

Geologische Verhältnisse des Albula-Tunnels

Autor(en): **Tarnuzzer, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden**

Band (Jahr): **46 (1902-1904)**

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-594715>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Geologische Verhältnisse des Albula-Tunnels.

Von Dr. Chr. Tarnuzzer, Chur.

Mit einem geologischen Längenprofil 1 : 10,000 und einem Lokalprofil.

Nach mehrmaligen Besuchen im Nord- und Südstollen des Albulatunnels, welche mir die Bauleitung der „Rhätischen Bahnen“ zum Zwecke geologischer Untersuchungen 1900 bis 1903 ermöglicht hat, sowie nach Durchmusterung des gesamten, systematisch gesammelten, dem „Rhätischen Museum“ eingesandten petrographischen Materials bin ich im stande, in Kürze folgendes Bild der geologischen Verhältnisse des Albulatunnels zu entwerfen.

Das durch die Tunnelbaute erschlossene geologische Längenprofil zwischen dem obersten Albulathal und Val Bevers mit der Granitkette der Piz Giumels (2785 m) weist, von W nach O fortgeschritten, nachfolgende Gesteinskomplexe dar, denen zum Vergleiche die von Herrn Prof. *Heim* vorausbestimmten, freilich für ein anderes, früheres Tunneltracé berechneten Werte beigegeben sein mögen:

Albulatunnel = 5866 m.

	In Wirklichkeit:	Geologisches Profil Prof. Heim:
1. Kalkschiefer- und Mergel	1097 m.	bis 1100 m.
2. Zellendolomit	111 m.	„ 70 m.
3. Casannaschiefer	52 m.	„ 50 m.
4. Albulagranit	4346 m.	„ 4400 m.
5. Grundmoräne	92 m.	„ —
6. Granitschutt	168 m.	„ 240 m.
	5866 m.	5860 m.

I. Die Schieferserie.

Dieselbe, die einförmigste Strecke des ganzen Profils, macht mehr als $\frac{1}{5}$ des letztern aus. Die Kalkschiefer und -Mergel der Bergün-Predaseite, wegen ihres Mangels an Versteinerungen nach Alter nicht genauer bestimmbar, wahrscheinlich der *Trias* zugehörig, zeigten sich in Konsistenz und Zusammensetzung fast endlos wechselnd; im Ganzen war es meist dunkles oder graues, weiches und dünnschieferiges, kalkig-thoniges und thonig-kalkiges Material, das auch mit reinern Kalksteinen abwechselte und durch Druckschieferung (Cleavage) häufig in griffelförmige Stücke zerfiel. In den weichsten Partien der Serie musste gepickelt werden. Streichen der Schichten an der Pischotta neben dem Eingang in den Tunnel und in der ersten Tunnelstrecke W-O, Fallen 15—20° S. Das Fallen wechselte lokal sehr häufig und verwandelte sich gegen die Ostgrenze hin in nahezu N (muldenartiger Bau der sedimentären Gesteinszone). Hier erschienen immer mehr kompaktere, helle Kalkschiefer und Kalksteine; die zahlreich aufgedeckten Kerne der lokalen Falten enthielten nicht selten mehrere Fuss mächtige Lagen und Nester von Kalkspath und Quarz. Von ca. 700 m an schneidet das Streichen der Schichten die N-S-Linie der Magnetnadel in spitzem, dann in rechtem Winkel; in etwas über 1000 m ist das Streichen im Winkel von 45° zur Tunnellinie gerichtet.

Von *Mineralien* zeigten sich nur Kalkspath, Quarz (beide in Adern, Lagen, Nestern und Linsen), viele Schwefelkieskrystalle und zahllose Häute und Ueberzüge von Graphit. Das Gestein war meist von kohligter Substanz massenhaft durchsetzt, daher die Farbe vorherrschend eine dunkle blieb. Der grösste Tagesfortschritt in der Schieferserie war 3,6 m.

Die im Stollen erscheinenden *Quellen* waren oft stark gypshaltig (bis zu 1 gr. auf 1 Liter). Der Wasserzudrang begann bei ca. 600 m, vom Nordportal an gerechnet, stärker zu werden; bei 112 m = 1,5 Sekunden-Liter, in 964 m = 66, dann 74 und 86 Sekunden-Liter (10 und 11 April 1900); in der wasserführenden Schicht bei 1005 m stieg das Quantum plötzlich, so dass am 12 April über 300, am 13 April 300 Sekunden-Liter am Tunnelportal gemessen wurden. Es ging am 14 auf 206,

am 15 April auf 150 Sekunden-Liter zurück. Man hat beobachtet, dass eine starke Quelle mit Brunnen auf der rechten Seite der Albulastrasse hinter und über dem Tunneleingang von Preda versiegte, ebenso standen *vor* dem Anschnitt der am stärksten wasserführenden Schichte in 1005 m erst in der Mulde, dann am Terrainrücken von Palpuogna mehrere Quellen ab. Die gewaltige Wassermasse vom 12 April 1900 kam offenbar aus den Schichten des zwischen den Mulden von Preda-dadaints und Palpuogna-Crapalv gelegenen Terrainrückens, aus einer Gegend, wo dieser Rücken in die letztgenannte Mulde übergeht. Ihr Erscheinen kann wohl nicht in Beziehung stehen zum Becken des Palpuogna-See's, da der Stollen in jener Gegend, etwa 200 m vom See entfernt in der Tiefe hinführend, damals schon über das Seebecken und den Einfluss der Albula hinein verlängert worden war. Es ist auch nicht leicht anzunehmen, dass der Palpuognasee, obwohl sein Untergrund grösstentheils die Untere Rauhewacke (Zellendolomit) ist, Wasserstränge in die Bergestiefe entsenden könnte, da der Boden durch den eingeschwemmten Flussschlamm als stark verstopft und ausgebettet angenommen werden darf. Es wird zwar behauptet, der Spiegel des Palpuognasees habe seither abgenommen, doch sind Messungen hierüber, sowie über das frühere und jetzige Verhältniss der einflussenden und den See verlassenden Wassermenge der Albula nicht angestellt worden. Die Temperatur der stärksten Quelle in der Schieferpartie war nur 6° C.

II. Zellendolomitpartie.

Die *Untere Rauhewacke* der Unteren Trias (Zellendolomit) erwies sich bedeutend mächtiger, als man erwartet hatte und brachte enorme Schwierigkeiten. Das gelbe, poröse bis löcherige, teilweise auch kompakte und sehr stark zerklüftete Gestein, das Kalkspath-Adern und -Linsen und häufig Lagen und Einschwemmungen von Lehm enthielt, wurde um so weicher und zerklüfteter, je weiter man vordrang und ging bei starkem Wasserzudrang in eine breiige Masse über. Die tuffartigen

Partien des Zellendolomits enthielten Trümmer von grünem Granit. Die *Wassermenge* stieg stetig von 210 auf 230 Sekunden-Liter (in 1197 m), im Maximum auf 290 Sekunden-Liter, am Portal gemessen. Sie ging dann bei 1200 m wieder auf 210 Sekunden-Liter zurück. Von 1201 bis 1207 m blieb man immer im Geröll und Schlamm. Von allen Seiten drang das Wasser ein; es gab gewaltige Sandspühlungen, deren eine einer grossen Spalte des Zellendolomits entstieg und stossweise auftrat. Der Stollen wurde von ihr auf 150 m Länge aufgefüllt; man musste die Spalte mittelst eines Parallelstollens u. z. z. u. und unter ungewöhnlichen Schwierigkeiten wurden Gewölbe und Widerlager in der letzten Zellendolomitpartie (1200—1213 m) erstellt. Schlämmungen des Materials der *Sandspühlungen* ergaben Gerölle, Fragmente und Sande, auch des feinsten Kornes von: Albulagranit, hellem und grünem Quarzit, Triaskalk und -Dolomit, Fragmenten der Schieferserie, Zellendolomit, Lehmknollen, Thonschlamm, Krystallen und Körnern von Schwefelkies, Roteisenerz etc. Im Schlamm war auch viel grösseres Geröll.

III. Casannaschiefer.

In 1207,6 m Stollenlänge traf man endlich den Casannaschiefer, der mit seinen schwarzen thonigen, sericitischen oder glimmerigen, auch hornblendigen oder chloritischen Schiefeln an so vielen Stellen Graubündens das Derivat der ältesten Schichten, der Glimmerschiefer, Gneisse und Hornblendeschiefer darstellt. Die mir vorgelegenen Proben von Casannaschiefer bestanden aus schwarzem, kalkigem Thonschiefer mit vielen Schwefelkies-einsprenglingen und gequetschtem Quarz und zeigten oft starke innere Zertrümmerung und Verruschelung, ferner aus grau-grünem, krystallinischem und thonhaltigem Gestein, stark geschiefert, gneissartig, mit Schwefelkies und gequetschtem Feldspath und Quarz (z. B. bei 1260 m). Zuerst war der Casannaschiefer dünn geschichtet und führte viel Wasser (man mass am Nordportal noch 210, 220, 240 Sekundenliter), dann zeigte er sich härter und kompakter, und von 1220 m an hörte der Wasser-

zudrang ganz auf. Der dunkle Casannaschiefer brauste, mit Säure betupft, stark auf, während die Thonschiefer und Mergel der ersten Gesteinsserie bei Preda das nicht oder nur in geringem Grade zeigen. Der grünliche, feste Casannaschiefer am Granitrande reagierte auf Säuren nicht. Das Streichen des Casannaschiefers am Granitmassiv war W-O, mit geringer Abweichung gegen N gerichtet.

IV. Granitische Serie.

Am 25 August 1901 erreichte man von Norden her in 1260 m den Albulagranit, jenes herrliche, für die Bohrung mittelst Brandt'scher Bohrmaschinen und Sprengung im allgemeinen günstige Gestein, das über $\frac{3}{4}$ des gesamten Längensprofils ausmacht. Im Beginn zeigte er sich von gneissgranitischer und selbst gneissartiger Beschaffenheit, was sich aus der Pressung, die das Massiv durch den Gebirgsdruck erlitten, erklärt. Der Albulagranit, gegen das Albulapassthal steil N abfallend, ist ein prachtvolles grünes Gestein, das aus glasigem Quarz, Orthoklas und grünem Plagioklasfeldspath, braunem Magnesiaglimmer und etwas Hornblende besteht und sehr hart, massig, kompakt und fest ist. Er ist vielfach epidotisirt und enthält viele Quarzitlagen von heller, grüner oder kirschroter Farbe, oft bis zu 1 m Mächtigkeit und darüber. Er wechselt ausserordentlich häufig nach Korn und Farbe, und viele seiner Varietäten durchschwärmen als 0,1, 0,2 bis mehrere m mächtige Gänge das Hauptgestein, aplitische und porphyrische in grosser Zahl und Mannigfaltigkeit. Das Gestein verhielt sich gegen Sprengung vortheilhaft, als grobkörniger Granit sowohl, als in den stark gepressten, gneissartigen Partieen mit förmlich schieferiger Ausbildung und wellenförmiger Struktur zwischen den Klüften und Rutschflächen, und endlich in den harten porphyrischen Partien, die im Tunnel sehr häufig enggeklüftet und durch den Gebirgsdruck bearbeitet erschienen. Denn auch die vielen Porphyrabänderungen im Granit waren meist gedrückt und gequetscht, die ursprüngliche Lage der Gänge und Stöcke wurde

verwischt, (echte Eruptivgänge infolge der Stauung zu Dislokationsgängen geworden); häufig erschienen Partien an den Kluft- und Rutschflächen durch den Gebirgsdruck ganz zermahlen und bei Zutritt von Feuchtigkeit und Wasser in einen förmlichen graugrünen Brei verwandelt. Die Granitsubstanz war oft innerhalb ganzer Zonen gepresst und verändert, während hart daneben der Albulagranit in typischer Ausbildung vorhanden erschien. In den gepressten Zonen sind daher grosse Stollenfortschritte möglich gewesen, da das Gestein vielfach weicher war, als man sich vorgestellt hatte und sich auch durch seine Schieferigkeit für das Bohren günstig erwies. Auch der enggeklüftete Granitporphyr war für das Sprengen ergiebig. Der grösste Tagesfortschritt als Mittel eines ganzen Monats in der granitischen Serie war, für blos 1 Stollen betrachtet, 7,28 m.

Obwohl das Gestein nach allen Seiten gerichtete Klüfte und Ablösungen zeigt, konnte man manchmal auf grösseren Strecken eine ziemlich einheitliche Klüftung nachweisen, so z. B. WNW-OSO; sie änderte sich aber in ca. 2000 m in N, dann in NNO. Auf der Südseite hatte man in 950 m vom Portal von Spinass weg NW-SO und eine Klüftung, welche die vorige im Winkel schnitt (N-S); zuerst war hier die letztere vorherrschend gewesen. In 2150 m strich eine fast spiegelglatte Schubfläche, bei steilem Einfallen zur Tunnelaxe 30 m weit im Stollen sichtbar, von W nach O. Bei ca. 2200 m war die Hauptklüftung im Südstollen SSW-NNO gerichtet. Das Zusammentreffen der beiden Stollen erfolgte in 3031,5 m N / 2834,5 m S.

Im Süden wurde der Albulagranit in einer Entfernung von 260 m vom Portal Spinass weg getroffen. Er blieb im Allgemeinen sehr hart bis ca. 1300 m der Tunnellänge, aber bis dahin gab es, ähnlich wie auf der Nordseite, Abänderungen des verschiedensten Kornes (Granitporphyr, Porphyre und Aplite) und Druckspuren des Gesteins, die später häufiger und intensiver wurden. In 1057 m S wurde eine ca. 10 m mächtige Lage von rötlichem Granit angebohrt, ebenso in 1450 und 1550 S, in welchem neben dem grünen Plagioklas fleischrote Orthoklaskristalle neben gelbgrünen Epidotschnüren erschienen — ein höchst interessantes, prächtiges Gestein! Oft wies der Granit

partieen- oder nesterweise stark vermehrten Magnesiaglimmergehalt auf. Porphyre und Aplite erschienen, wie im Nordstollen, in zahlreichen Gängen, auch gestörten, verworfenen, mit Sprunghöhen bis 0,2 m und darüber.

In 1931 m S grosse Ueberraschung für die Techniker und Geologen: mitten im grünen Albulagranit erschien auf 65 m Länge ein Fetzen von dunkelm *Thonschiefer, Mergeln der Trias*, wie man sie auf Predaseite in einer Länge von 1097 m (mit Kalksteinen) zu durchstechen hatte. Die petrographische Beschaffenheit, wie das Verhalten des Gesteins gegen Säuren erwies durchaus die Zugehörigkeit zum Triasmergel von Preda und nicht etwa zum Casannaschiefer. Der Thonschiefer und Mergel enthielt ebenfalls Quarz, Kalkspath und Graphit. Die lokalen Verhältnisse dieser Einpressung von Sediment mitten im krystallinen Massiv zeigten zuerst zwei schmale abgeschürfte Mergelfetzen, die rechtsseitig (beim Hineingehen) zur Stollensohle herniederreichten und zwar der erste Fetzen völlig isolirt im Granit, während in 2 m Entfernung ein etwas breiter hereintragender Streifen sich gegen die Stollendecke zu umwandte und zu einem kleinen Faltengewölbe sich aufbog, bis der Mergel kurz darauf im Sohlstollen gänzlich herrschend wurde bis zu 1996 m der Tunnellinie. Die ersten Schieferfetzen schnitten die Tunnellinie im Winkel von ca. 50°. Das Streichen der Schichten war jenseits des kleinen Gewölbes bei einem Einfallen nach S bis SSO von W nach O gerichtet. Man konnte die schönsten Handstücke erhalten, in welchen beide Gesteine — Schiefer und grüner Albulagranit — zusammengepresst und ineinander verknüpft erschienen. (Vgl. Fig. 2 der Profiltafel.)

Dieser vom Granit vollständig eingehüllte Mergelfetzen, ca. 700 m unter der Gebirgsoberfläche im Tunnel auftretend, muss beim Aufsteigen des Granits aus der Tiefe als Sedimentrest vom Rande des jetzigen Massivs abgeschürft, in den Granit hineingepresst und mit ihm durch den Gebirgsdruck bearbeitet worden sein: der Albulagranit wäre demnach wahrscheinlich *spättriassischen Alters*. Der Gesteinswechsel von Granit und Triasmergeln vollzog sich ohne Wasserzudrang; das letztgenannte Gestein ist in der Granitserie des Tunnels nicht mehr aufgetreten.

Von *Mineralien* fanden sich im Granitmassiv neben den drei wesentlichen Bestandtheilen des Gesteins Hornblende, Chlorit, Schwefelkies und besonders reichlich Epidot, Quarz und Calcit, letzterer in schönen Drusen mit halbdurchsichtigen Krystallen mannigfacher Formen und Combinationen (Prisma, verschiedene Rhomboëder beider Stellungen, Scalenöeder und Basisfläche) auf Klüften des Gesteins. Die so reichen und häufigen Calcitadern und -Häute, die Calcitkrystalle in Drusen auf Klüften, durch die innere Verwitterung des grünen Plagioklases entstanden, deuten uns an, dass der letztere von stark basischer Zusammensetzung sein muss. Mit Calcit kam im stark zersetzten Gestein in 1950 m S auch grüner und violetter Flusspath vor.

Ich gebe in Folgendem die von mir in den beiden Stollenstrecken des Albulatunnels gemachten Beobachtungen über *Abänderungen und Verhältnisse des Granits* wieder und füge denselben die Resultate bei, welche ich bei der Betrachtung der systematisch gesammelten Gesteinsserie im Rhätischen Museum erhielt.

a) *Nordstollen:*

- m 1260. Granit gepresst, in 1270 m porphyrisch.
- m 1290. Grüner Quarzit.
- m 1305. Granit typisch, dann feinkörniger, mit feinen Klüften.
- m 1400—1430. Gestein quarzporphyrisch entwickelt, graugrün und kirschrot, mit viel Epidot und Quarz; Rutschflächen (Harnischflächen) mit Epidot überzogen.
- m 1500. Granit grau; der helle Feldspath schwach rötlich bis braunrötlich; Gestein weicher, mit kleinen Muscovitblättchen.
- m 1557. Granit grün, in der Härte ähnlich dem vorigen, etwas gepresst.
- m 1591. Granit typisch, grün.
- m 1600 und darüber, bis gegen 1800 m. Granit, gepresste Struktur zeigend, partienweise mit Ausscheidungen von dunkeln Glimmer als kleine Blättchen in 3–5 mm dicken Lagen im Gestein. Die Glimmerblättchen lagen meist nicht parallel zur Pressfläche, sondern im spitzen Winkel dazu.

- m 1800. Granit typisch, hart, mittelkörnig, oft an stark gepresste Gesteinslagen grenzend. Sehr starke Klüftung bei 1810—1820 m, mit Wasserzufluss von 4—5 Sek.-Liter. Weiter porphyrische Ausbildung des Gesteins, sehr hart, kleinklüftig.
- m 1870. Typischer Albulagranit, dazwischen vielfach porphyrische Struktur; Gestein ziemlich stark deformiert, weiter hinten gepresst und verknetet, mit verruscheltem Material auf den Klüften und Rutschflächen. Vielfache Ausscheidungen von Calcit und Quarz.
- m 1941. Granit weicher, dunkelgrün, stark gepresst.
- m 1960. Granit vielfach verruschelt und gequetscht; dazwischen grössere Strecken grobkörnig, mit Krystallen von Schwefelkies. Manche Gesteinslagen ganz dunkel, zerrieben.
- m 2000,6. Granit weich, dunkel, stark gepresst.
- m 2100 und darüber hinaus: Granit wieder typisch, lebhaft grün.
- m 2150. Granit mittelkörnig, typisch entwickelt, mit Ausscheidungen von 2—5 cm dicken Adern und Lagen von Quarz.
- m 2217. Granitsubstanz auf Klüften zerrieben und verruschelt, die Feldspäthe zu einer grau-grünen Masse von unreiner Porzellanerde verwittert.
- m 2234. Granit mittelkörnig, dunkel gefärbt.
- m 2310. Granit typisch, grobkörnig, mit zartgrünem Plagioklas.
- m 2350—2370 und darüber: Gestein porphyrisch, graugrün, polyëdrisch zerklüftet, auch mittel- und grobkörnig und in solcher Abwechslung anhaltend bis zu 2400 m. Die grobkörnigen Komplexe mit grossen Quarzkörnern und gequetschten Feldspäthen.
- m 2405. Granit mittelkörnig, weicher, mit viel dunkelm Glimmer.
- m 2508. Granit typisch, lebhaft grün, mit sehr viel Plagioklas.
- m 2601. Granit ähnlich, aber ziemlich deformiert.
- m 2607. Porphyrgang, grauweiss, weiss und grünlich, mit kleinen hellen Orthoklaskrystallen, stellenweise wie ein Quarzitgang aussehend. Vor m 2700 ziemlich grobkörniger Granit, gepresst.

- m 2700. Granit polyëdrisch zerklüftet; in 2705 m dunkel, fleckig, mit Adern und Linsen von Quarz und Calcit, mittel- bis grobkörnig, stark gepresst und deformirt.
- m 2750. Granit mittel- bis grobkörnig, typisch, mit viel milchweissem Quarz, kompakt, hart.
- m 2800. Granit heller, gepresst und deformirt, mit Streifen von Calcit, weicher.
- m 2850. Granit lebhaft grün, grobkörnig, mit viel milchweissem Quarz, zuerst in kleinern gequetschten Körnern, dann als Linsen im Gestein.
- m 2900. Granit feinkörniger, dunkelgrün, etwas gepresst, mit gestreiften Schubflächen. Er wird dann mittelkörnig und ist zum Theil stark geschiefert und gepresst; zwischen lebhaft grüngefärbten Komplexen stehen graugrüne derselben.
- m 3000,3. Granit lebhaft grün, mit viel Magnesiaglimmer, partienweise stark gepresst.
- m 3031,5. *Durchbruchstelle.*

b) *Südstollen:*

Hier arbeitete man, den Granit in 260 m treffend, lange in viel härterm (grob- und mittelkörnigem, sehr festem) Gestein als am Nordrande des Granitmassivs (s. o.). Zuerst aber erschien der Granit hinter Spinus noch stark verwittert.

- m 303. Der Granit beginnt fest und hart, grobkörniger zu werden.
- m 394. Granit typisch, lebhaft grün, mit viel Quarz.
- m 500 und 600. Granit typisch entwickelt.
- m 700. Granit feinkörnig, sehr hart.
- m 812. Spuren von Pressung treten auf; die dunkeln Glimmerblätter beginnen sich mehr in die Parallellage anzuordnen.
- m 900. Granit mit Druckspuren und reichem Glimmergehalt.
- m 995. Granit typisch, im Kontakt mit hellem Granitporphyr und Aplit.
- m 1057. Granit mit fleischrotem Orthoklas und grünem Plagioklas, 10 m andauernd. Das prächtige Gestein war

- partienweise stark mürbe, und diese Eigenschaft steigerte sich in 1067 m, wo der Biotit sich häufig teilweise in Chlorit zersetzt zeigte.
- m 1100—1200. Gestein kleinklüftig, feinkörniger, graugrün, bei 1200 m mittelkörnig, mit viel Quarz, lebhaft grün.
- m 1270. Porphyry, grau und grünlichweiss, als Ganggestein. In 1290 m ähnlich gefärbter Quarzit mit Uebergängen in dichten Porphyry, aber auch in gepressten Granit und Quarzporphyry.
- m 1300. Granit typisch, mittel- bis grobkörnig, mit Harnischflächen der Klüfte, kompakt. hart. In 1350 m gefleckt, mit mehr Magnesiaglimmer und Hornblende, grobkörnig, sehr quarzreich, kompakt und hart.
- m 1400. Noch quarzreicher, wieder stärker grün werdend; bei 1423 m kirschrot und grün, weicher, gepresst; daneben typischer, grobkörniger Granit.
- m 1450. Granit mit rosa- bis fleischrotem Orthoklas und grünem Plagioklas (s. o.).
- m 1500—1550. Granit mittelkörnig, typisch, grün, sehr hart, mit Gängen von Porphyry und Aplit von 1—2 dm. Mächtigkeit, Gänge verworfen, mit Sprunghöhen von 1—2 dm.
- m 1550. Granit lebhafter grün, mittelkörnig, sehr hart und kompakt; der Orthoklas wird manchmal schwach fleischrötlich.
- m 1600. Granit feinkörniger, porphyrisch, graugrün, hart, auch etwas gestreckt, mit reichlichen Beimengungen von dunklem Glimmer und Hornblende. In 1635 m mittelkörnig, mit viel Quarz, sehr hart.
- m 1650. Granit etwas feinerkörnig, dunkler, mit Schwefelkieskrystallen und vielen Adern und Schmitzen von Epidot.
- m 1700. Granit etwas gepresst, mit Adern und Schnüren von Epidot; der Orthoklas grauhell, auch schwach rötlich.
- m 1750. Granit lebhaft grün, aplitisch, mit wenig Quarz, enggeklüftet.
- m 1790. Quarzit und gequetschter grüner Granit, mit dunklern mürben Lagen dazwischen, durch Wasser aufgeweicht. In 1800 m stark gepresst und deformirt, mit sehr

- wenig Quarz, kleinen Muscovitschüppchen und 2 bis 3 cm. dicken Lagen oder Adern von Quarz.
- m 1850. Granit noch stärker gepresst, grau- bis bläulichgrün, geknetet und gestreckt, mit Glimmer wie vorhin.
- m 1900. Granit feiner- bis mittelkörnig, grün, mit Pressungserscheinungen; viele bedeutende linsenartige bis unregelmässige Ausscheidungen von Quarz.
- m 1931—1996. *Eingeklemmter Thonmergel der Trias* (s. o.). In 2000 m typischer, mittelkörniger, grüner Granit.
- m 2050. Granit dunkel-grüngrau, mit grossen Quarzkörnern und Epidotadern, Rutschflächen und Pressungserscheinungen, grobkörnig.
- m 2100. Granit von ähnlicher Farbe, porphyrisch, stark gepresst, mit Rutschflächen. Aehnlich in 2150 m, aber etwas gröber.
- m 2200. Granit mittelkörnig bis porphyrisch, grünbläulich, mit 1 cm. dicken Adern von ausgeschiedenem Feldspath und Quarz.
- m 2300. Granit mittelkörnig, z. Th. stark gepresst und förmlich geschiefert.
- m 2350. Porphyrgang von grauer Farbe, mit etwas Schwefelkies. Nach 10 m Granit von mittlerem und wieder feinerem Korn, wenig gepresst.
- m 2400. Mittelkörniger, quarzreicher Granit, gestreckt, gepresst, sehr hart, graugrün.
- m 2500. Granit feinkörnig, graugrün bis grün, etwas gepresst und gestreckt. Aehnlich in 2550 m, aber heller, mit grösseren Quarzpartieen, diese oft streifig angeordnet, wie im Gneiss, mit Pressungserscheinungen, geklüftet.
- m 2630. Granit typisch, mittelkörnig, grün, mit Calcitausscheidungen auf den Klüften.
- m 2700. Granit feinerkörnig, heller, mit viel Quarz, von streifigem Ansehen. Bei 2728 m ganze Nester von stengeligem Quarz, mit silberglänzenden Muscovitblättchen und grauer bis grüner Feldspathsubstanz. Bedeutende Ausscheidungen von Magnesiaglimmer in dicken Krystallblättchen. Granit sehr grobkörnig.

- m 2740. Granit typisch, mittel- bis grobkörnig.
 m 2800. Granit ähnlich, lebhaft grün, sehr kompakt, grossklüftig, mit Schwefelkies.
 m 2830. Granit grobkörnig, sehr kompakt.
 m 2834,5. *Durchbruchstelle.*

Während der Nordstollen im Albulagranit bis 1810 m trocken blieb, trat von da an eine Anzahl *kleiner Quellen* zum Vorschein, die jedenfalls der sumpfigen Mulde innerhalb Albulaweissenstein mit ihren kleinen Bergseen entsprangen: in deren Nähe führte in der Tiefe der Stollen hin. Im Südstollen flossen zur Zeit, da man den Granit anschnitt, nur 8 Sekunden-Liter Wasser aus, in 923 m 14, in 1036 m 45, in 1811 m 60, in 2241 m 70, in 2834 m (Durchschlagstelle) 97 Sekunden-Liter, am Tunnelportal gemessen. Eine sehr starke Quelle erschien in der gequetschten Granitpartie von 1300—1360 m S.

V. Grundmoräne und Granitschutt.

Auf der Strecke 168—260 m vom Südportal von Spinas-Bevers an bewegte man sich in der *Grundmoräne* des alten Beversgletschers, aus festem Lehm mit eckigen, z. Th. geschrämten Geschieben bestehend. Das Material, in welchem natürlich die Arbeit des Pickels waltete, war sehr fest gedrückt und immer vollständig trocken; es hielt in den steil angebrochenen Wänden fest wie Fels. 168 m hinter dem Tunnelportal ward es vom *Granitschutt* abgelöst, der auf dieser ganzen Strecke schwierige Verhältnisse darbot. Es war mit erratischen Blöcken gemischter *Trümmer- oder Gehängeschutt*, der mit Sandpartieen wechselte. Auf dieser Strecke erfolgten mehrere gefährliche Einstürze, der grösste in 110 m, als man sich etwa 25 m unter der mit Schutt überführten Oberfläche befand. Wo man auf grössere Felsblöcke stiess, erschienen kleinere *Wasseradern*; vorher war das Quantum noch geringer, bei 112 m nur 1,5 Sekunden-Liter.

Gesteins- und Quellentemperaturen im Albulatunnel.

Wenden wir uns zum Schlusse noch zu den Gesteins- und Quellentemperaturen im Tunnel. Herr Ingenieur *R. Weber* in *Preda* bestimmte die Gesteinswärme in einem Bohrloche des Stollens bei 2200 m Horizontaldistanz vom Südportal weg aber erst *nach dem Durchschlag* des Stollens. Sie betrug unter diesen Verhältnissen nur $11,25^{\circ}$ C. Bei 2300 m S, demjenigen Tunnelpunkte, der unter der Maximalgebirgshöhe des Tunnels liegt (2735 m, Piz Giumels 2785 m; Gebirgsüberlagerung über dem Punkt 2300 m = 912 m, beim Gotthard 1752 m), musste die Temperatur um ca. $\frac{1}{2}^{\circ}$ höher gewesen sein. Aber auch der unter solchen Umständen erhaltene Werth von $11,75^{\circ}$ C. ist viel zu gering. Nach dem Stollendurchschlag war der Luftzug im Berg meistens sehr stark und die Luft ausserdem durch Schneefälle in den Höhen stark abgekühlt. Nehmen wir nun die Erfahrungen am Simplon zu Hilfe, wonach in 7000—7400 m vom Nordportal weg die Temperaturen, welche unter Verzögerungen von nur 3 bis 4 Tagen in 1,5 m tiefen Bohrlöchern bestimmt wurden, um $3,6$ bis $4,6^{\circ}$ C. hinter der wirklichen Gesteinstemperatur zurückblieben, so erhalten wir als *Maximum der Gesteinswärme im Albulatunnel* ca. 15° C. Dies dürfte dann als möglichst hoch gegriffen erscheinen.

Mit dem Gotthard und Arlberg verglichen:

	Gesteinstemperatur: (maximal)	Gebirgsüberlagerung:
Albulatunnel	ca. 15° C.	912 m.
Gotthardtunnel	$30,8^{\circ}$ C.	1752 m.
Arlbergtunnel	$18,5^{\circ}$ C.	715 m.

Die *geothermische Tiefenstufe*, d. h. die Vertikaldistanz, in welcher die Wärme der Erde um 1° C zunimmt, beträgt bei der Annahme von 15° C. für den Gebirgskamm mit dem Albulatunnel 58—59 m (im Gotthard 48 m).

Die im Stollen aufgetretenen *Quellen* wiesen im Maximum 11 — 12° C. Wärme auf. Zwischen 2329 und 2335 m S, nahe an der Stelle mit der grössten Gebirgsüberlagerung, mass eine

Quelle 11,5 ° C.; es traten aber auch schon bei viel geringerer Gebirgsüberlagerung Quellen auf, die etwas höher temperirt erschienen, so z. B. in 1900 m S eine solche von 12 ° C. (bei 17 ° Lufttemperatur). Die Wärmezunahme des Wassers von Quellen darf nicht der des Gesteins gleichgesetzt werden, da (nach Dunker) einmal die mittlere Jahrestemperatur der Einflusstelle, die beim Gestein nur bis zu einer gewissen Tiefe wirkt, mit dem Wasser heruntergeht und das Wasser weiter desto weniger Wärme erhält, je schneller es herabfließt.



