheint auch Ripidolith vorzukommen. Bei mangelnden Detailuntersuchungen ist aber eine Specificirung zwecklos. Bauchige sechsseitige Tafeln nicht selten auf Quarzkrystallen, dünnere und dünnste Blättchen in solchen eingewachsen. Unregelmässig begrenzte Häute in vielen Quarzgängen. Zartschuppig wohl in allen Albitdrusen, aber nie so massenhaft und fein vertheilt wie die « Sammterde » der Nordseite.

Cyanit und Disthén nicht selten in Quarz eingewachsen. Fingerlange, strahlige Massen, z. B. bei 180—190.

Albit, meist als Periklin, in kleinen unansehnlichen Krystallen sporadisch von 400 M. nordwärts; häufiges und charakteristisches Drusenmineral im Gebiet des felsitischen Glimmerschiefers und der Hornblendegesteine. Die schönsten tafelförmigen Krystalle bei 2440 erreichen Zollgrösse. Gewöhnliche Begleiter: Quarz, Kalkspath, Rautenspath, Chlorit, Glimmer, Schwefelkies, Rutil, Titanit.

Adular kommt spärlich vor, in ganz kleinen unansehnlichen Krystallen, noch dazu meist inkrustirt; z. B. bei 400, 527, 668, 750, 1821; d. h. im Gebiet der Granatglimmerschiefer. Bei 747 waren einzelne Krystalle von 20 mm. \times 7 mm. eingewachsen, welche Orthoklasform besitzen, aber Natronreaktion geben. Sie sind im Inneren matt, mit einer halbmillimeterdicken, fettglänzenden, grünen Rinde überzogen, auf welcher Muscovitschüppchen liegen.

Glimmer. Silberweisse Kaliglimmerschuppen fehlen keinem Quarzgang; auch als Ueberzug von Krystallen sind sie nicht selten. Gruppen von sechsseitigen Tafeln, grau oder grünlichgrau, in den meisten Drusen z. B. bei 2274, 2470; 2605—20; 2790; 2940—50; 3163.

Brauner Magnesiaglimmer; häutig an den Sahlbändern von Quarzgängen, in grossen unscharf begrenzten sechsseitigen Tafeln bei 731.

Turmalin. Blaugraue, gebrochene, strahlige Stängel in Quarz bei 1828. Schwarze, dünne bis zölllange Säulen in den Drusen bei 2270; 2605—20. Einzeln auf und in Quarzkrystallen bei 2500.

Titanit. In ganz kleinen blässgelben Kryställchen auf Albit bei 2440. Bräunlichgrüne etwas grössere Krystalle in vielen Drusen z. B. bei 2500, 2790, 3957.

Obwohl die Gesteine der Tessinmulde und der Ursernmulde petrografisch nicht identisch sind, so existiren doch Analogieen und Aehnlichkeiten zwischen denselben, welche in Ermangelung besserer Beweismittel eine geologische Parallelisirung gestatten.

Den Cipolinen der Ursernmulde mit ihren quarzitischen Säumen stellen wir die Dolomite und Rauhkalk der Tessinmulde mit ihrer Quarzitgrenze gegenüber. Für die Altekircher schwarzen Schiefer finden wir kein Gegenstück bei Airolo; doch könnten die gelblichgrauen glimmerreichen fast granatfreien Kalkglimmerschiefer (bei circa 90 M.) als Aequivalent angesehen werden. Den Sericitschiefern der Nordseite entsprechen die grauen Granatglimmerschiefer der Südseite; dem Urserngneiss mit seinen grünen und quarzitischen Schieferlagen der felsitische Glimmerschiefer mit seinen Schichten von Hornblendegestein, grünem Glimmerschiefer und Quarzitschiefer. Die schwarzen Schiefer der Oberalpstrasse wären den schwarzen Granatglimmerschiefern der Südseite (Nuffenenschiefern*) entgegenzustellen.

*) ANMERKUNG. Die Belemniten vom Nuffenepass kommen nicht in den schwarzen Granatglimmerschiefern vor, sondern in schwarzen Schiefen, welche jenen von Altekirche ähneln. Die Wülste derselben bestehen aus einem zeolithartigen Mineral (siehe Studer's « Index »), dessen Anwesenheit wohl verursacht, dass schwachgebranntes Nuffenen-Belemnitenschiefer Fettkalk hydraulisch macht.

Ist sowohl diese Parallelisirung richtig als auch das für die Ursernschichtengruppen angenommene geologische Alter, so ergibt sich als Consequenz, dass die Tessinmulde im Thalboden mit Jurassischen Schichten beginnt und dass die Hauptmasse der bei 1833 (Tunnel) endenden schwarzen Glimmerschiefer carbonisch ist.

Die Gesteine der Tessinmulde gehen in jene des Gotthardmassives nicht so allmählig über wie die Urserngesteine. Die Amphibolitschichten der Tessinmulde enden mit einem Mal, kurz nachdem sie ihre grösste Entwicklung erreicht haben, und die felsitischen Glimmerschiefer unterscheiden sich auffällig von den Glimmergneissen des Gotthardmassives †).

Die Mächtigkeit aller Schichten der Tessinmulde, von der Mitte der im Thal liegenden Dolomite bis zur Grenze des Gotthardmassives, beträgt (möglichst normal zu der Schichtung) 3350 M.

Der im Tessinthal zwischen die Dolomitschichten geschobene quarzumsäumte Kalkglimmerschiefer lässt vermuthen, dass auch hier eine kleine Doppelmulde vorliegt, entsprechend jener von Alteikirche. An einer anderen Stelle wurde schon darauf hingewiesen, dass die Kalkglimmerschiefer südlich vom Tessin durch grösseren Kalkgehalt, Abwesenheit von Granaten, Hornblende und Quarzschieferschichten von den grauen Granatglimmerschiefern des Tunnels verschieden sind; als zusammengehörige Muldenflügel aber sollten diese Complexe auch petrografisch übereinstimmen. Es ist jedoch sehr fraglich, ob die Bauschalzusammensetzung der beiderseitigen Gesteine nicht grössere Uebereinstimmung zeigt, als ihre Mineralzusammensetzung vermuthen lässt. Der Kalk des südlichen Thalgehänges könnte am nördlichen in Hornblende und Granaten versteckt sein, vorausgesetzt, dass nicht reine Thoneisengranaten vorliegen, sondern Thonkalkeisengranaten. Für die Existenz der Schichtenmulde des Tessinthales spricht allenfalls, dass am südlichen Thalgehänge unterhalb Alpe Piscium schwarze Granatglimmerschiefer anstehen, südlich davon quarzitisches Glimmerschiefer.

Die mittlere Streichrichtung der zur Tessinmulde gehörigen Schichten ist im Tunnel ziemlich unverändert N 47 E.; an der Oberfläche zeigt sie dagegen eine Drehung aus N. 38 E. in 53 E.

†) ANMERKUNG. Die Mineralvorkommnisse der Tessinmulde haben dagegen mit jenen des Gotthardmassives mehr Gemeinsames, als die der Ursernmulde; aber noch auffälliger ist die grosse Zahl von Gang- und Drusen-Mineralien, welche Ursernmulde, Gotthardmassiv, Tessinmulde gemeinsam sind und im Finsteraarhornmassiv fehlen.

Aus folgender tabellarischer Zusammenstellung der wesentlichsten Gang- und Drusenmineralien in den vier Hauptschichtengruppen ergibt sich u. A., dass 9 von 32, oder 28%, allen vier gemeinsam sind.

Nach Abzug derselben sind von 23 Species 4, oder 17%, Ursernmulde, Gotthardmassiv, Tessinmulde gemeinsam
 3, » 13%, nur Gotthardmassiv und Tessinmulde »
 1, » 4%, » Finsteraarhornmassiv und Gotthardmassiv »
 1, » 4%, » Finsteraarhornmassiv und Ursernmulde »
 1, » 4%, » Ursernmulde und Gotthardmassiv »
 1, » 4%, » Gotthardmassiv und Tessinmulde »
 1, » 4%, dem Finsteraarhornmassiv eigenthümlich.
 5, » 21%, » Gotthardmassiv »
 7, » 30%, der Tessinmulde »

Apophyllit und Flussspath gehören dem Finsteraarhornmassiv an (vom Flussspathvorkommen im Ursernthal nahe der Finsteraarhorngrenze abgesehen); Albit dem Gotthardmassiv und der Tessinmulde, in welcher Natron überhaupt reichlich vorkommt (Paragonit).

Namen der Schichtengruppen.	Schwefelkies.	Quarz.	Kalkspath.	Apatit.	Chlorit.	Adular.	Glimmer.	Epidot.	Titanit.	Magnetkies.	Eisenglanz.	Rutil.	Gyps.	Braunspath.	Amianth.	Albit.	Molybdänglanz.	Flussspath.	Arsenikkies.	Apophyllit.	Zinkblende.	Markasit.	Anatas.	Desmin.	Zeolithnadehn.	Gold.	Kupferkies.	Magneteisen.	Aragonit.	Eisenspath.	Disthen.	Tormalin.	Zusammen.
	Finsteraarhornmassiv .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ursernmulde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	15
Gotthardmassiv	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
Tessinmulde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
	9									4				3			1	1	1	1	5					7							
Zusammen 32.																																	
* Anmerkung. In Quarzkrystallen eingewachsen.																																	

Das allmähliche Steilerwerden des Einfallens ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

Tunnel, v. P. M.	Einfallen in Profilebene.	Oberfläche, v. P. M.	Einfallen in Profilebene.	Krümmungs- radius. M.
450	58°	330	41°	495
700	55°	490	33°	1306
1370	56°	720	47 1/2°	2118
1750	57°	1170	46 1/2°	3925
2100	62 1/2°	1430	47 1/2°	4362
2580	68 1/4°	1890	48°	3635
3178	65 1/2°	2589	63°	30752

Die auffällige Verflächung der Schichten zwischen 600 und 800 dürfte als spätere Deformierung der Mulde durch Umkippen der ihrer Stütze theilweise beraubten Köpfe zu betrachten sein.

Störungen des inneren Schichtenbaues, als Folge des Zusammenfaltens der Mulde, sind nicht häufig. Unbedeutende Knickungen und Umbiegungen, wie sie z. B. bei 2400, 2460, 2900, 2903, 2940 in den Hornblendegesteinen vorkommen, lassen sich in den entsprechenden Schichten auch am Tage wahrnehmen, nahe der Mündung der Tremolaschlucht. Die zahlreichen Quarzgänge erscheinen als (vernarbte) Risse, ohne welche die starren Schichten nicht in Muldenform gebracht werden konnten. Es ist gewiss kein Zufall, dass die meisten derselben südwärts einfallen und gleichsam radial von der Muldenaxe ausstrahlen.

Viel auffälliger und von grosser praktischer Bedeutung ist die mit lettiger Zersetzung verknüpfte Zerrüttung der Schichten, welche augenscheinlich neueren Zeiten angehört.

Die schon an einer andern Stelle erwähnten W.N.W. à E.N.E. streichenden, 30 à 60° südwärts einfallenden Klüfte, und fast seigere Querklüfte, welche die Klippwände des nördlichen Thalgehänges zerschneiden, setzen zum Tunnel hinab. Sie mögen dem Schichtenfaltungsprocess ihren ersten Ursprung verdanken; dass aber auch nachmals Bewegungen an denselben stattfanden, gleichwie an conform verlaufenden, wieder aufgerissenen, Quarz- und Kalkspathgängen beweisen die oft lettigen und gerieften Sahlbänder sowie kleine Verwerfungen. Diese deuten auf Abrutschung der einzelnen Gesteinsstreifen thalwärts, wodurch sich das flachere Einfallen der Schichten nach dem Ausgehenden hin erklärt; da die abrutschenden Gesteinsstreifen durch N.N.W. gerichtete Querklüfte seitlich abgelenkt wurden, so konnte die oben erwähnte Drehung der Streichrichtung nicht ausbleiben. Die Abrutschungen hatten aber Oeffnen der Schichtfugen zur Folge, d. h. die Entstehung von Spalten parallel oder doch spitzwinkelig zur Schieferung. Derartige, mit Letten und zerriebenem Nebengestein gefüllte Spalten sind strichweise so häufig, dass sie sich nicht einzeln aufzählen lassen. Sie bedingen jene zerrissenen von nassen Lettklüften durchzogenen Gesteinsschichten, welche mit festeren wechseln, nicht druckhaft sind, aber schon im Stollen leicht verbaut werden mussten, um das Ablösen von Blöcken zu hindern. Diese Gesteinsbeschaffenheit und die bedeutenden Wasserzuflüsse verliehen dem Tunnelbau auf der Airoloseite seinen eigenthümlichen Charakter eines ständigen Kampfes mit Widerwärtigkeiten. Besonders im Gebiet der grauen Granatglimmerschiefer bis 900 à 1000 sind solche faule Schichtenzonen mehr Regel als Ausnahme z. B. bei 80—170; 340—790; 958—73*). Weiter einwärts sind sie mehr lokalisiert und meist an einzelne lettige Spalten gebunden z. B. bei 1200—1300; 1790—1815; 2110; 2180—2200; 2340—2410; 2455—2545; 2870; 2950—60; 3010.

Stauchungen und Knickungen der lettigen Schichten, wie sie z. B. schon im Dolomit bei 63 und im Glimmerschiefer zwischen 100 und 200 vorkamen, stehen wohl zum Theil mit den besprochenen Abrutschungen im Zusammenhang. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen sich aber auch in der Umgebung von jüngeren Spalten, an welchen, nach den Harnischriefen und Stauch-

*) ANMERKUNG. Wie sehr sie den Fortschritt des Richtstollens verzögert haben, geht daraus hervor, dass die mittlere tägliche Anfahrung mit Dubois-François-Maschinen im grauen Granatglimmerschiefer 192,5 Cm. betrug (212,0 bis 1141,7 M.; vom 24. Juni 1873 - 20. Oktober 1874), während in verhältnissmässig gesunden Schichten desselben Gesteines schon 6 Wochen nach Einführung der Maschinenarbeit 341 Cm. erzielt wurden (276,5-337,0; 6.-24. August 1873).

rändern zu urtheilen, Aufwärtsschiebungen stattgefunden haben müssen. Solche Spalten besitzen steil nördliches Einfallen; sie sind mit Reibungsbreccie aus Brocken des Nebengesteines und Letten gefüllt; von gerieften Gleitflächen durchzogen, auf denen mitunter dünne Häute und Krusten von Grafit, Kalkspath, Schwefelkies vorkommen. Als Beispiel könnte schon die Glimmerschiefer-Dolomitbreccie nahe der Dolomitgrenze dienen; die meisten derartigen Spalten setzen aber näher dem Gotthardmassiv auf, z. B. bei 1142; 1800—1810; 2107—12; 2196; 2303—2506; 2800—2850 und dürften mit den letzten Hebungen in demselben in Zusammenhang stehen.

Im letztverflossenen Jahr (13. Juni 1879 bis 11. Juni 1880) betrug der Wasserabfluss aus dem Südportal im Mittel 230 Liter per Sekunde. Rechnen wir hievon die früher ermittelten 37 Liter aus dem Gotthardmassiv ab, so bleiben 193 Liter Abfluss aus den Schichten der Tessinmulde. Da der Tunnel bis 3208 schon im Dezember 1878 voll ausgebrochen war, so drückt diese Ziffer den bleibenden, nur noch mit den atmosphärischen Niederschlägen an der Oberfläche variirenden Wasserzufluss zwischen 0 und 3178 M. aus*). Der Abfluss aus dem Südportal erreichte sein Maximum 348 Liter per Sekunde am 28. Juli 1875, da der Stollen 2092 M. mass. Die grossen Schwankungen desselben erklären sich daraus, dass während Eindringens des Stollens in's Gebirge Wasserläufe geöffnet werden, welche mit den vorher aufgeschlossenen zum Theil communiciren, so dass die Zuflusspunkte der Wässer theilweise verlegt werden, ohne dass die Zuflussquanten nothwendig zuzunehmen brauchen. Während des Tunnelausbruches wird ferner die Ausflussöffnung derselben Wasserspalten proportional dem Perimeter des Profiles vergrössert, so dass sie dann viel mehr Wasser abgeben als ehemals in den Stollen. Diess hält an bis die aufgespeicherten Vorräthe abgeflossen sind. Dann hängt das jährliche Abflussquantum nur noch vom jährlichen Niederschlagsquantum auf dem Wassersammlungsgebiet des Tunnels ab. Da aber die Niederschläge bei der ungleichen Höhe und Permeabilität des über dem Tunnel liegenden Gebirges ungleiche Zeit brauchen, um diesen zu erreichen, und da Schnee, welcher im Hochgebirge fällt, vielleicht erst im darauf folgenden Sommer zur Vermehrung der Tunnelwässer beitragen kann, so coincidiren die Perioden grösster Niederschläge und grösster Tunnelabflüsse durchaus nicht, obwohl gesetzmässige Beziehungen zwischen deren Eintreffen existiren. Im ganzen scheinen die Tunnelabflüsse am stärksten im September und im Oktober, am schwächsten im März und April. Ihre Temperatur am Portal schwankt zwischen 11.7 und 13.4; sie sinkt mit Zunahme der Abflüsse und umgekehrt.

Die hauptsächlichsten Zuflüsse gehören folgenden Streifen an, denen ebensoviele wohlbekannte Quellgebiete der Oberfläche entsprechen, nämlich: 0—840 (resp. 935); 1070—1370, 1940—2300; 2440—2530; 2800—2850. Da es zwischen denselben aber keineswegs ganz trocken ist, so wird die scharfe Abgrenzung der einzelnen Zonen schwierig. Die Nordgrenze der ersten ist deutlich markirt durch jene hornblendeführenden- und Quarzitschiefer-Schichten, welche unterhalb Stuei ausstreichen und als Klippwall die Bergwiesen von Airolo in weitem Bogen umsäumen. Dies ist das Gebiet der vom Tunnel verschluckten Brunnen- und Stallquellen. Die kürzesten Linien von den äussersten (bis zum Herbst 1873 versiegten) Quellen nach dem Tunnel waren bei den östlichen Quellen 14°, bei den westlichen 32° gegen den Horizont geneigt. Aus diesen Winkeln und aus der Richtung (N. 51½ E.) des nördlichen Grenzwalles des Quellgebietes von Airolo construirte ich 1874 auf Wetli's Curvenplan die Grenzlinien des dem Tunnel anheimgefallenen Quellgebietes, und fand sein Areal = 650,000 □M. (l. c. p. 146). Nachdem dasselbe durchfahren war, stellte sich heraus, dass das Gebiet der versiegten Quellen 738,000 □M. umfasst. Nimmt man als Grenze des entsprechenden Niederschlagsgebietes die nächsten lokalen Wasserscheiden an, so ergibt sich als Areal des letzteren 2,010,000 □M.**).

*) ANMERKUNG. Da dem Abflussquantum, 216 à 234 Liter, das von 900-1000 M. statt hatte, ein Niederschlagsgebiet von 6½ bis 9 Millionen Quadratmeter zukommt, welches alle Quellgebiete des Tunnels bis zur Gneissgrenze deckt, so schloss ich schon 1875, dass «trotz vor Ort hinzukommender neuer Zuflüsse keine merklich grösseren Abflüsse zu gewärtigen sind». (Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft pro 1874-75 S. 147. Der Aufsatz wimmelt leider von Druckfehlern).

**) ANMERKUNG. Wie unbegründet die Behauptung ist, dass die Tremola vom Tunnel gezapft sei, geht daraus hervor, dass weder das Gebiet der versiegten Quellen, noch deren Niederschlagsgebiet, bis zur Tremola reichen. Die Quellen bei Gaspiei, à la Croce Chiesso, Cima di Bosco, zwischen der Tremola und dem Gebiet der versiegten Quellen, fliessen nach wie vor. Dagegen überquert das Bett des Chiesso, durch welches die Tremolawässer nach der geschlossenen Tunnel-Wasserleitung offen geführt werden, einen Zipfel des Gebietes der versiegten Quellen, so dass ein Theil der von der Tremola entnommenen Wässer so zu sagen künstlich in den Tunnel geleitet wird. Es

Der zuletzt gemessene Abfluss aus diesem Wassergebiet, von 808 M., betrug am 25. April 1874 178 Liter. Nach allmählichem Abfließen der aufgespeicherten Wasservorräthe muss sich aber dies Quantum begreiflicherweise wesentlich vermindert haben. Zwischen 0 und 840 M. waren vorzugsweise nasse Stellen 0—150; 187—390; 400—510; 534—694; 717—840. Die Communication der Wasserläufe unter sich geht schon daraus hervor, dass aus südwärts einfallenden Klüften in den Tunnel tretende Zuflüsse schwächer wurden oder ganz versiegten, sobald die N.-W. einfallenden wasserführenden Schichten angehauen wurden, welchen die Klüfte ihr Wasser entnommen hatten; deshalb folgten die Wässer sozusagen dem Stollenort.

Die Zuflüsse bei 253 à 275	nahmen ab oder verschwanden als jene bei 343	erschrotet wurden.
» » » 343 à 500	» » » » » » » 500—509	» »
» » » 600 à 640	» » » » » » » 810—840	» »
» » » 0 à 682	» » » » » » » bis 910	» »

Viele Tunnelquellen im Gebiet des grauen Granatglimmerschiefer enthalten Gyps, Magnesiumsalze und wenig Eisenoxydulsalze aufgelöst, welche letztere schwache Okerabsätze veranlassen — genau wie die sog. Mineralquellen der Umgegend von Airolo z. B. Acqua minerale di Ossasco, Fontana di Banjera, eine Quelle am rechten Tessinufer nahe dem Riale di Fore.

Das zweite Wassergebiet des Tunnels, 1070—1370, entspricht dem obersten Quellgebiet des östlichen Ri di Jenni, welcher im Winter 1875 ganz versiegte, während dies Wassergebiet im September bis Dezember durchfahren wurde. Am 18. April 1875 fand ich seine obersten Quellen in der Gola di Sasso rosso trocken. Auf dieser Strecke treten noch heutigen Tages die stärksten Wasserströme in den Tunnel.

Die Zuflüsse (in den Richtstollen) zwischen 1071 und 1092 wurden zu 5 Liter geschätzt; zwischen 1220 und 1234 zu 25 Liter; bei 1280 zu 2 Liter. Der Gesamtabfluss aus dem Tunnel von 1251 betrug am 28. November 1874: 235 Liter. Am 19. November spritzte aus einem Bohrloch bei 1225 ein 4—5 Cm. dicker Strahl mit solcher Vehemenz 5 M. weit in den Stollen, dass bis zu seiner Verrohrung die Arbeit sistirt werden musste.

Das dritte Wassergebiet, 1940—2300, erhält seine Zuflüsse aus dem obersten Quellgebiet des westlichen Ri di Jenni besonders von Bucco di Stienatessa zwischen Grasso di Dentro und Cima Loita-misura. Aber auch die viel tiefer liegenden Quellen der Gola grande di Stuei (1170 M. v. P.; 1820 M. ü. M.), welche denselben Bach speisten, communiciren mit diesem Wassergebiet; sie fliessen jetzt nur noch, wenn der Bach von Bucco di Stienatessa wasserreich ist. Die Quellen an letztgenanntem Punkt scheinen sich nicht geändert zu haben. Die grössten Zuflüsse auf dieser Tunnelstrecke bei 1960—70; 2196; 2221 wurden auf resp. 19 Liter, 2 Liter, 3 à 5 Liter geschätzt. Der Gesamtabfluss von 1960 war am 25. Juli 1875: 272 Liter; von 2288 am 27. September 334 Liter. Die bedeutende Zunahme von 62 Liter drückt aber nicht etwa nur neue Zuflüsse aus, sondern ist wesentlich Folge der gleichzeitigen Erweiterung rückwärtsliegender nasser Tunnelstrecken.

Die Zuflüsse zwischen 2440 und 2530 waren nicht von Bedeutung; etwa $\frac{1}{2}$ Liter bei 2440, 5 Liter bei 2507. Dasselbst brach aus der mit trockener lettiger Reibungsbreccie gefüllter Spalte am 25. November 1875 plötzlich ein Schlammstrom, welcher sich doch allmählig vertheilte, und die Wässer versiegten fast, nachdem im März 1876 das folgende Wassergebiet durchfahren worden war. Hieraus folgt eine Communication beider, welche auch durch die Richtung der Spalten bestätigt wird. Letztere deuten auf die Quellgebiete zwischen Cima Loita-misura und Sorescia bei 2175 und 2360 M. v. P. Die Quellen des ersteren fand ich im September 1873 und 74 fliessen, im September 1876 trocken; vermuthlich aber nur in Folge der Witterung.

Das letzte Wassergebiet der Tessinmulde, zwischen 2800 und 2850, ergoss in den Richtstollen bei 2803—6 und 2810—11 M. 14 Liter, bei 2847 circa 2 à 3 Liter. Da hievon aber die bei 2507 M. gleichzeitig verlaufenen 5 Liter abgehen, so führten die hier geöffneten Wasserspalten aus den oben bezeichneten Quellgebieten nur 11 à 12 Liter neue Zuflüsse in den Tunnel.

muss als ein Glück angesehen werden, dass man den Gotthardtunnel nicht unterhalb Madrano hat münden lassen, wie auch vorgeschlagen worden ist. Er würde dann ausser den jetzt verschluckten Quellen auch viele des Canariathales, und vermuthlich die Canaria selbst, absorbirt haben, denn der poröse Dolomit etc. im Thalboden gleicht einem in Wasser liegenden Schwamm.

S c h l u s s .

Wir sind im vorgehenden zu dem Schlusssatz gekommen, dass die vom Tunnel durchfahrenen Schichten des Gotthardmassives eine Reihe von metamorphosirten Sedimenten darstellen, welcher sich unmittelbar die gleichfalls metamorphosirten Sedimentschichten der Ursernmulde und der Tessinmulde anschliessen; und dass die letzteren beiden Schichtengruppen gleichwerthig sind.

Als Gesamtmächtigkeit der bekannten Schichten des Gotthardmassives fanden wir 5 Kilometer; der Tessinmulde 3.₃₅ Kilometer. Nehmen wir an, dass bei der Petrificirung der Sedimente eine Verdichtung im Verhältniss $\frac{1.5}{2.75}$ statt hatte, so müssten die 8.₃₅ Kilometer dicken Schichtenkomplexe der Tessinmulde und des Gotthardmassives als Schlamm und Sand 15.₃ Kilometer eingenommen haben und wenigstens diese Tiefe wäre dem Meer beizulegen, auf dessen Boden die Schlammabsätze begannen (successive Senkungen ausser Betracht gelassen).

Die Mächtigkeit der Schichten auf der Nordseite, von der Grenze des Gotthardmassives bis zur Mitte der südlichen Kalkmulde beträgt 1.₆ Kil. (ohne Berücksichtigung zwischenliegender Falten), woraus eine Sedimentdicke von $\frac{(5 + 1.6) \times 2.75}{1.5} = 12.1$ Kilometer folgt. Erreichten die Kalksedimente der Südseite gerade den Meeresspiegel, so müssen jene der Nordseite noch $15.3 - 12.1 = 3.2$ Kilom. Wasser über sich gehabt haben, d. h. der schliessliche Kalkschlammboden des Meeres wäre auf etwa 12.₅ Kilometer Distanz von Süd nach Nord um 3.₂ Kilometer abgefallen. Hieraus könnten wir weiter schliessen auf Land Südvor: vielleicht das Gebiet schwebender Gneisschichten zwischen Faido und Osogna, Tessinthal und Formazzathal.

Die ungleiche Meerestiefe, in welcher das Material zu den Kalken bei Airolo und Andermatt ausgeschieden wurde, erklärt allein schon manche Verschiedenheiten dieser Gesteinsschichten; andere sind auf abweichenden Gang der Metamorphose zurückzuführen.

Am Liegenden 15.₃ Kilometer mächtiger Sedimentschichten muss eine Temperatur von 300 à 500° herrschen, welche (nebst dem entsprechenden Dampfdruck von 85 à 857 Atmosphären) mehr als ausreichend, um aus geeignet zusammengesetztem Schlamm jene Mineralien auszukristallisiren, welche Daubrée unter ähnlichen Verhältnissen künstlich darstellte; und damit würde sich die Verwandlung der Schlammsschichten in Gneiss, Quarzit etc. erklären.

Ich habe keinen Aufschluss darüber finden können, ob die durch Daubrée's Experimente dargestellten mikroskopischen Krystalle von Quarz, Diopsid etc. erst beim Erkalten der Lösung und der gleichzeitigen Verminderung des Dampfdruckes zum Vorschein kommen, oder ob sie schon im überhitzten Wasser fest existiren. Ist ersteres der Fall, so würde das Räthelhafte vieler Schichtenfaltungen sofort verschwinden: die einer gewissen Temperatur und entsprechendem Dampfdruck ausgesetzten, noch plastischen*) Sedimentschichten wären mit gesättigten Mineralösungen getränkt; sie würden wie jeder andere Thon durch mechanische Kräfte in beliebige Formen gebracht werden können; durch Auskristallisiren der gelösten Mineralien aber sofort zu Stein erstarren, sobald der eingeschlossene Dampf entweichen könnte.

Der Gneissgranit des Finsteraarhornmassives (soweit vom Tunnel durchfahren) lässt sich der Schichtenreihe des Gotthardmassives und der anstossenden Mulden nicht einfügen; er dürfte einem noch tiefern Horizont angehören. Dann fehlen aber Schichten zwischen demselben und der Ursernmulde, welche jedoch in der Umgegend von Amsteg Vertreter finden, so dass ihre Abwesenheit in der Tunnellinie einer bedeutenden Emporschiebung und Ueberschiebung des Finsteraarhornmassives zugeschrieben werden kann. Dieser Vorgang leitete wohl die Schichtenfaltung der Ursernmulde ein; nahezu gleichzeitig mit demselben wird aber auch das jetzige Gotthardmassiv aufgebrochen sein, im Zusammenhang mit dem Emporschieben des Granites zwischen Mettlihorn und Tremola. Es ist kein Grund vorhanden für die Annahme, dass die jetzigen Endpunkte des Gotthardmassives (in Tunnelrichtung) beim Aufbrechen der Schichten einander merklich näher geschoben seien. Denn denkt man sich die horizontal ausgereckten (aufgeschlossenen) Schichten des Gotthardmassives um ihre Grenzpunkte im Tunnelhorizont (1134) in ihre jetzige Lage gedreht, so nehmen sie auf 300 à 600 M. nahe wieder den Raum zwischen diesen Grenzpunkten ein. Bei dem Aufbrechen muss allerdings etwa $5,0 \times 8,5 \times 1,0 = 42,5$ Kubikkilometer Gotthardmassivgestein für jeden Längenmeter der aufgebrochenen Gebirgskette zertrümmert, gehoben und nachträglich denudirt worden sein.

Der späteren Emporschiebung einzelner Gebirgsstreifen mag das Gebiet der Tessinmulde des Gotthardmassives und der Ursernmulde seine heutigen Contouren mit verdanken; im Gebiet des Finsteraarhornmassives, zwischen Göschenen und dem Ursernthal, liessen sich solche neuere Bewegungen höchstens durch abgebrochene dicke Quarzkrystalle in den Drusen begründen.

*) ANMERKUNG. In des Wortes gewöhnlicher Bedeutung.

Zusammenstellung der veröffentlichten geologischen Profile des Gotthardtunnels.

A. Sismonda; A. Stoppani; F. Giordano. 1865. Enquêtes, etc. du Gouvernement italien sur les projets de chemin de fer par les Alpes Helvétiques. Edition française, 1869. Longueur du tunnel 14,800 m.; altitude 1110 m. N.; 1150 m. S.; 1162.5 m. faite.	E. Pissard des couches à traverser.	F. Giordano. 1872. Essame Geologico della Catena Alpina del San Gottardo. Estratto dal vol. II delle Memorie del Regio Comitato Geologico. Lunghezza 15,070 m.; altezza 1155 m. S.; 1110 m. N.	Grossesse di roccie.	K. von Fritsch. 1873. Das Gotthardgebiet. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. XV. Lief. Hier die Längen vom Profil in Rapport trimetrisch n° IV, 1873 abgestochen. Länge 14,920 M.; Meereshöhe 1145 S.; 1109 N.	Mächtigkeit der Schichten.	Tunnelaufschlüsse. 1880. Nach beilegendem Profil. Länge 14,920 M. Meereshöhe 1145 S.; 1109 N.; 1154.6 M. Scheitel.	Mächtigkeit der Schichten.
Granit veiné ou gneiss granitique à gros cristaux de feldspath, qui s'étend du pont du diable jusqu'à l'embouchure de Göschenen. Schistes micacé, passant au gneiss dans l'Urnerloch. . . . 350 Schistes talqueux, verdâtres ou foncés, dans les environs d'Andermatt plutôt tendres, mais également entremêlés de veines quarzeuses; ils terminent par un banc d'environ 100 m. de calcaire saccharoïde . . . 1000	2,300	Granito più o meno omogeneo a cristalli felspatici . . . 350 Gneiss più o meno scistosi . . . 350 Calcaire cristallino micaceo a lastrelle. Si suppone la sua continuazione almeno sino ai 300 metri (profondità) . . . 130 Scisti micacei bigi frammentati zonati passanti al gneiss. Nei dintorni di Andermatt alterano con banchi di scisti nerici rasati contenenti qualche venella calcarea . . . 870	2,200	Granitische Gneisse Gneiss, circa 460 Marmor, Kalkstein, Lias oder Jura 340 Sericit- und chloritführender Schiefer 1310 Glimmerreicher Gneiss in Gneiss übergehend mit drei Einlagerungen von Hornblendeschiefer; Javeststein in Serpentin übergehend (Gingunstaffel, Kastelhorn) 640 Quarzitischer Glimmerschiefer 150 Glimmerschiefer (Glockenthürml) 300 Gneiss (Sellasee) 250 Strahlstein führender Glimmerschiefer und Gneiss (Alpe Sorescia) 325	2,235 2,110	Gneissgranit, incl. einer Gneisslagerung von 417 M. und 11 M. Grenzgestein 2,010 Urseingneiss, incl. Einlagerungen von graugrünem und quarzitischem Gneiss 1520 unschließt und zwischenlagert Cipolin, schwarze Schiefer 205 Sericitgneiss mit Streifen von Kalkglimmerschiefer u. schwarzem Schiefer 465 Schwarze Schiefer der Oberalpstrasse mit Zwischenlagen . 125	2,010
Longue série de schistes analogues aux suivants, mais moins riches d'amphibole, et passant parfois au gneiss, avec quelque variété dioritique et serpentineuse vers le Kastelhorn et Andermatt; ils sont moins durs que les premiers, mais toujours avec beaucoup de veines quarzeuses. Il est possible que l'on rencontre quelque masse granitique dans l'extension souterraine de celles que l'on observe sur la route Schistes micacés et talqueux avec beaucoup de cristaux de grenat et d'amphibole, passant parfois à l'état de parfaits amphibolites, généralement fort durs et avec de fréquentes veines et rognons de quartz	1,350 8,000 3,150 14,800	Scisti micacei e gneiss finamente scistosi alternanti. Tratto tratto qualche zona sparsa di anfibolo. In questo tratto si possono incontrare alcune zone più o meno anfibolite. Una di queste corrispondente alla cresta del Kastelhorn s'incontrerebbe a 6800 metri circa dalla bocca Sud e potrebbe avere una potenza di 300 a 400 metri, sfumandosi però gradatamente nel micascisto. Altra zona di roccia verde serpentina di minor potenza può trovarsi a 5200 metri circa dalla bocca Nord . . . 6310 Gneiss scistosi con fili e noccioli di quarzo talora assai grossi 1680 Scisti come li precedenti, ma più o meno anfiboliferi. Talvolta l'anfibolo diviene predominante, talvolta s'impastia intimamente col felspatio e col quarzo formando una massa dura e tenace 2910 Scisti micacei passanti al gneiss. In generale molto ricchi di granati e con frequenti vene quarzose 620	1,350	Glimmergneiss (Gurschen-Guspis-Sorescia-Gneiss) mit Glimmerschieferartigen Schichten (z. B. Glockenthürml) ca. 100 M.), gneissartigen (z. B. Sellagneiss ca. 950 M.), Hornblende führendem Gneiss und Hornblendegestein, zusammen ca. 480 M. und Serpentin 440 M., quarzitischem Gneiss 2,315 Felsitiger Glimmerschiefer mit grünen Schiefer, Hornblendegesteinsschichten und Kalkglimmerschiefer 1345 Felsitglimmerschiefer, grüne Granat-Glimmerschiefer mit Schichten von Quarzitschiefer und schwarzem Granatglimmerschiefer; Hornblendegestein . 691 Graue Granatglimmerschiefer mit Quarzitschiefer. Kalkglimmerschiefer, einzelnen dünnen Hornblende-Gesteinsschichten; bei Zuziehung von 83 M. Rauhwaacke etc. und Moräne . . . 1142	6,800 3,775 14,920	Glimmergneiss (Gurschen-Guspis-Sorescia-Gneiss) mit Glimmerschieferartigen Schichten (z. B. Glockenthürml) ca. 100 M.), gneissartigen (z. B. Sellagneiss ca. 950 M.), Hornblende führendem Gneiss und Hornblendegestein, zusammen ca. 480 M. und Serpentin 440 M., quarzitischem Gneiss 2,315 Felsitiger Glimmerschiefer mit grünen Schiefer, Hornblendegesteinsschichten und Kalkglimmerschiefer 1345 Felsitglimmerschiefer, grüne Granat-Glimmerschiefer mit Schichten von Quarzitschiefer und schwarzem Granatglimmerschiefer; Hornblendegestein . 691 Graue Granatglimmerschiefer mit Quarzitschiefer. Kalkglimmerschiefer, einzelnen dünnen Hornblende-Gesteinsschichten; bei Zuziehung von 83 M. Rauhwaacke etc. und Moräne . . . 1142	2,315 7,417
	7,990		7,990	Glimmerschiefer, incl. 87 M. Rauhwaacke am Südportal . . . 625	3,775 14,920		3,178 14,920
	3,530 15,070		3,530 15,070				

— In vorstehender Zusammenstellung habe ich die auf den einzelnen Profilen verzeichneten Schichten in 4 Gruppen gebracht, welche mir die natürlichsten scheinen. Es ergeben sich dann keine grösseren Differenzen zwischen den Vorprofilen und den Tunnelaufschlüssen, als aus der abweichenden Länge und Höhenlage der einzelnen Projektlinien, dem kleinen Massstab der topografischen Karte, wonach meine Vorgänger arbeiteten, und aus verschiedener Beurtheilung derselben wohl erkannten Schichten erklärlich ist. Die um 200 à 300 M. unrichtige Annahme der Mächtigkeit der Finsteraarhorngesteine ist lediglich auf Rechnung der Karte zu setzen. Die Abweichungen von 200 à 1000 M. in der vorausgesetzten Mächtigkeit der Ursernmulde folgen theils unmittelbar aus der zu gross ausgesetzten Dicke der Finsteraarhorngesteine, theils aus der Schwierigkeit, eine sichere Grenzlinie zwischen Urserngesteinen und Gotthardgesteinen zu ziehen. Hieraus folgt aber weiter, dass auch die Mächtigkeit des Gotthardmassives verschieden ausfallen musste, obwohl auf allen Profilen ziemlich dieselbe Südgrenze an der Oberfläche angenommen ist. Das Profil von 1865 giebt 583 M. zu viel, Giordano's (1872) 573 M. zu viel, v. Fritsch's (1873) 617 M. zu wenig.

— v. Fritsch würde der Wahrheit am nächsten gekommen sein, wenn er nicht den Einfallwinkel der südlichen Grenzlinie des Gotthardmassives von der Oberfläche zum Tunnel ohne Krümmung zu flach ausgezogen hätte. Dadurch verkürzte er das Gotthardmassiv ungefähr ebensoviel, als er die Tessinmulde erweiterte. Die Schichtenmächtigkeit der letzteren stellt das Profil von 1865 ganz richtig dar; Giordano: 352 M. zu gross; v. Fritsch: 597 M. zu gross.

Auf Einzelheiten will ich nicht eingehen, weil die Aufnahme einer geologischen Uebersichtskarte und die Konstruktion eines Profiles in irgend welcher Linie derselben eine andere Aufgabe ist als das Einmessen und Entwerfen eines technischen Profiles, nach bergmännischen Regeln, in abzusteckender Linie. Nur ein paar interessante Punkte seien berührt.

Giordano lässt die Altekircher Cipoline bei 2550 M. v. N. P. beginnen und giebt ihnen eine Mächtigkeit von 130 M.; er setzt ausdrücklich voraus, dass sie wenigstens 300 M. tief hinabsetzen. Nach von Fritsch's Profil würden sie bei 2610 M. v. N. P. vom Tunnel angeschnitten werden. Doch schliesst dieser Geologe aus direkten Beobachtungen, dass die untere Grenze der Kalkschichten des Ursernthales nicht gleichmässig verläuft, wesshalb es ihm sehr zweifelhaft erscheint, ob der 300 M. unter der Thalsohle führende Tunnel diese Gebilde treffen wird (Das St. Gotthardgebiet; p. 106, 150). Ich schloss aus dem fast vertikalen Aufsteigen dieser Bildungen bis zur Furka, 1000 M. über der Andermattener Ebene, dass sie wohl mehr als 300 M. unter dieselbe greifen und vom Tunnel angeschnitten werden würden. (Verhandl. der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft; 1874/75; p. 136.)

Herr Louis Favre rechnete so sicher darauf mit diesen Kalkschichten etc. im Tunnel nichts zu schaffen zu bekommen, dass er mir im November 1873 (in Gegenwart vieler Zeugen in der Post zu Airolo) 10000 Fr. auf ihr Ausbleiben wettete. Anfangs Oktober 1875 wurde mit dem Göschener Richtstollen Cipolin angefahren bei 2593 M. v. N. P. (nach den direkten Aufnahmen der Ausbisse bei Altekirche und Ruestili war er bei 2626 M. fällig.) Nebst dem begleitenden schwarzen Schiefer und Quarzit haben die Cipolinschichten im Tunnel eine Gesamtmächtigkeit von 205 M.

Bei 5200 M. v. N. P. erwartete Giordano Serpentin; von Fritsch desgleichen, 150 M. mächtig, bei ca. 4900 M. Das Serpentinlager von Gurschenbach-Gige wurde zwischen 4870 M. und 5310 M. durchfahren; seine auf Linsenform und Ueberschiebungen beruhende grosse Mächtigkeit konnte von Niemand vorausgesehen werden.

Die Hornblendegesteine des Kastelhorns hätten nach Giordano mit 300 à 400 M. Mächtigkeit bei ca. 6800 M. v. S. P. angefahren werden sollen; nach v. Fritsch bei ca. 6580 M. und zwar 350 M. mächtig. Im Tunnel stehen zwischen 5921 und 6216 S Schichten und ganze dünne (theilweise auf dem Profil nicht angedeutete) Streifen von Hornblendegestein an, welche den am Kastelhorn (bei 7145—7345 S) ausstreichenden zwar entsprechen, aber nicht durch einfache Verschiebung an ihren jetzigen Ort gelangt sind, sondern durch die verwickelte Umstülpung der Gotthard-schichten, zu deren Nachweis ausser Detailuntersuchung der Oberfläche auch die Tunnelaufschlüsse erforderlich waren.

Die auf v. Fritsch's Profil fehlenden Hornblendegesteinsschichten in der Mitte des Guspis-thales, welche im Tunnel kaum bemerklich sind, hat Giordano wohl kräftig angedeutet. Auf irgend welchem Irrthum beruht seine Angabe von Hornblendegestein an der Nordseite des Greno di Prosa (auf Giordano's Profil als Tritthorn bezeichnet); dagegen sind auf beiden Vorprofilen die Hornblendegesteinsschichten weggelassen, welche sich südlich von Greno di Prosa vom

Fortuneipass nach dem Pizzo Centrale ziehen, und vom Tunnel bei 5000 S angeschnitten wurden.

Da Giordano den Glimmergneiss des Gotthardmassives überhaupt nicht gegliedert hat, so konnte er consequenterweise auch den Gneiss vom Sellasee nicht besonders markiren; v. Fritsch hat dies gethan; die Grenzlinien sind bei den manchfachen Uebergängen dieses Gesteines in Glimmergneiss ohne grosse Bedeutung.

Vergebens habe ich nach den amfibolischen Glimmergneisssschichten gesucht, welche sowohl Giordano als v. Fritsch an der Südgrenze des Gotthardmassives verzeichnen. Nur ein paar handbreite Hornblendegesteinsstreifen und ein paar Glimmergneisssschichten mit spärlichst eingestreuten kleinen Hornblendenadeln konnten in der Tunnellinie (über und unter Tag) entdeckt werden.

Im Gebiet der Tessinmulde unterscheidet Giordano 2 Gesteinsgruppen:

Granatglimmerschiefer und «Gneiss scistosi anfibolici», mit Inbegriff der Hornblendegesteinsschichten.

Von Fritsch's Glimmerschiefer, Hornblendeglimmerschiefer und Glimmergneiss entspricht im ganzen unser grauer Granatglimmerschiefer, grüner Granatglimmerschiefer und felsitischer Glimmerschiefer. Die in diesem Gebiet auf v. Fritsch's Profil herausgehobenen Hornblendegesteinsschichten lassen sich neben vielen anderen, im Tunnel und am Tage, wohl erkennen.

Obwohl Giordano's und v. Fritsch's Arbeiten über meinem Lob oder Tadel stehen, so muss ich doch anerkennen, dass mir beide, und namentlich die geologische Karte des letzteren, bei meinen Detailuntersuchungen die besten Dienste geleistet haben. Und im Text zu diesen Karten und Profilen findet man eine Menge theoretischer Combinationen, welche die Tunnelaufschlüsse bestätigt haben.

Verkehrt wäre, auf Uebersichtskarten und Uebersichtsprofilen eine Darstellung aller jener geologischen Verhältnisse zu suchen, deren gründliche Kenntniss allein die technischen Schwierigkeiten eines grossen Tunnelbaues übersehen und beurtheilen lässt. Man tracirt keine Gebirgsbahn nach einer topografischen Karte in 1:50000 und glaubt dennoch oft genug, dass einzelne, nach Augenmaass in eine Handkarte eingetragene, geologische Beobachtungen ausreichen zur Beurtheilung jener Schwierigkeiten, welche, nebst den zu ihrer Ueberwindung disponiblen Mitteln, die Baukosten und Bauzeit eines Alpentunnels bestimmen.

Tunnelbau ist ein Zweig des Bergbaues, desshalb sollten Tunnelbauer Bergbaukunde studiren und lernen.

AIROLO, Juli 1880.

D^r F. M. STAPFF.



Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Neuere Literatur 1. Konstruktion des Profles 2.

Aeussere Erscheinungen.

Gruppierung.

Finsteraarhornmassiv. Göschener Thalstufe; Gletscherspuren; Erosion durch die Reuss; Gneisseinlagerung; Glimmerschiefergänge 4. Gneissgranitplatten; Sekundäre Schieferung; Verklüftung 5.

Ursernmulde. Südgrenze; Contouren; Strandlinie; Gletscherspuren; Anstehende Gesteine 5. Runsen entlang Spalten; Quellzüge 6.

Gotthardmassiv. Südgrenze; Topographische Gliederung 6. Ihre Grundzüge durch Aufbrechen und Überschieben der Schichten bedingt; Ausmodelliren durch Erosion. Antiklinalen und Synklinalen; Verwerfungsspalten 7. Quellgebiete 8. Erosion durch Meer, Gletscher, rinnendes Wasser; Strandlinien 9. Gletscher 10. Erosionswirkung fliessenden Wassers 12. Gesteine 13.

Tessinmulde. Begrenzung und Bau; Anstehende Gesteine 14. Am ausgehenden ungekippte Schichten; Gletscherspuren; Terrassen eines ehemaligen Binnensee's 15. Erosion durch fliessendes Wasser; Schuttkegel; Culturschicht auf verwaschenen und geschichteten Ablagerungen 16.

Tunnelaufschlüsse.

Finsteraarhornmassiv. Gesteine; Gneissgranit; Constituirende und accessorische Mineralien; Struktur; Gneiss 17. Schollen von feinkörnigem Gneiss; Euritgänge; Glimmerschiefergänge 18. Drusengestein; Mineralien 19. Lagerungsverhältnisse 20. Wasserzuflüsse 21.

Ursernmulde. Gesteine; Cipolin; Zusammensetzung; Grafit und Organismen. Accessoria; Mechanische Störungen; Reibungsbreccie; Schwarzer Schiefer von Altekirche; Organismen; Zerquetschte Quarzeinlagerungen; Sericitschiefer 22. Constituirende und accessorische Mineralien; Quarzitishe und phyllitische Einlagerungen; Quarzgänge und Mineralvorkommnisse; Quetschung und Zersetzung. Schwarzer Schiefer der Oberalpstrasse 23. Mineralien; Eingeschaltete Schichten von Gneiss, Quarzit, Verrucano; Mechanische Störungen; Urserngneiss; Quarzeinlagerungen; Zerrüttete und zersetzte Gesteinsstreifen 24. Accessoria; Grobkörniger, gewöhnlicher, quarzitischer, graugrüner Urserngneiss; Phyllitische Schichten; Gänge von Eurit, Quarz, Glimmerschiefer; Krystalldrusen und ihre Mineralien; Gewellte und geknickte Schichten; Urserngneiss zwischen den schwarzen Schiefen der Oberalpstrasse und dem Gotthardmassiv 25. Schichtenbau der Ursernmulde 26. Zusammenfaltung gleichzeitig mit der Emporschiebung der Finsteraarhorngesteine; Lettliche Verwerfungsspalten spätern Datums; Beispiel: Spalte des Köhlergrabens im Tunnel bei 2783; Wasserzuflüsse 28.

Gotthardmassiv. Constituirende Mineralien der Gneissreihe; Accessoria; Sellagneiss 28. Gewöhnlicher, heller, quarzitischer; Fibbiagneiss; Granit; Gneissartige Schichten des Glimmergneisses 29. Glimmergneiss; Dichter Gneiss 30. Glimmerschieferartiger Glimmergneiss; Vertheilung der accessorischen Mineralien 31. Zerrüttete und zersetzte Schichten; Hornblendegesteine; Accessoria derselben; Giltstein 32. Einlagerungen von Quarz, Eurit, Pegmatit. Krystalldrusen; Mineralvorkommnisse 33, 34. Serpentin 34. Bestandtheile und Accessoria; Struktur; Zersetzungsprodukte; Festigkeit 35. Vergleich der Gesteine aus Finsteraarhornmassiv, Ursernmulde, Gotthardmassiv. Schichtenbau des Gotthardmassives; Faltungen; Verwerfungen 36, 37, 38, 39. Spätere Zerrüttungen und Zersetzung; Schlechte Parthieen; Bau der Serpentineinlagerung 39. Entstehungsweise derselben 40. Résumé betreffend den Bau des Gotthardmassives. Ideelle Rückbiegung der Schichten in ihre ursprünglich horizontale Lage; Mächtigkeit der Schichten des Gotthardmassives 41. Wasserzuflüsse 42, 43.

Tessinmulde. Eintheilung; Dolomitzone; Dolomit; Rauhkalk 43. Dolomitische Asche; Breccie; Quarzit; Glimmerschiefer. Constituirende Mineralien der 3 folgenden Abtheilungen 44, 45. Accessorische Mineralien 46. Grauer Granatglimmerschiefer; Hornblendeglimmerschiefer; Hornblendegesteine 47. Kalkglimmerschiefer; Quarzitschiefer; Accessorien; Grüne Glimmerschiefer und Quarzitschiefer; Schwarzer Glimmerschiefer; Hornblendegesteine 48. Felsitischer Glimmerschiefer; Quarzitschiefer; Hornblendegesteine; Kalkglimmerschiefer; Quarzgänge; Mineralvorkommnisse 49, 50, 51. Parallelisirung der Gesteine der Ursernmulde und Tessinmulde; Vertheilung der Gotthardmineralien; Schichtenbau der Tessinmulde 51, 52. Störungen desselben 53. Wasserzuflüsse 54, 55.

Schluss.

Résumé 56.

Zusammenstellung der veröffentlichten geologischen Gotthardprofile.

Tabelle. Vergleich der Vorprofile mit den Tunnelaufschlüssen 57, 58, 59.

PROFIL GÉOLOGIQUE DU ST GOTTHARD

dans l'axe du grand tunnel.

établi pendant la construction (1873-1880)

par

M. LE D^r F. M. STAPFF

Ingénieur-Geologue de la Compagnie.

Echelle 1:25000

GEOLOGISCHES PROFIL DES ST GOTTHARD

in der Axe des grossen Tunnels

während des Baues (1873-1880) aufgenommen

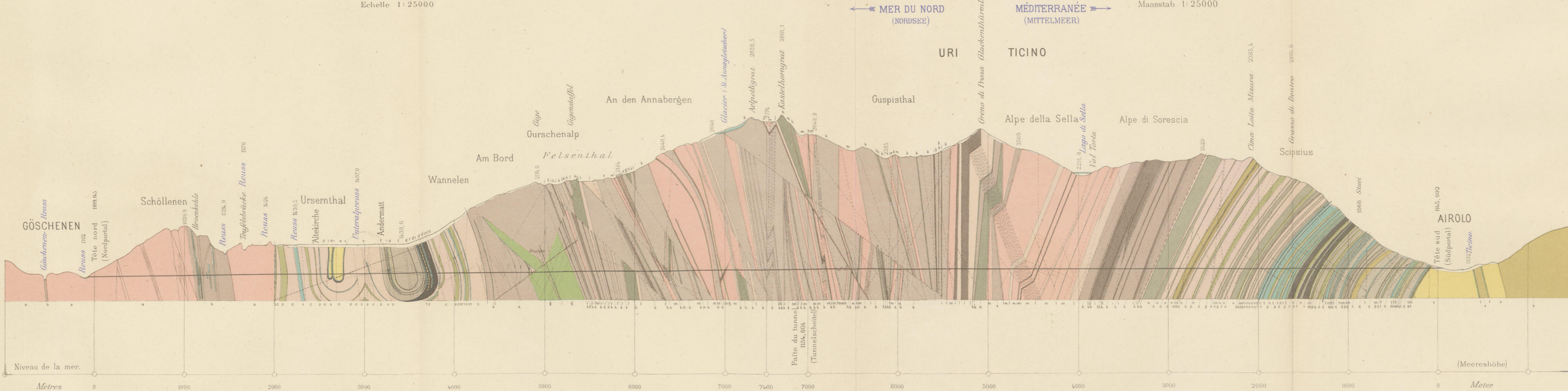
durch

D^r F. M. STAPFF

Ingénieur-Geolog der Gesellschaft.

Maasstab 1:25000

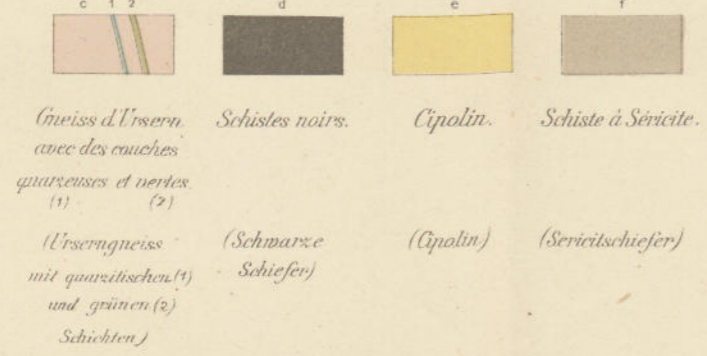
MER DU NORD (NORDSEE) MÉDITERRANÉE (MITTELMEER)



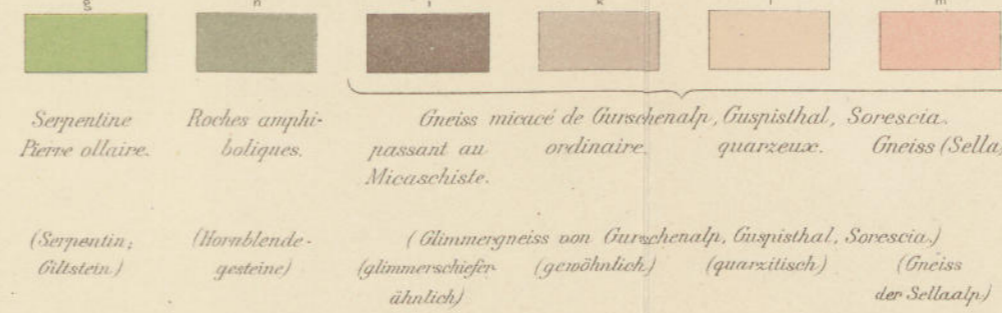
MASSIF DU FINSTERAARHORN. (FINSTERAARHORNMASSIV)



BASSIN D'URSERN. (URSERNMULDE)



MASSIF DU GOTTHARD. (GOTTHARDMASSIV)



BASSIN DU TESSIN. (TESSINMULDE)

