Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1900)
Heft: 1478-1499

Artikel: Lötschberg- und Wildstrubeltunnel : geologische Expertise
Autor: Fellenberg, von / Kissling / Schardt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319107

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dr. v. Fellenberg, Dr. Kissling, Dr. Schardt.
(Eingereicht im Februar 1900.)

Lötschberg- und Wildstrubeltunnel.

Geologische Expertise.

An die Baudirektion des Kantons Bern.

Geehrter Herr Regierungsrat!

Ende August haben Sie den unterzeichneten Experten folgende Aufgaben gestellt:

«1. Begutachtung derjenigen geologischen Verhältnisse des zu durchfahrenden Gebirges, welche für den Arbeits- und Zeitaufwand beim Tunnelbau und für den späteren Unterhalt beim Betriebe wichtig sind, wie: Die Art der zu durchbohrenden Gesteine, ihre Lagerung und die mutmassliche Ausdehnung ihres Vorkommens; ihre Härte und Zähigkeit, Standfestigkeit und Verwitterbarkeit, der Gebirgsdruck und der Wasserzudrang etc.

Die Ergebnisse der geologischen Aufnahmen werden in die Karte 1: 50,000 eingetragen und für jede der beiden vorgeschlagenen Varianten des Lötschbergtunnels in einem geologischen Profil im Massstab 1: 25,000 dargestellt und mit Probestücken (Handstücken) der vorkommenden Gesteinsarten belegt.

Die erforderlichen Karten und Terrainprofile werden den Experten von der Baudirektion zur Verfügung gestellt.

2. Geologische Begutachtung einer allfälligen Verschiebung der noch nicht endgültig bestimmten Tunnelaxe innerhalb eines Streifens von $^1/_2$—1 Kilometer Breite rechts und links von der vorläufig angenommenen Axe.

3. Begutachtung der in der geologischen Beschaffenheit des Gebirges begründeten Vor- und Nachteile des Lötschbergtunnels im Vergleich mit einem Wildstrubeltunnel in der Richtung Oberried-Inden oder Oberried-Siders.»

Nach einer gemeinsamen Sitzung in Bern, in welcher die allgemeinen Zielpunkte der Expertise besprochen worden, begaben sich die Herren Kissling und Schardt sofort an die Aufnahmsarbeiten im Lötschberg- und Wildstrubelgebiet.

Die Begehungen fanden nach folgendem Itinerar statt:

1. Gasterenklus und Gasterenthal. Contakt des Granits mit den Sedimenten gegenüber dem Brandhubel und am Gabelbach.
2. Gemmiweg.
3. Fisistock.
4. Lötschpass bis Kummenalp.
5. Sattellegi — in den Simmeln — Felsen unter dem Hockenhorn — auf den Platten — Lötschpass — Kaufmannskumme — Kummenalp nach Kippel.
6. Unteres Lötschthal-Gampel.
7. Gampel-Hohtenn-Meiggen (zum Teil mit v. Fellenberg).
8. Meiggen-Faldumalp-Restialp-Kummenalp-Oberferden — Stierstutz-Kippel.
9. Von Kippel an gemeinsame Begehung des untern Lötschthals mit v. Fellenberg.
10. Gampel-Inden-Varon-Miège-La Prily.
11. La Prily — Plaine morte — Fluh-See-Siebenbrunnen-Lenk.
12. Lenk - Ammertenpass - Engstligenalp - Engstligengrat - Schwarzgrätli-Schwarenbach.
13. Schwarenbach-Üschinenthal-Allmen-Kandersteg.
14. Gasterenboden-Schwarzbach.
15. Öschinen-See-Birre-Mitholz.
16. Kandersteg-Frutigen (Kissling); Kandersteg-Gemmi-Leuk (Schardt).

Die auf den vorgenannten Routen gemachten Beobachtungen wurden in die Karte 1: 50,000 eingetragen und überall, wo es nötig schien, charakteristische Gesteinshandstücke geschlagen.

Eine Sammlung derselben aus dem Lötschberggebiet, 47 Nummern umfassend, legen wir unserem Berichte bei.

I. Allgemeine und topographische Verhältnisse.

Die zu begutachtenden Tunnelprojekte durch den Lötschberg und den Wildstrubel durchschneiden beide das Aarmassiv in seinem westlichen Ende. Aufgebaut aus einem centralen, langelliptischen Kern von Urgestein, dem sogenannten Protogin oder Bankgranit (schieferigen Granit), an welchen sich auf der Südseite eine Reihe steilgestellter Zonen von Gneiss und krystallinischen Schiefern, auf der Nordseite ebenfalls eine Gneisszone anschliesst, wird das Aarmassiv auf der Nordseite von den Ketten der Kalkalpen bedeckt und umsäumt

während auf der Südseite diese Kalkdecke eine sehr beschränkte Ausdehnung hat. Beide zur Untersuchung vorliegenden Tunnelprofile berühren den centralen Teil des Aarmassives nicht mehr sondern das Lötschbergprofil schneidet nur durch die krystallinische Schieferhülle des Protoginskerns auf der Südseite des Lötschenpasses, während es auf der Nordseite die Kalkkette, die dem Centralmassiv vor- und angelagert ist, durchquert. Hingegen durchschneidet der Lötschbergtunnel einen auf der Nordseite der Alpen durchaus isoliert stehenden Gesteinskomplex, nämlich das Massiv des Gasterengranites. Dieser Gasterengranit bildet das Grundgestein im West-Ende des Aarmassives und trägt den Charakter einer abgerundeten Kuppe, bedeckt von den Sedimenten des Verrucanos, der Trias und der sekundären Ablagerungen der Jura- und der Kreidezeit. Auf der Südseite des Lötschenpasses sind die steilgestellten krystallinischen Schiefer (Phyllite) dem Granitkern angelagert und bedecken denselben schalenförmig. Wie sich nun der Gasterengranit zum Protoginkern des Aarmassivs verhält, welcher etwas südlich des Lötschenpasses, erst im Ijollithal, unter dem Mantel krystallinischer Schiefer auftritt, ist nicht bekannt, denn nirgends ist der Kontakt von Gasterengranit und Protogin aufgeschlossen. Auffallend ist das Auftreten des Gasterengranitmassives im äussersten Nordwesten des Aarmassivs und nördlich von der Centralaxe desselben. Auf der Nordseite des Gasterenthales, welches als tief eingesägtes Erosionsthal die dem Granit aufgelagerten, mächtigen Kalkmassen der nördlichen Kalkkette bis auf den Granitkern blossgelegt hat, lehnen sich intensiv gefaltete Kalk- und Kalkschieferschichten verschiedenen Alters an. Topographisch gestaltet sich das Tracé des kürzeren Lötschbergtunnels folgendermassen:

Von der flachen Thalsohle hinter Kandersteg erheben sich gegen Süden die steilen Kalkwände der Fisistöcke und der Altels-Balmhorn-Gruppe, zwischen denen der Gasterenbach sich durch die tiefeingesägte Klus einen Weg ins offenere Gelände von Kandersteg (einen alten Seeboden) durchbrochen hat. In steilen Felswänden erhebt sich über der Tunnelaxe der Fisischafberg, gegen das Gasterenthal in senkrechten Felsen abfallend. Es folgt südöstlich über der Tunnelaxe der Gasterenboden, eine flache Thalsohle, von dem im Schuttland oft seinen Lauf wechselnden Gasterenbach durchflossen. Der Grund besteht aus Alluvionen des Gasterenbaches (Sand und Kiesbänke). Von der Südseite strömen eine ganze Reihe Wildbäche in den Gasterenbach und bilden

durch häufiges Austreten vielfach einen sumpfigen und sandigen Thalgrund. Auf der Südseite von Gasteren folgt nun das mächtige, in hohen senkrechten Kalkwänden zum Gasterenthal abstürzende Massiv der Altels-Balmhorngruppe, unter welchem sich die Tunnelaxe durchzieht. Genau über der Tunnelaxe liegt in hohem Bergkessel die von nackten Felsen umgebene Schafalp Wildelsigen, aus welcher in jähem Sturz in tiefer Klamm der Wildelsigenbach ins Gasterenthal abstürzt. Südlich des Balmhornmassives ändert sich die Konfiguration des Terrains vollständig, und auch das Gestein. Statt hoher Kalkwände, schmaler Felsleisten, tiefeingesägter Rinnen und Hohlkehlen, an deren Fuss sich steile Trümmerfelder hinziehen, stossen wir am eigentlichen Lötschenpass auf eine breite flache Mulde, auf welcher der flache Lötschengletscher ruht, dessen Absturz nach dem Gasterenthale in einer kurzen Zunge abbricht, südlich eingebettet in abgerundete Felshöcker, die sich allmählich gegen das Hockenhorn hinanziehen, dessen Gipfel einem auf breitem Felsgestell aufgesetzten steilen Kegel gleicht. Wir sind inmitten dieser abgerundeten Formen, dieser durch Eiswirkung polierten, geglätteten und gerundeten Felsen plötzlich aus dem Kalkgebirge in das Granitgebirge geraten, welches hier auf dem Lötschpass und an den Westabhängen des Hockenhorns bedeckt wird von einer dünnen Schicht von Quarzsandstein (Arkose), Konglomeraten und halb krystallinen Gesteinen, die dem Perm oder Verrucano zugerechnet werden.

Südlich der gewaltigen Gruppe des Altels-Balmhornmassives, welches ein ausgezeichnetes Beispiel des sog. pultförmigen Aufbaues liefert, indem wie bei Doldenhorn und Blümlisalp die Nordseite in schiefgeneigter, gleichmässig abfallender Fläche erscheint, während die Südseite in terrassenförmig abgestuften, senkrechten Wänden zum Tschingelgletscher und Gasterenthal abstürzt und ein Seitenprofil das genaue Bild eines Pultes darstellt, folgen die so merkwürdigen Südwest-Nordost streichenden kurzen Ketten zwischen Fluhalp und Ferdenthal, zwischen Ferden- und Restithal und zwischen letzterem und Faldumthal, mit den zwischen den fingerförmig ausgestreckten Ausläufern der krystallinen Schiefer des Centralmassivs eingeklemmten und intensiv gefalteten Kalkbergen des Resti- und Faldum-Rothorns. Die Tunnelaxe streicht östlich dieser drei parallelen Ketten durch und verbleibt vermutlich beim Austritt aus dem Granitkern des Lötschpasses in dem sich am letzteren anschmiegenden Mantel von kry-

stallinen Schiefern und Gneissen. Wird nun die Tunnelmündung auf der Südseite etwas weiter nördlich oder südlich angenommen, so befindet sich dieselbe notgedrungenerweise in einem Durchbruchs- oder Querthal. Von Ferden an hat nämlich die Lonza die mächtige Schiefer- und Gneisszone durchbrochen und schluchtartig gestaltet sich das untere Lötschenthal, mit steilen, schutterfüllten Wänden, gewaltigen Lawinenzügen, Schuttkegeln und nur wenige, offene, flache Thalerweiterungen bietend, wiebei Mitthal, Haselleh und Schlegmatte. Namentlich die Ostseite des Gebirges ist stark zerklüftet und von zahlreichen Runsen durchzogen, an deren Fuss mächtige Schuttkegel und alte Bergsturzfelder Zeugnis ablegen von früher stattgefundenen, bedeutenden Oberflächenveränderungen.

Das tiefere Lötschbergprojekt hat ähnliche topographische Verhältnisse aufzuweisen. Der Tunnel bei 1038 auf Schlossweide angesetzt, würde sich unter dem halbkreisförmigen Thalriegel hinziehen, über welchen in mehrfachen Windungen sich die Landstrasse den Bühlstutz hinaufwindet, dann unter dem flachen Thalboden von Kandersteg hindurch. Südlich des Oeschinenbaches würde die Tunnelaxe sich hinziehen unter den beiden kühnen Felspyramiden der Fisistöcke, 2680 m. Letztere fallen sehr rasch in senkrechten, von schmalen Bändern durchzogenen Wänden zum Gasterenboden ab, und die Tunnelaxe würde unter der Thalsohle durchstreichen, da wo dieselbe oberflächlich am schmalsten ist (nordöstlich vom sogenannten Brandhubel), südlich des Gasterenthales unter der östlichen Basis der hohen Kalkwände des Wildelsiggrates, um unterhalb der Gfällalp in den eigentlichen Lötschberg einzutreten und etwas östlich von der projektierten kürzeren Tunnelaxe bis Kilometer 26 zu verbleiben, wo beide Tunnelaxen einander schneiden. Die Oberflächenverhältnisse der beiden Tunnelprojekte bleiben hier annähernd dieselben. Das längere Projekt zieht sich etwas östlich unter dem Ausläufer des Hockenhorns hin, verbleibt aber in demselben Gestein wie das kürzere Projekt und ebenso sind die südlich sich an den Lötschpass anschliessenden Gesteine, und ist die oberflächliche Gestaltung bei beiden Projekten wesentlich dieselbe, ja die ungünstigen Terrainverhältnisse des unteren Lötschenthales dürften sich beim längeren Projekt in noch ungünstigerer Weise geltend machen.

Das in Vergleich zum Lötschbergtunnel und seinen zwei Varianten gezogene Projekt einer Durchbohrung des Wildstrubels,

wobei wir nur das kürzere Projekt eines Tunnels vom Thalboden der Simme bei Oberhaus südöstlich vom Dorfe Oberried bis oberhalb Miège auf dem Plateau von Randogne-Mollins (Nordportal bei 1090, Südportal 1019) in Betracht ziehen, bietet in seiner gesamten Anlage eine grössere Einfachheit der topographischen Verhältnisse dar, als das erstgenannte Projekt des Lötschbergtunnels. Die Tunnelaxe durchschneidet die Kalkalpen zwischen Bern und Wallis. Das krystallinische Centralmassiv ist unter die mächtigen Kalk- und Schiefermassen der Wildstrubel-Wildhornkette iu die Tiefe gesunken. Die Topographie dieses zu durchbohrenden Massivs ist ungefähr folgende: Aus dem flachen Thalboden von Oberried südlich von Lenk erhebt sich ein Felsenriegel, durch welchen die Simme sich in malerischen Strudeln eine enge Kluft hindurchgesägt hat. Es ist dies der Rätzliberg mit dem Laubhorn. Letzteres stellt eine sogenannte Klippe dar, indem ältere Kalkbildungen wurzellos auf den tertiären Ablagerungen des Flyschs aufgesetzt sind. Südlich der flachen, quellendurchrieselten Mulde der Rätzlibergalp erhebt sich gleich einer Riesenmauer das gewaltige Felsgestell des Wildstrubels mit dem hochherabhängenden Rätzligletscher. Senkrechte Felsen, unterbrochen durch schmale Bänder, türmen sich stufenlos zum breiten Firnrevier des Rätzligletschers und der Plaine-Morte. Jenseits der Plaine-Morte ragen einzelne untergeordnete Gipfel aus dem breiten Firnrevier hervor, so das Todthorn, der Mont Bonvin und der Autannazgrat und senken sich ohne bedeutende felsige Unterbrechungen zu den weiten, sonnigen Alpen von Colombire, Aprily und der Varneralp, um nur die bedeutendsten zu nennen. Es ist der Südabhang des Wildstrubelmassivs ein weit ausgedehntes, von einzelnen Felsausläufern durchzogenes Alpenland, an welches sich südwärts das von Dörfern übersäte Hügelgelände von Siders-Montana anschliesst. In seinem ganzen Habitus erscheint der Wildstrubel als ein gewaltiges, nordwärts steil abfallendes kastellartiges Bollwerk, dessen breiter Gletschergipfel ca. 5 Kilometer Durchmesser hat. Am Fusse dieses Bollwerks treten zahlreiche Quellen zu Tage, die berühmten Siebenbrunnen, und zahlreiche Bäche stürzen in Kaskaden über die hohen Felswände zu Thal, so der Trübbach, Fluhbach, Laubbach u. a. Auf der sanft geneigten Südseite sammeln sich die Schmelzwasser der Plaine-Morte zu grösseren, in tiefeingeschnittenen Schluchten fliessenden Bächen, so der Bach von Colombire, La Zesse mit zahlreichen Zuflüssen,

La Posa bei Aprily vom Autannazgrat herkommend und andere. Sehr günstig liegen beim Wildstrubelprojekt die beiden Mundlöcher, das nördliche auf dem von der Simme durchströmten Thalboden von Oberried, das südliche an den freien sanften Abhängen des Plateaus Randogne-Mollins, in der Nähe der in Siders in die Rhone fliessenden Sinièze.

II. Allgemeine geologische Übersicht.

Das zwischen Wildstrubel und Hockenhorn gelegene Gebiet der Berner Hochalpen zeichnet sich durch eine der merkwürdigsten Erscheinungen aus. Die Sedimentärgebilde, welche zwischen der Lenk und Siders noch das ganze Gebirge bis in die tiefsten Teile zusammensetzen, weichen vom Gemmipass an nach Nordwesten und Südosten auseinander, indem immer tiefere Schichten zu Tage treten, bis dass auf der Linie Feschel-Gasteren das krystallinische Grundgebirge sichtbar wird, dessen Oberfläche bald bis über 3000 m Meereshöhe ansteigt.

Der durch das Auftauchen des krystallinen Grundgebirges aufgerissene Sedimentmantel teilt sich in zwei sehr ungleiche Streifen. Der südliche nimmt eine ganz untergeordnete Lage am Nordabhang des Rhonethales ein; bei Gampel schon unterbrochen, steigt die südliche Sedimentdecke noch einmal am Fusse des Centralmassivs auf und setzt zuletzt am Baltschiederthal vollständig ab.

Der nördliche Sedimentstreifen ist viel bedeutender. Obschon derselbe sichtlich nach Norden gedrängt erscheint und im Vergleich mit der Breite des Wildstrubelgebirges beträchtlich reduziert ist, so finden wir in demselben alle tektonischen Elemente wieder, welche die Wildstrubelgruppe aufbauen. Die Zone von Kalkketten, welche zwischen Adelboden und Haslithal dem Aarmassiv entlang streichen oder an dessen Fuss angelehnt sind, entspricht also vollständig dem kulminierenden Teil der Wildstrubelgruppe. Wenn auch topographisch anders orientiert und weniger hoch, so ist sie doch die geologische Fortsetzung dieses Gebirgsteiles.

Deshalb treffen wir auch in den beiden vorgeschlagenen Tracés für den Durchstich der Berneralpen ganz verschiedene geologische Verhältnisse, wenn auch beide scheinbar dieselbe Gebirgskette durchqueren.

Bevor wir zur Besprechung der für die Bohrung wichtigen geologischen und petrographischen Verhältnisse schreiten, wird es sich lohnen, die tektonischen Verhältnisse, d. h. den Gebirgsbau und die Schichtenlage etwas eingehender ins Auge zu fassen. Zu diesem Zwecke müssen wir vor allem die verschiedenen Formationsglieder kennen lernen, welche am Aufbau des Gebirges teilnehmen:

A. Stratigraphische Übersicht.

Quartär. Gebirgsschutt. Überall lehnen sich am Fusse der Felsabstürze, den Thälern und Kummen entlang, Schutthalden und Schuttkegel an. Letztere sind besonders da am schönsten ausgebildet, wo Runsen das felsige Gehänge angeschnitten haben.

Bergsturz-Ablagerungen, von grösseren, plötzlichen Felsstürzen herrührend, sind um Kandersteg mehrere vorhanden. Der Öschinensee verdankt seine Entstehung einer Abdämmung des oberen Teiles des Öschinenthales durch einen gewaltigen Bergsturz, dessen Abrissnische unterhalb vom Biberggletscher deutlich sichtbar ist.

Ein anderer, noch viel bedeutenderer Bergsturz, vom N.-E.-Abhang des Fisistockes herrührend, hat seine Schuttmassen bis über das Blau-Seeli hinaus geschleudert. Diese Schuttmassen, welche die Hügel bei Bühl und die Anhäufungen bei Schlossweide bilden, sollen zur Entstehung der über 160 m hohen Thalstufe von Kandersteg Veranlassung gegeben haben. Wegen der Wichtigkeit dieser Schuttablagerung für das tiefere Lötschbergtunnelprojekt soll deren Beschaffenheit und Entstehung weiter unten noch besonders beschrieben und erörtert werden.

Fluss- und Bachaufschüttungen sind in allen breiteren Thälern häufig und sehr ausgebreitet. So besteht der Boden des unteren Gasterenthales aus Bachschuttanhäufungen. Der Boden von Kandersteg besteht zum Teil aus Flussalluvium der Kander; andererseits hat der Öschinenbach einen etwas flachen Schuttkegel in den Thalboden vorgeschoben. Der zum Teil sumpfige Thalgrund bei Eggenschwand und zwischen Bühl und Kandersteg mag teilweise auch als ein ausgefülltes Seebecken betrachtet werden.

Ältere Alluvialbildungen und Gletscher-Ablagerungen können kaum unterschieden werden. Hingegen sind Moränen aus der

Rückzugsperiode der Gletscher auf dem Thalboden von Kandersteg selbst, bei Eggenschwand, sichtbar. Die Thalstufe von Bühlstutz ist mit den Moränen, welche offenbar von dem früheren Öschinen-Gletscher herrühren, in sehr wahrscheinlichem Zusammenhange. Auch diese Frage soll weiter unten noch speziell behandelt werden.

Tertiär. Die jüngste Tertiärbildung ist der Flysch, bestehend aus thonigen, oft fein sandigen, glimmerführenden Schiefern und Mergeln mit Sandstein-Zwischenlagerungen. Ächter Flysch ist bei Kandersteg nur untergeordnet vorhanden. In der Gegend von der Lenk, am Fusse des Laubhorns über Siebenbrunnen tritt hingegen Flysch in typischer Entwicklung und bedeutender Mächtigkeit auf.

Bei Kandersteg ist an Stelle von schieferigem Flysch eine mächtige Sandsteinformation vorhanden, welche vielleicht auch die Nummulitenkalke zum Teil vertritt. Es sind hellgraue, gelbliche bis weisse, bald rot, bald grünlichgefärbte, quarzitische Sandsteine, hie und da mit ähnlich gefärbten Mergeln abwechselnd. Oberflächlich sind diese Sandsteine oft braun angewittert. Sie enthalten spärliche Nummuliten. Zur Unterscheidung von eigentlichen Flyschsandsteinen nennen wir diese Sandsteine Nummulitensandsteine.

Die bedeutende Widerstandsfähigkeit dieser Formation hat zur Folge, dass wir diese Sandsteinlager in mächtigen Felswänden antreffen. So besteht der ganze Nordabsturz des Fisistockes, sowie dessen Gipfelpartie aus Nummulitensandstein.

Die eigentliche Nummulitenformation besteht aus bankigen und schiefrigen Kalken, welche oft erfüllt sind von unzähligen Nummuliten (Siebenbrunnen oberhalb Lenk), oft sich aber auch als fast ganz steril erweisen (Fuss des Gällihorns).

Eine besondere Ausbildung des eocänen Kalkes ist der sogenannte Lithothamnienkalk: ein dichter, hellgrauer, ganz von fossilen Organismen erfüllter Kalkstein, welcher Felswände von 20—30 Meter Höhe bildet und leicht mit Schrattenkalk (Urgon) verwechselt werden könnte. (Im Stein bei der Lenk, Winteregg auf der Gemmi, Schnittboden, Eggenschwand).

Kreideformation. Gault und Aptien. Finden sich in unbedeutender Mächtigkeit in der Umgebung des Wildstrubelgipfels, am Ammertenhorn und am Gletscherhorn. Es sind Sandsteine und schiefrige Mergel. Für die Tunnelprojekte ohne Bedeutung, da diese Formationen wahrscheinlich nicht angetroffen werden.

Urgonien. Schrattenkalk. Grauer bis weisser, oft aber auch dunkler, dichter Kalk. Gewöhnlich ein einziges 80 bis 150 m mächtiges Lager bildend, welches von weitem als Felsgesims beobachtet und verfolgt werden kann, wodurch dieses Gestein sowohl durch seine Farbe, als auch in der Topographie, dank seiner unbedeutenden Verwitterung aufs deutlichste hervortritt. Am Fisistock, in dem Felsgraben zwischen den beiden Gipfeln, fanden wir eine Kalkschicht erfüllt mit Gasteropoden, Requienien und Radiolites, welche für das Alter des hellen Kalkes unter den Sandstein-Schichten der Gipfelpartie bezeichnend sind.

Hauterivien, Mittleres Neocom, dunkle, graue, oft quarzige und sandige, braun anwitternde Kalke mit eingelagerten Mergeln. Gewöhnlich Durchschnitte von Seeigeln (Toxaster) aufweisend. 150 bis 200 m mächtig, stellenweise mehr.

Valangien, Unteres Neocom. Kalke und dunkle Mergel (Berriasschiefer). Wenig Fossilien enthaltend. (Cidaris pretiosa bei Schwarenbach) Mächtigkeit 100—120 m. Durch Zusammenfaltung scheint die Mächtigkeit des Neocoms oft sehr bedeutend, während durch Streckung und Auswalzung dieselbe bis auf weniges reduziert sein kann.

Juraformation. Malm oder oberer Jura bildet vorerst eine 100—120 m mächtige Kalkwand, sogenannter Hochgebirgskalk, unter welchem sich plattige bis schieferige graue Kalke vorfinden. Letztere entsprechen der Oxfordstufe, 50—100 m. Dogger oder Mittlerer Jura; dunkle spätige Kalke, oft als Eisenoolith ausgebildet oder auch dunkle, schieferige Kalke, vom oberen Lias schwer zu unterscheiden, 100—150 m.

Lias oder Unterer Jura, bildet drei Abteilungen. Eine obere, schieferige Abteilung entspricht dem oberen Lias. Die mittlere besteht aus einer mächtigen Breccienschicht, viel Belemniten enthaltend. Diese Breccie besteht aus Quarz- und Dolomit-Körnern, welch letztere besonders auf der ausgewitterten Oberfläche durch ihre gelbliche Färbung deutlich hervortreten. Echinodermentrümmer scheinen stellenweise ebenfalls beigemengt. An der Abdachung des Balmhorns gegen den Lötschengletscher zu hat diese Schicht eine ganz bedeutende Mächtigkeit, durch Auffaltung bis fast zu 500 m gesteigert. Zwischen Leukerbad und Inden beobachtet man eine rätselhafte Formation aus grauen und grünlichen quarzitischen Sandsteinen

bestehend, welche eine ausserordentliche Mächtigkeit haben. Sie hangen offenbar mit den mittleren Liasbreccien des Torrenthorn, dieselben wie am Balmhorn, zusammen. Es sind ebenfalls Belemniten darin gefunden worden. Der Übergang in Breccien mit Dolomittrümmern ist an Ort und Stelle zu beobachten. Der untere Lias ist durch schieferige, oft auch brecciöse Kalke vertreten. 50—100 m, wenn nicht aufgefaltet oder gestreckt.

Trias. Besteht aus drei Lagen, welche im allgemeinen eine ganz unbedeutende Mächtigkeit aufweisen, aber ausserordentlich konstante und sehr ausgeprägte Eigenschaften haben. Zu oberst sind glänzende dunkle, oft grünliche oder rote Schiefer, sogen. Quartenschiefer. Dann folgt typischer Rötidolomit, oft in Rauchwacke umgewandelt. Zu unterst liegt graue oder bunte, rötliche oder grünliche Arkose, sandsteinartig, ja oft conglomeratisch. Dieses Gestein ist gewöhnlich unter dem Namen Verrucano beschrieben und dem Permien zugerechnet worden. Der Farbenwechsel dieses Sandsteins hängt mit der Herkunft seiner Bestandteile zusammen. Über dem roten Gasteren-Granit ist die Arkose rötlich, über dem grünen Granit ist deren Farbe grünlich, oder beide Töne wechseln ab. Auf der Westabdachung des Lötschberges, wo viel Sericitschiefer liegen, ist die Arkose vorherrschend grau-sandig.

Zu den sedimentären Ablagerungen, möglicherweise zur Kohlenformation kann noch gerechnet werden ein schwarzer Schiefer, welcher im Lötschenthale unterhalb der Faldumalp bei Goltschenried ansteht. Er ist zwischen Sericitschiefern eingeschaltet, enthält Graphiteinlagerungen in Nesterform, was auch wohl für Kohlenformation sprechen mag.

Dieses ist das älteste sichere Sediment des untersuchten Gebietes. Sichere Vertreter des Carbon, oder einer noch älteren Abteilung des Palaeozoicums haben wir nicht konstatieren können, obschon die Sericitschiefer möglicherweise metamorphe Sedimente sind.

Grundgebirg. Zu dieser Abteilung rechnen wir alle krystallinen Schiefer, Gneisse, Chloritschiefer, Amphibolschiefer, Amphibolite, Grünsteine, Serpentine und Giltsteine, welche in unzähligen Wechsellagerungen gleich Sedimenten beiderseits des Gneissgranites oder Protogins auftreten. Die Glimmerschiefer sind entweder gewöhnliche Muscovitschiefer, oder graue Sericitschiefer, oft chloritisch und dann grünlich gefärbt. Wir haben letztere,

mit den Amphibolgesteinen und Serpentinen zusammengefasst, unter derselben Bezeichnung als grüne Schiefer in den Profilen eingetragen.

Alle diese Gesteine, sowie der schöne Gasteren-Granit mit seinen Porphyrgängen, sind von Dr. v. Fellenberg aufs eingehendste beschrieben worden. (Geologische Beschreibung des westlichen Teiles des Aarmassivs; Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. XXI. Liefer. I. 1893.) Es soll im speziell technischen Teile dieses Gutachtens noch besonders von diesen verschiedenen Gesteinsarten die Rede sein. Es ist noch hervorzuheben, dass sowohl die Sericitschiefer und Gneisse, sowie die grünen Schiefer häufig von Mikrogranit- und Aplitgängen (sog. Eurit) durchsetzt sind. Diese sehr quarzreichen hellen Ganggesteine sind oft 5—30 m mächtig. Zwischen Restithal und Meiggen durchsetzen unzählige solcher Gänge die Sericitgneisse und Schiefer in sehr steiler Lage, teils konkordant mit dem Fallen der Schiefer, teils mehr oder weniger schief.

Bezüglich der Porphyrgänge, welche im Gasterengranit auftreten, kann noch hervorgehoben werden, dass dieselben auf der Südseite des Granitzuges viel häufiger auftreten als auf der Nordseite desselben, soweit derselbe nämlich abgedeckt und sichtbar ist. Am Südabhang des Grates unterhalb Hockenhorn, zwischen Sattelegi und dem Lötschenpass (in den «Simmeln» und «Auf den Platten») sind Wechsellagerungen von Granitporphyr und körnigem Granit deutlich sichtbar. Dabei zeigt sich eine so deutliche Einwirkung der Druckmetamorphose, dass der Porphyr dicht schiefrig und der Granit arkoseähnlich körnig wird. Zwischen «Auf den Platten» und dem Lötschenpass is dies so sehr der Fall, dass man nie sicher ist, ob das Gestein Arkose, also sedimentär ist, oder ob es zum Granit gehört. Die Unterscheidung ist um so schwieriger ohne Zuhilfenahme des Mikroskops und Dünnschliffes, da die Arkose ebenfalls aus Granittrümmern zusammengesetzt ist und bei Druckmetamorphose mikroskopisch wenigstens ganz dieselbe Zusammensetzung und Struktur aufweisen muss wie gepresster Gasterengranit. Das einzige Kriterium ist eben die Wechsellagerung von dichten und körnigen Gesteinen, was bei der echten Triasarkose gewöhnlich nicht vorkommt, aber wohl vorkommen könnte. Letztere hat gewöhnlich nur 5—10 m Mächtigkeit und besteht meist nur aus einer einzigen Lage oder aus zwei durch dunkle Schiefer getrennten Lagen von Sandstein.

B. Tektonische Übersicht.

Der bezeichnende Charakterzug des Gebirgsbaues zwischen Wildstrubel und Lötschenpass ist, abgesehen von dem Hervortreten des krystallinen Centralmassivs, dass die Sedimentdecke sowohl am Wildstrubel, wo sie noch ganz ist, als auch zwischen Gasterenthal und Engstligenthal, wo sie nach Norden zurückgedrängt und vom Centralmassiv abgerutscht ist, eine einzige grosse liegende Falte aufweist, deren hängender Flügel sowohl als der Stirnrand eine ganze Reihe kleiner Falten als fast regelmässig ausgebildete Mulden und Gewölbe zeigt.

Es ist dies wahrscheinlich dieselbe grosse liegende Falte, welche von den Glarneralpen her über die Unterwaldner-Alpen sich hinüberzieht, sich in der Faulhorngruppe wiederfindet, über Dündenhorn, Lohner und Wildhorn weiter streicht bis in die Waadtländer Alpen (Dents de Morcles), und sogar jenseits der Rhone die ganz ansehnliche Faltendecke der Dents du Midi-Tours Salières umfasst. Vielleicht ist ein Teil der Savoyer Alpenkette noch in das Bereich dieser merkwürdigen tektonischen Erscheinung hineinzuziehen.

Wenn wir die Sachlage in der Wildstrubelgruppe schematisch darstellen wollen, so wird sich das Bild etwa folgendermassen ausnehmen:

(Siehe Fig. 1 nebenstehender Tafel.)

Die mehr als 12 Kilometer lange Falte beweist also, dass zwischen Rhonethal und Lenk die Sedimentdecke nicht nur doppelt, sondern stellenweise sogar dreifach ist; ursprünglich muss dieselbe auf der ganzen Breite einfach gewesen sein. Rechnet man noch die Auffaltungen des hängenden und des mittleren Flügels dazu, so darf man wohl annehmen, dass eine Schichtendecke von nahezu 40 Kilometer Breite durch diese gewaltige Faltung auf kaum 13 Kilometer reduziert wurde.

Merkwürdig ist die gewölbeartige Auffaltung oder Aufbauchung, infolge welcher das Eocän der eingeklemmten liegenden Mulde bei Colombire, Nousey, Trubeln etc. wieder zum Vorschein kommt; es ist dieselbe Tertiärmulde, welche bei Siebenbrunnen unter der Kalkwand des Ammertenhornes untertaucht. Diese Aufbauchung der dreifachen Sedimentdecke kann man als eine Andeutung des auftauchenden Centralmassivs ansehen. Der Vergleich obiger Skizze mit dem folgen-

Fig. I.

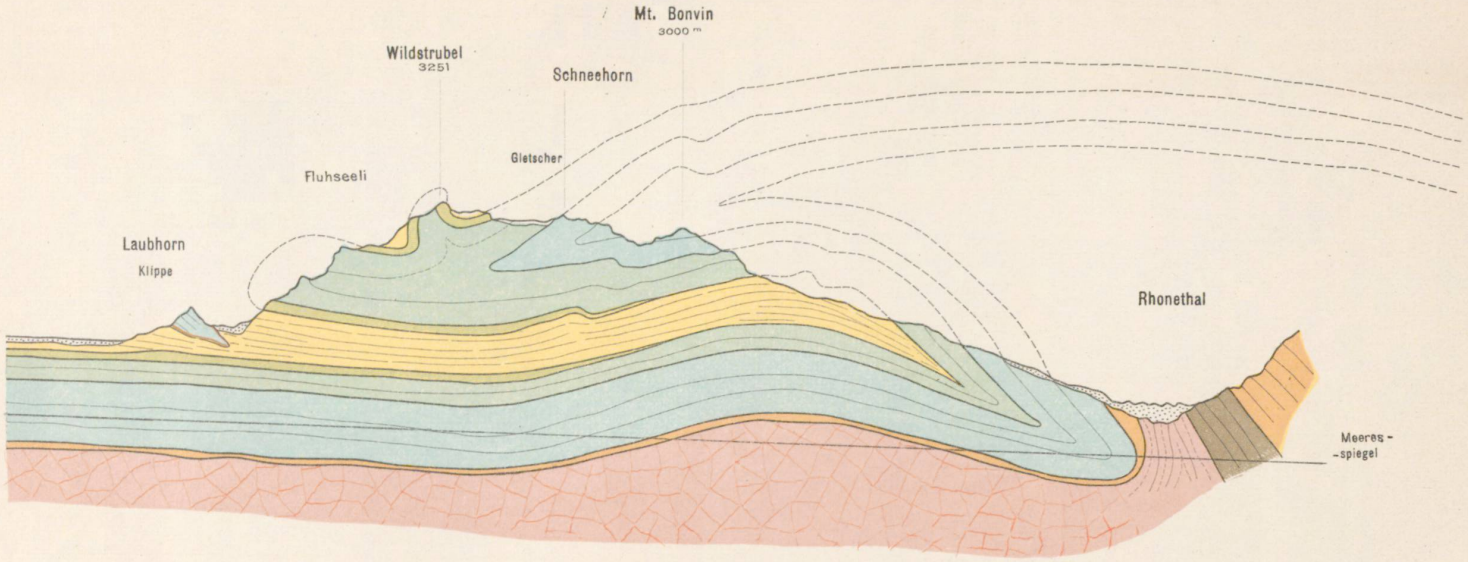
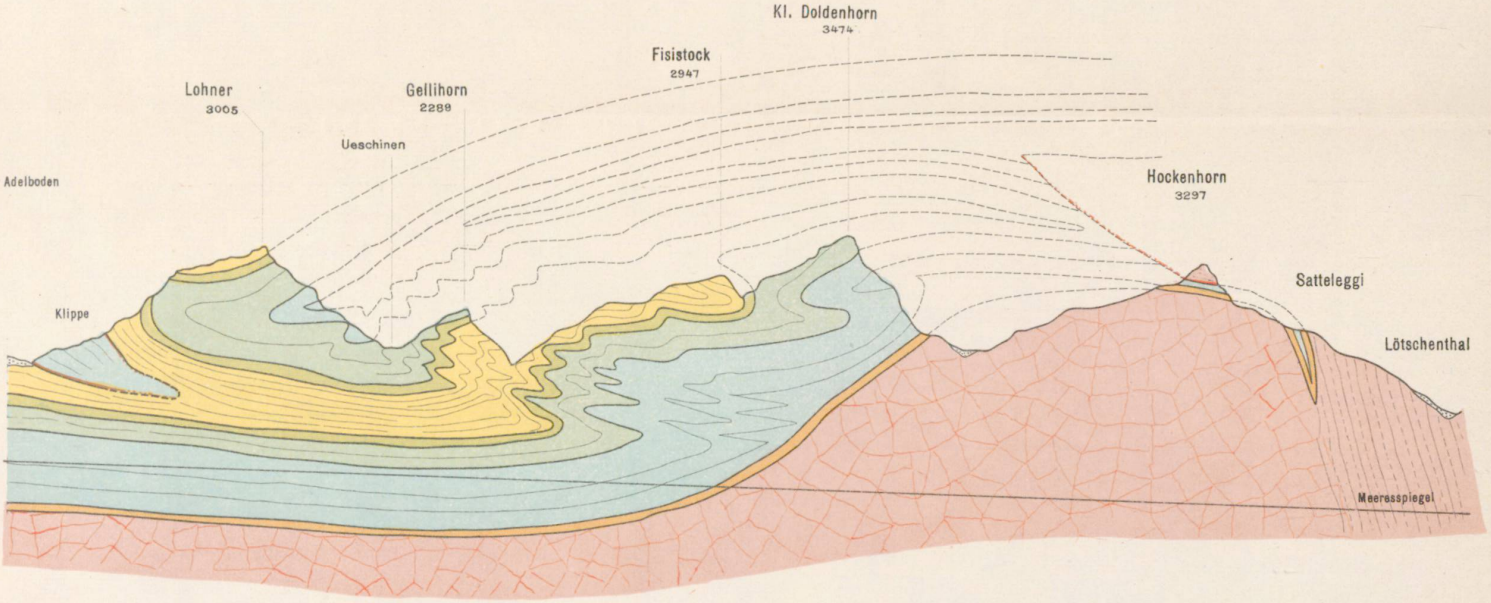
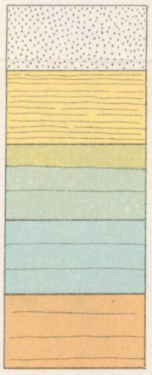


Fig. II.





Alluvium ; Schutt

Urgon
u. Neocom

Malm
Dogger
Lias

Trias

Carbon

Krystalline Schiefer

Granit

Anormaler Contact

Ursprüngliche Ausdehnung der Faltendecke

1 : 100 000

GRAHP. KUNSTANSTALT H. & A. KÜNNERLY & FREY, BERN.

den Bild zeigt dieses Verhältnis aufs deutlichste. Es geht daraus noch die weitere Erkenntnis hervor, dass nämlich durch das Auftauchen des Centralmassivs diese dreifache Faltendecke thatsächlich auf der steilen Nordabdachung gegen den freien Raum zu abgerutscht ist; das beweist die Zickzackfaltung am Fisistock und am Gällihorn etc.

(Siehe Fig. 2 auf nebenstehender Tafel.)

Diese synthetischen Skizzen, welche in vereinfachter Form die an der Oberfläche sichtbaren Verhältnisse unterirdisch in Verbindung bringen, erlauben, die Tunnelprofile durch den Wildstrubel und durch den Lötschberg trotz ihrer grossen Verschiedenheit zu vergleichen.

Über dem Hockenhorn, welches jetzt dieselbe topographische Lage hat wie der Wildstrubel, muss früher, vor der Erhebung des Centralmassivs, dieselbe liegende Falte gelegen haben, wie auf dem Wildstrubel. Dieselbe ist aber nach Norden abgerutscht und sie liegt nun, allerdings durch Erosion sehr reduziert, in zusammengeknittertem Zustande am Fusse des Centralmassivs. Die frühere Ausdehnung und Lage der schleifenförmigen Falte wird durch die punktierten Linien angedeutet. Ein Zusammenhang, welcher durch die zwischen Granit und Schiefern eingeklemmten Sedimente am Hockenhorn thatsächlich bewiesen ist.

Dass der angedeutete Zusammenhang wirklich der richtige ist, wird ausserdem durch den Verlauf des Tertiärs oberhalb Siders bewiesen. Die bei Colombire anstehenden eocänen Sandsteine streichen südlich des Mont-Bonvin und des Mont-Tubang vorüber und sind auf den Weiden von Nousey schön abgedeckt; sie setzen über Varneralp und Trubeln bis an die Winteregg oberhalb Kandersteg fort, genau parallel der Einsattelung des Gemmipasses. Hier ist deren Zusammenhang mit denselben Sandsteinen des Nassenboden und Schwarzen Tschuggen und mit der Decke an der Nordseite und im Gipfelgebiet des Fisistockes offenbar. Dass diese eocänen Sandsteine sich dann am Ostabhange des Öschinenthales hinziehen, ist bekannt. Das schöne liegende Gewölbe des Dündenhorn liegt auf einer Eocänmulde. Diese scheint sich dann gegen den Hochthürlipass hinzuziehen. Sie muss notgedrungen mit dem Eocän von Mürren und der Scheidegg in Zusammenhang gebracht werden. Wie leicht begreiflich, ist das Gestein aber nicht fortgesetzt anstehend zu sehen, weil es von älteren Sedimenten eingeschlossen sein kann, oder wenn anstehend, oftmals von Eis und Schnee bedeckt.

Diese kurze Übersicht, welche mit Detailbeschreibungen unserer Aufnahmen belegt werden könnte, mag für den gegenwärtigen Zweck genügen. Der Vergleich obiger Skizzen mit der Karte und den Detailprofilen giebt mehr Aufklärung und Belehrung als ein ganzer Band Beschreibung.

Es bleibt nur noch ein besonderer Punkt zur Besprechung übrig, nämlich

C. Das Schuttgebiet von Kandersteg.

Indem das tiefere Tunnelprojekt durch den Lötschberg gerade diese Schuttausfüllung zu durchstechen hätte und zwar auf eine Strecke von fast $2^1/_2$ Kilometern, so ist es angezeigt, die Natur und Beschaffenheit dieser mächtigen Schuttablagerung näher zu besprechen.

Oben erwähnten wir schon, dass die Hügel von Bühl und von Schlossweid bei Mittholz unterhalb Bühlstutz mit Blockanhäufungen bedeckt sind, welche, der Natur des Gesteins nach zu schliessen, unzweifelhaft einem Bergsturz zuzuschreiben sind, welcher sich vom Nordostabhang des Fisistockes ablösend bis Kandergrund hinunterrollte, also fast 8 Kilometer von der Abrissstelle entfernt. Diese Thatsache steht fest. Darauf wurde verschiedenerseits die Ansicht begründet, die ganze Trümmeranhäufung am Bühlstutz, welcher die Thalstufe des mehr als 160 m höher gelegenen Kanderstegbodens bildet, sei gerade durch diesen Bergsturz entstanden.

Vor allem steht sicher, dass diese Thalstufe von Bühlstutz kein Felsriegel, sondern eine wirkliche Schuttanhäufung ist. Daraus geht des weiteren hervor, dass zur Zeit, als diese Schuttablagerung noch nicht da war, das tiefere Kanderthal von Mittholz aufwärts mit gleichförmigem Gefälle sich bis an den Eingang zur Klus und des Öschinenthales ausdehnte. An Stelle des jetzigen flachen Thalgrundes von Kandersteg lag früher ein viel tiefer eingeschnittenes Thal. Ziehen wir noch den Umstand in Betracht, dass schon bei Mittholz und Schlossweide eine bedeutende Schuttausfüllung auf dem Thalgrunde liegt, so dürfen wir wohl annehmen, dass die Höhe der Schuttanhäufung am Bühlstutz nicht weniger als 200 m über den Felsgrund des Thaleinschnittes sich erhebt. Bei Kandersteg mag die Schuttaufhäufung wohl noch 150 m betragen und bei Eggenschwand etwa 100 m.

Wäre nun die Thalstufe von Bühlstutz eine Schuttablagerung, vom erwähnten Bergsturz vom Fisistock herrührend, so müsste der-

selbe ursprünglich eine eigentliche Abdämmung des oberen Kanderthales erzeugt haben. Ungefähr so wie jetzt noch der Öschinensee, müsste nach dem Sturz das Thalstück oberhalb der Sperre sich mit Wasser gefüllt haben. In diesem Falle wäre der flache Thalgrund von Kandersteg als ausgefülltes Seebecken zu denken.

Unsere Aufnahmen haben aber dargethan, dass ein Teil des Kanderstegergrundes von Moränen bedeckt ist, besonders bei Eggenschwand. Diese Moränenhügel hängen aufs deutlichste mit der bedeutenden Schuttanhäufung zusammen, welche den Hügel «Auf der Höhe» genannt, bildet. Wir haben ausserdem festgestellt, dass das Bergsturzmaterial von Bühl bis Schlossweide nur oberflächlich liegt, und dass darunter sich überall dieselbe hauptsächlich aus Jura- und Kreidegeschieben bestehende Moräne sich vorfindet.

Aus diesen Beobachtungen gehen zwei Thatsachen hervor:

1. dass der Bühlstutz aus Moräne besteht und dass 2. der Bergsturz vom Fisistock erst nachträglich auf die Moräne gestürzt ist. Das Fehlen von Sandsteintrümmern zwischen dem Abrissgebiet und dem Bühl, wo die ersten Sandsteinblöcke vom Fisistock sich zeigen, mag vielleicht dem Umstand zuzuschreiben sein, dass der Sturz stattfand, als der Gletscher, durch welchen die Moräne entstand, noch vorhanden war und das Schuttmaterial auf dem Gletscher ins Thal herunterrollte, was auch das ausgedehnte Zerstreuungsgebiet erklärt.

Der Gletscher muss unbedingt aus dem Öschinenthal herausgeflossen sein, das beweist das Schuttmaterial, dem Trümmer von Gasterengranit durchaus fehlen; auch die Form der Moränenhügel zwischen Eggenschwand und Bühl zeigt eine so deutliche bogenförmige Anordnung, dass deren Natur als Stirnmoränen eines früheren Öschinengletschers nicht verkannt werden kann.

Warum der Öschinengletscher noch bis Kandersteg vorstossen konnte, während der Gasterengletscher sich schon in sein oberes Thal zurückgezogen hatte, mag seine Erklärung in dem hochgelegenen, sehr ausgedehnten Firngebiet und dem sehr steilen Gefälle des Öschinengletschers finden.

Es darf somit angenommen werden, dass die Thalausfüllung von Kandersteg, den oberflächlichen Teil ausgenommen, vollständig aus Moräne besteht und zwar im tieferen Teil aus Grundmoräne, im oberen und am nördlichen Thalrand aus Stirnmoräne. Mit diesem Umstande hängt auch die Erscheinung zusammen, dass

beidseitig vom Thalboden bedeutende Quellen aus den Neocomkalken besonders aber aus den tertiären Sandsteinen entspringen. Wäre die Ausfüllung Bergsturz, so würden die Quellen nicht zu Tage treten, sondern unterirdisch abfliessen und wahrscheinlich erst bei der Schlossweide oder an irgend einer Stelle des Thalriegels am Bühlstutz austreten. Moräne, besonders Grundmoräne ist aber meist wasserdichtes Material, wodurch das seitlich von den Thalgehängen ausfliessende Quellwasser gestaut wird und zwischen Gletscherschutt und Fels aufsteigend bis an die Oberfläche dringen muss. Dieser Umstand soll noch bei Besprechung der Wasserverhältnisse des tieferen Lötschbergtunnels in Erwägung gezogen werden.

III. Spezielle geologische Beschreibung der Tunnelprofile.

A. Lötschberg.

I. Der kürzere Tunnel 12,9 km.

Der kürzere Tunnel trifft, abgesehen von einer unbedeutenden kleinen Schutthalde beim Nordportal, überall gewachsenen, anstehenden Fels.

Nach der Natur desselben ergeben sich für das Tracé ohne weiteres 3 Sektionen:

a) Nördliche Sektion — im Kalk;
b) Mittlere Sektion — im Gasterengranit;
c) Südliche Sektion — in den krystallinen Schiefern.

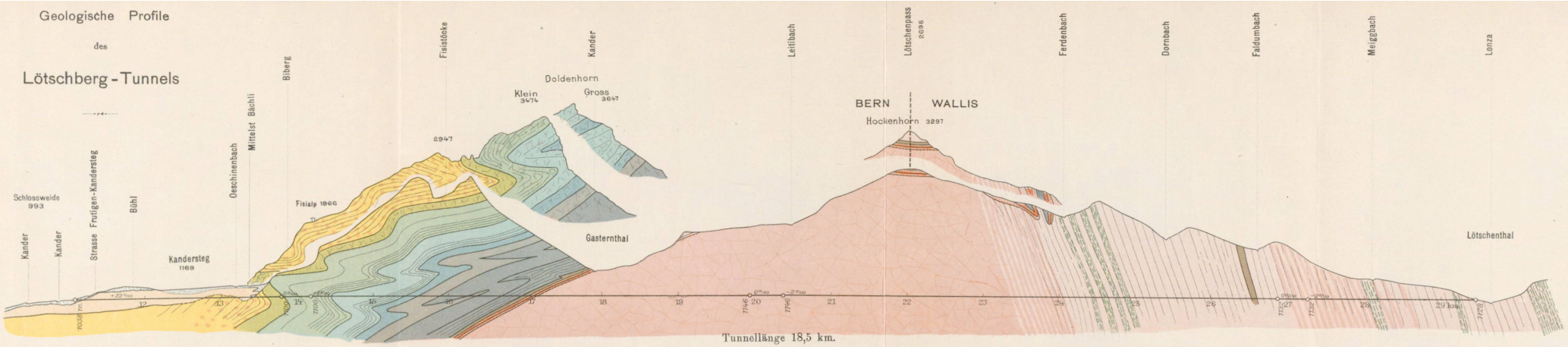
a. Nördliche Sektion.

Die nördliche Sektion begreift die Tunnelstrecke unter dem Fisistock, dem Gasterenthal und seinem nördlichen Thalhang, bis zum Kontakt mit dem Granitstock, umfasst also das Stück vom nördlichen Tunnelportal auf dem rechten Kanderufer bis zu Km 23 circa.

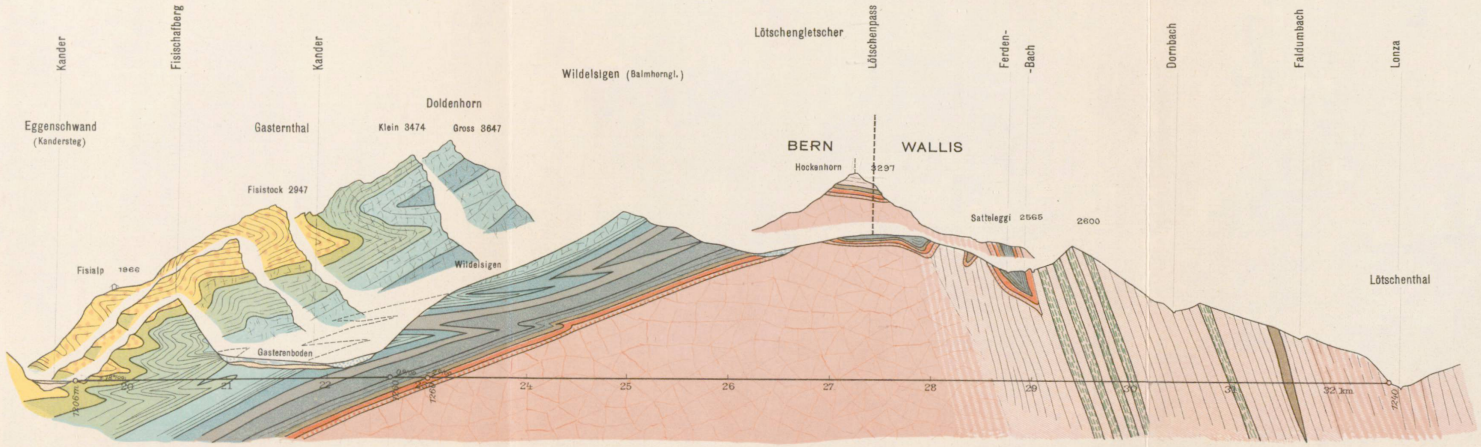
Die Sektion ist fast ausschliesslich im Kalkmantel angelegt. Da dessen Schichten, wie aus den Ausführungen des vorigen Kapitels hervorgeht, in mehrere Falten geworfen sind, so wird es kaum möglich sein, die genaue Begrenzung der einzelnen Schichten in der Tiefe herauszufinden. Doch haben wir genügend Anhaltspunkte, um über die Natur der kalkigen Sedimente, soweit sie für den Tunnelbau in Betracht kommen, Aufschluss geben zu können.

Der Tunnel tritt hinter dem Hotel Bären ein in dunkle, spätige oberflächlich braun anwitternde Kalke, die dem Urgon angehören

Geologische Profile des Lötschberg-Tunnels



Tunnellänge 18,5 km.



Tunnellänge 12,9 km.

Gletscher	
Gebirgsschutt; Bergsturz	
Alluvium	
Moränen	
Flysch, schieferige Thone u. Mergel	
Nummulitensandstein, quarzitisch	
Nummulitenkalk und Schiefer	
Gault und Aptien	
Urgonien	Neocomien
Hauterivien	Neocomien
Valangien (Berrias)	Neocomien
Hochgebirgskalk, oberer Malm	Jura
Oxford Schiefer, unterer Malm	Jura
Dogger	Jura
Oberer Lias (Schiefer)	Jura
Mittlerer Lias (Breccie)	Jura
Unterer Lias (Schiefer)	Jura
Graue, oft bunte Schiefer	Trias
Dolomit und Rauchwacke	Trias
Arkose-Sandstein	Trias
Schwarzer Thonschiefer	
Sericit-Glimmerschiefer	
Grüne Schiefer, Amphibolit, Serpentin, Topfstein	
Gasteren Granit, mit Porphyrgängen	
Aplitgänge im Gneiss und Glimmerschiefer	

Massstab 1 : 50 000

mögen und bis Km 20 ungefähr anhalten. (No. 1—4 der Gesteinshandstücke.) Die Schichten fallen in dicken Bänken schwach N. W. und sind durchsetzt von einer fast senkrecht stehenden Klüftung.

Dann folgen ähnliche Kalke, dem Neocom angehörend, und bei Km 20.6 schwarze, thonige, sehr stark gefaltete und leicht verwitterbare Schiefer (No. 5).

Unter dem Gasterenboden stehen die ober- und mitteljurassischen Schichten an (No. 6—10). Die Hauptmasse derselben gehört wohl zum Hochgebirgskalk, einem dunkeln, bald dickbankigen, bald dünngeschichteten, hellklingenden Kalk von splittrigem Bruch. Das Gestein ist im allgemeinen fest und von geringer Verwitterbarkeit.

Von Km 22 an ungefähr folgen die Liasschichten: Echinodermenbreccien, massige, spätige, körnige Kalksteine mit Quarzkörnern und eingebetteten Dolomitbrocken (No. 11 und 12) und dunkelgraue, glänzende, dünnschiefrige, leicht verwitterbare Thonschiefer von nicht sehr bedeutender Mächtigkeit (No. 13 und 14). Der unterste Teil derselben könnte vielleicht den sonst buntgefärbten Triasschiefern angehören.

Gegen den Granitkontakt zu bei Km 23 circa trifft der Tunnel auf den Rötidolomit, einen dichten dolomitischen Kalk in massigen Bänken von bläulichschwarzer bis rosenroter Farbe mit der bekannten gelben Verwitterungsrinde und von splittrigem Bruch (No. 15 und 16).

Am Kontakt selber erscheint die Arkose (No. 17 und 18), körniger Trümmersandstein aus Quarz- und Feldspatkörnern bestehend, klein- oder grobkörnig, von weisslichgrauer oder grünlicher Farbe und in dicken Bänken. Mächtigkeit 6 m. (Auf dem Profil der Deutlichkeit halber zu mächtig angegeben, wie auch der Rötidolomit und die sog. Triasschiefer.)

Die sämtlichen, vom Südfuss des Fisistockes an auftretenden Schichten fallen mit circa 25° N. W.

In Bezug auf die Bohrung ist diese nördliche Sektion natürlicherweise die leichteste. Der Bohrfortschritt in den Kalkschichten wird ungefähr demjenigen entsprechen, wie er im gewöhnlichen Alpenkalkstein erreicht wird. (Am Gotthard im Dolomit 11—13 m pro Tag.) Grösser wird er sein in den Neocom- und Liasschiefern, geringer in der harten Arkosebank.

Die Sprengwirkung in den kompakten Kalkbänken ist bekannter-

massen eine sehr grosse, wird aber sehr stark beeinträchtigt durch die wenig geneigte Schichtenlage.

Wenn auch grössere Partien der Tunnelröhre in festen Kalk fallen, so wird doch aus später zu erörternden Gründen eine Ausmauerung der ganzen Sektion notwendig sein. Gebirgsdruck könnte sich unliebsam bemerkbar machen in den Liasschiefern bei Km 22.5.

Die Länge dieser Sektion beträgt circa 3,8 Km.

b. Mittlere Sektion.

Sie umfasst diejenige Tunnelstrecke, in welcher der Granitstock von Gasteren durchbohrt wird.

Der Gasterengranit ist der einzige ächte Granit der Berneralpen, ein körniges Gemenge von weissem Orthoklasfeldspath, grünlichem Plagioklasfeldspath, schwarzem oder tombakbraunem, stets in 6 seitigen Blättchen ausgebildetem Glimmer und gleichmässig verteiltem Quarz.

An Stelle des grünlichen Plagioklasfeldspathes tritt hin und wieder ein pfirsichblütrot gefärbter. Dieser rote Gasterengranit (No. 21) erscheint aber nur in untergeordneten Partien, nesterweise im gewöhnlichen Granit.

Die Struktur des Granits ist eine durchaus richtungslose, massige. Nach dem Korn ergeben sich eine Menge von Varietäten. No. 19 z. B. grobkörnige Varietät mit vorwaltend grünem Feldspath (grüner Gasterengranit), No. 20 mittelkörnige Varietät mit vorwaltend weissem Feldspath (weisser Gasterengranit).

Ein steilgestelltes Kluftsystem sondert die Granitmasse in Bänke von $^1/_2$—$1^1/_2$ m Dicke.

Schon auf der Nordseite des Granitmassivs ist der Grundgranit durchsetzt von vereinzelten Porphyrgängen (No. 22 und 22*). Dieselben häufen sich nach dem Südende des Massivs zu in einer Weise, dass der Porphyr das vorherrschende Gestein wird.

In Bezug auf Bohrarbeit wird diese mittlere Sektion die schwierigste sein. Der Gasterengranit könnte hinsichtlich des Widerstandes, den er dem Bohrer entgegensetzt, etwa verglichen werden mit dem Gneiss-

---

Anmerkung. Nach den uns vorliegenden Profilen des kürzeren Tunnels würde die zu erstellende Ausweichsstation in die Nähe des Granitkontaktes zu liegen kommen. Wir machen hier aufmerksam auf die teilweise schlechte Beschaffenheit der Liasgesteine und die voraussichtlich beträchtlichen Wasserinfiltrationen an jener Stelle.

granit der Schöllenen; eher ist er noch zäher, wird aber bessere Sprengresultate ergeben. Zur Vergleichung könnten nachstehende Bohrresultate beigezogen werden:

Im Gneissgranit des Gotthard:

Gneissgranit	4 m	pro Stunde	2,5 m	täglich.	Fortschritt	im	Richtstollen		6 Maschinen (System Ferroux)
„	4,4 m	„ „	2,8 m	„	„	„	„		
„	5 m	„ „	3 m	„	„	„	„		
„	4,6 m	„ „	3 m	„	„	„	„		

Im zähen Antigoriogneiss des Simplon:

4 m täglich im Richtstollen (Brandt'sche Bohrmaschine).

Dagegen werden die ausserordentlich harten Porphyrgänge die Fortschritte in der Bohrung eher ungünstig beeinflussen, wenn auch die Sprengwirkung eine sehr gute sein wird.

Für den regelmässigen Fortgang der Arbeiten sodann ist die sehr gleichmässige Beschaffenheit des Gesteins von grossem Vorteil.

Trotz des vorzüglichen Gesteinsmaterials in dieser Sektion glauben wir doch eine Ausmauerung befürworten zu sollen, hauptsächlich im Hinblick auf die grossen Überhöhungen (1100—1640 m). Spannungen im Gestein, und die sind ohne Zweifel auch im Granitkern vorhanden, lösen sich mit der Zeit aus. Auch in ganz kompaktem Fels bilden sich dann Spaltfugen, was seine Zerbröckelung zur Folge hat und eine nachträgliche Auskleidung der Tunnelröhre doch notwendig macht. Daher wird z. B. der Simplontunnel vollständig ausgemauert, obschon der Tunnel auf der Südseite im Antigoriogneiss liegt, der an Festigkeit unserem Gasterengranit nur wenig nachgeben dürfte.

Übrigens wird gerade der Gasterengranit ein ausgezeichnetes Konstruktionsmaterial liefern. Zwar kann das im Tunnel gesprengte Gestein zu Bauzwecken nicht oder nur in geringem Masse verwendet werden, weil die Sprengung vollständige Zertümmerung im Gefolge hat.

Dagegen finden sich im Hintergrund des Gasterenthales genügend Stellen, wo der Granit mit Leichtigkeit gebrochen werden kann. Hier soll auch auf den bequemen Abbau der harten, eocänen Sandsteine des Fisistocks hingewiesen sein.

Auf der Nordseite wird der Tunnel auf den Granit stossen ungefähr bei Km 23. Die Grenze zwischen Sedimentdecke und Grundgebirge ist jedoch kaum genau zu bestimmen, da die nächste sichtbare Kontaktstelle bereits 1 Km von der Tunnelaxe entfernt liegt. Immer-

hin sind die Anhaltspunkte doch der Art, dass der Fehler nicht mehr als 200 m betragen sollte.

Schwieriger dagegen ist die Bestimmung der Südgrenze des Granitstockes. Jedenfalls liegt sie zwischen Km 28 und 29. Nehmen wir 28.7, so erhalten wir als Länge der mittleren Sektion 5.6 Km

c. Südliche Sektion.

Die südliche Sektion beginnt bei Km 28.7 circa, wo der Tunnel in die Zone der krystallinen Schiefer eintritt und darin verbleibt bis zu seiner Ausmündung ins Lötschthal.

Die Zone der krystallinen Schiefer ist ausgezeichnet durch die Mannigfaltigkeit ihrer Gesteine: Sericitische Gneisse und Schiefer Glimmerschiefer, grüne Schiefer mit Einlagerungen von Topfstein und Amphiboliten. Im südlichen Teil der Sektion erscheinen dann granitische und aplitische Gänge, die in grosser Zahl die Schiefer durchziehen. Eine petrographische Beschreibung der einzelnen Gesteine ist im Hinblick auf rein technische Fragen überflüssig. Besser als jede Beschreibung giebt unsere Handstücksammlung No. 23—42 Auskunft.

Der beständige Wechsel im Aussehen und in der Verteilung der verschiedenen Gesteine macht es unmöglich, für jedes einzelne derselben Ausdehnung und Lage in der Tunnelaxe festzustellen. Das hat übrigens gar keine grosse Bedeutung, weil die ganze Zone in technischer Beziehung doch eine mehr einheitliche darstellt. Doch konnten die Zonen der grünen Schiefer mit Amphibolit- und Topfsteineinlagerungen ungefähr festgestellt werden.

Die ganze Zone der krystallinen Schiefer streicht nördlich nach dem Hintergrund des Lötschthales; die Tunnelaxe steht also so ziemlich senkrecht zur Streichrichtung.

Während die Schichten oben an den Gräten flacher liegen, nimmt ihr Fallwinkel nach der Tiefe mehr und mehr zu, bis sie nahezu die Verticale erreichen. (Lonzabrücke 80°, Schlucht des Ferdenbachs 90°.)

Diese steile Schichtstellung ist für den Tunnelbau von grossem Vorteil. Der Schichtverband ist dabei ein fester und es sind so weniger starke Gewölbe notwendig, als bei mehr flacher Lagerung. Bezüglich der Mauerung verweisen wir auf das für die mittlere Sektion gesagte.

Was die Bohrung anbetrifft, so kann diese Sektion in Vergleich gebracht werden mit dem Stück des Gotthardtunnels unter dem Urserenthal, also mit den Gesteinen der Urserenmulde.

Zu den weichsten Gesteinen gehören die Glimmerschiefer, die Sericit- und die grünen Schiefer. (Vergl. No. 118, 81, 18, 12 Serie N. der Gotthardhandstücke, mit den nachstehend zusammengestellten Bohrfortschritten):

No. 118 Glimmerschiefer	8,98 m pro Stunde	4,49 m tägl. Fortschritt im Richtstollen	
No. 12 Sericitschiefer	8,93 m „ „	5,20 m „ „ „ „	
	(6 Maschinen System Ferroux.)		

Geringere Bohrresultate werden sich von Km 32 an ergeben infolge der dort auftretenden granitischen und aplitischen Gänge.

Die zähesten Gesteine der ganzen Sektion sind ohne Zweifel die Amphibolite. Linsen- oder streifenförmige Amphiboliteinlagerungen von geringer Mächtigkeit sind zu erwarten zwischen Km 30 und 30.5 (Handstücke 28 und 33); grüne Schiefer zwischen Km 29.5 und 30.

Die Länge dieser Sektion mag 3,5—3,8 km betragen.

II. Der längere Tunnel 18.5 Km.

Für den längeren Tunnel ergeben sich insofern einige Abweichungen, als derselbe auf der Nordseite 168 m tiefer ins Gebirge eintritt, wodurch die Länge der Sektionen eine andere wird. Zugleich schneidet er eine Anzahl Gebirgsglieder, die der kürzere nicht mehr berührt. Sonst sind die Verhältnisse, soweit sie den anstehenden Fels betreffen, dieselben. Als neu kommt hinzu die in Schuttausfüllung zu erstellende Strecke Mitholz-Kandersteg. Wir erhalten also für den längeren Lötschbergtunnel folgende Gliederung:

1. Das Schuttgebiet von Kandersteg;
2. Die nördliche Sektion — im Kalk;
3. Die mittlere Sektion — im Granit;
4. Die südliche Sektion — in den krystall. Schiefern.

1. Das Schuttgebiet von Kandersteg.

Vom Nordportal bis zu Km 13.4 circa. Über die Thalausfüllung von Kandersteg ist im vorigen Kapitel eingehend berichtet worden.[1])

[1]) Da es für den Tunnelbau ziemlich gleichgültig sein kann, ob man die Schuttmassen am Bühlstutz als Moränen- oder als Bergsturzmaterial betrachtet, weil die beiden hier in technischer Beziehung keine grossen Verschiedenheiten zeigen, so verzichtet der eine Experte, der von der Bergsturznatur der ganzen Ablagerung überzeugt ist (Sturz vom Fisistock), auf eine ausführliche Begründung seines Standpunktes.

Sei es Moräne oder sei es Bergsturz, so viel ist sicher, dass man es in diesem ersten Stück unter allen Umständen mit Schuttgebirge zu thun haben wird, in welchem regelmässige mechanische Bohrung ausgeschlossen ist, und dass das Tunnelstück unter der Thalsohle von Kandersteg zu den schwierigsten gehört.

2. Die nördliche Sektion.

Von Km. 13.4 bis Km 17 circa trifft man mit einer einzigen Ausnahme die nämlichen Gesteine an, wie im vorigen Projekt. Vor dem Urgonkalk nämlich, bei Km 13.4, steht möglicherweise Eocän an und zwar ein sehr harter Sandstein.

3. Die mittlere Sektion.

7 Km lang, bis Km 24 circa, muss im Gasterengranit gebohrt werden.

4. Die südliche Sektion.

$5^1/_2$ Km, in den krystallinen Schiefern, die im vorigen Kapitel bereits besprochen wurden. Hinzuzufügen sind:

Bei Km 28 eine Zone grüner Schiefer mit einem Topfsteinlager. Gegen das Südportal hin bei Km 29.1 eine Amphibolitzone, die vom «roten Berg» auf das rechte Lonzaufer hinüber streicht und einen Bleiglanzgang enthält, der wahrscheinlich durch den Tunnel angeschnitten wird.

B. Wildstrubel-Tunnel.

Die beiden Wildstrubeltunnels erreichen das Grundgebirge und die ältesten am Lötschberg vorkommenden Sedimente der Trias nicht mehr. Die zu durchbohrenden Schichten setzen sich ausschliesslich zusammen aus Kalken, Schiefern und Sandsteinen. Was für ein Betrag freilich auf jede dieser Gesteinsarten fällt, lässt sich nicht zum voraus bestimmen; für das Innere des Wildstrubelklotzes sind wir auf die Hypothese angewiesen.

Sicher ist nur, dass der Tunnel auf der Nordseite auf die dunkeln thonigen, mit 30° Süd fallenden Flyschschiefer trifft, in welchen die Kalkklippe des Laubhorns steckt; auf der Südseite vorerst auf schwarze Schiefer und Sandsteine des Lias, dann auf die Kalkbänke des oberen und mittleren Jura. Möglicherweise wird man auf der grössten Tunnelstrecke eocäne Gesteine, Flysch, anbohren.

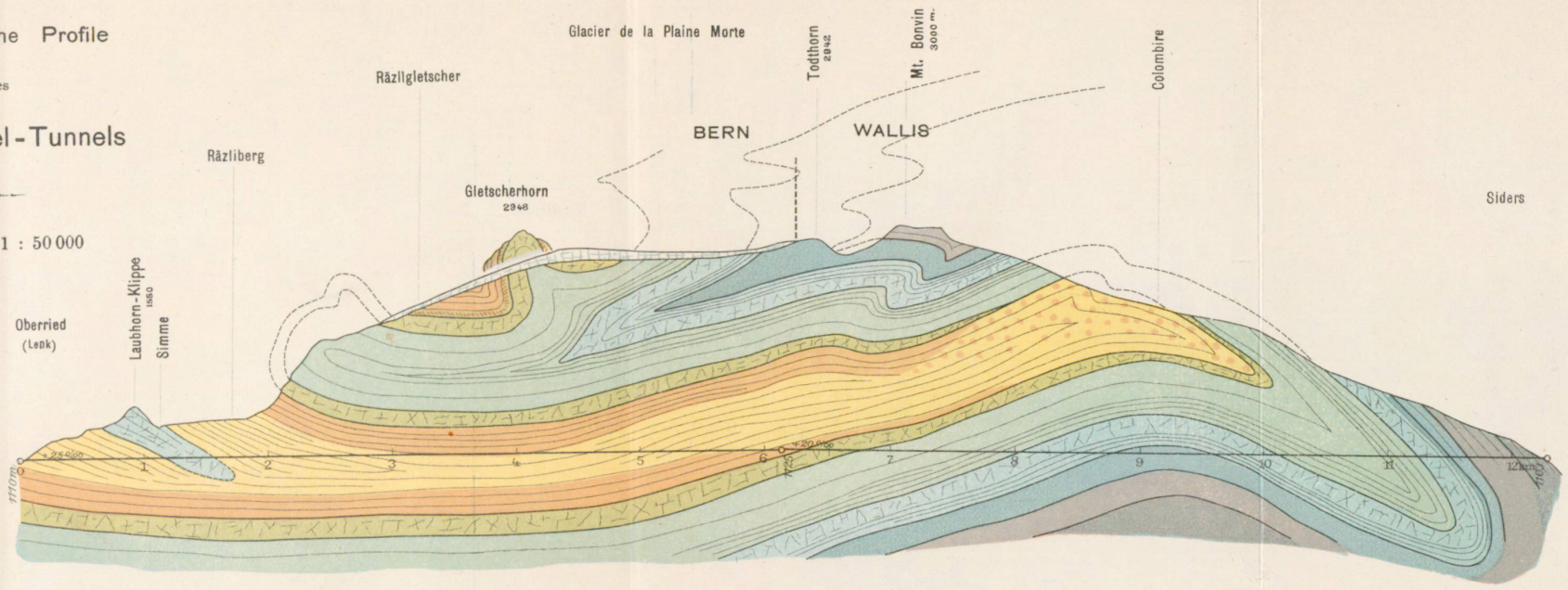
Die Bohrung in den durchweg weicheren Gesteinen, die auf grosse Strecken im grossen und ganzen dieselbe Beschaffenheit haben, wird eine leichte sein. Dagegen wird die Sprengwirkung durch die mehr flache Schichtenlage ungünstig beeinflusst.

Geologische Profile

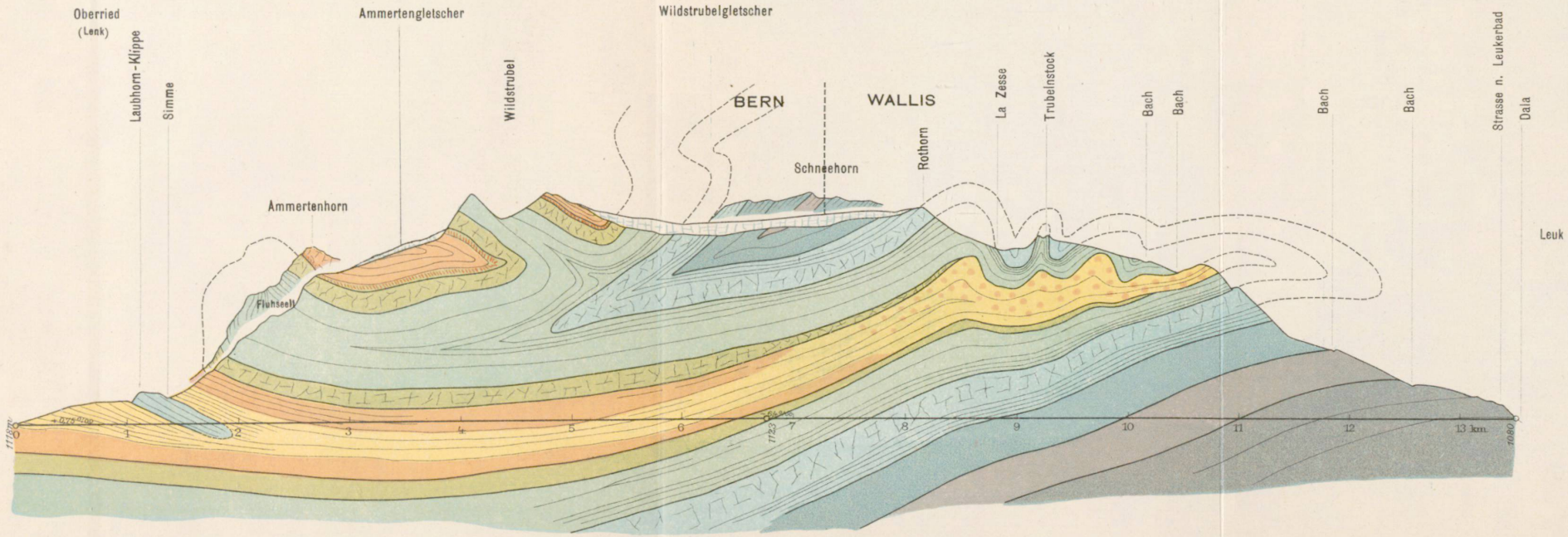
des

Wildstrubel-Tunnels

Massstab 1 : 50 000



Richtung: Oberried–Siders.



Richtung: Oberried–Leuk.

Ausdrücklich soll hervorgehoben werden, dass der Gebirgsdruck im Innern des Wildstrubelmassivs ein enormer sein muss, und falls dort wirklich die weichen Flyschgesteine anstehen, die stärksten Gewölbekonstruktionen notwendig werden.

IV. Wasser-Verhältnisse.

Lötschberg.

1. Kürzerer Tunnel. 12.9 Km.

Die Wechsellagerung wasserdichter und wasserdurchlässiger Schichten wird besonders in der Sektion *a* zu mehreren Wasserzuflüssen Veranlassung geben. Nahe beim Nordeingang wird der eine oder andere der Wasserstränge der am Thalrand von Kandersteg entspringenden Quellen durchschnitten werden. Das Wasser wird aus dem dunklen Urgonkalk heraustreten und bei der Bohrung wenig hinderlich sein, indem dasselbe meist seitlich oder in der Tunnelsohle zufliessen wird und ausgenommen beim Eintritt in die Neocomkalke (Km 20) wenig Wasserzufluss von oben zu befürchten ist.

Von Km 20—21 durch die oft schiefrigen Hauterivien- und Valangienschichten wird beständiger, aber schwacher und mit dem Fortschritt abnehmender Zufluss von oben stattfinden. Beim Eintritt in den rissigen Hochgebirgskalk, ungefähr bei km 21, sind bedeutende Wasserzuflüsse von oben zu befürchten, entsprechend dem Vorhandensein von starken Quellen, welche am nördlichen Thalrand des Gasterenbodens in 1360 m Meereshöhe austreten, ungefähr unterhalb der Stelle, wo der Hochgebirgskalk den Thalboden durchquert. Das Anschneiden des letzteren, nämlich des Kalkes, wird sehr wahrscheinlich dieses Quellenbassin anzapfen und die ganze Wassermenge nach und nach, im schlimmsten Falle auf einmal, zum Abfluss in den Tunnel bringen. Dabei wird der anfängliche Zufluss bedeutend grösser sein, indem sich der Wasserspiegel senken muss, bis das Reservoir vollständig entleert ist. Da es sich um eine sichtbare Wassermenge von ungefähr 200 SL handelt, wahrscheinlich aber viel mehr Wasser durch den Alluvialboden ausfliesst, so muss man sich auf ein anfänglich sehr bedeutendes Wasservolumen gefasst machen, 3—400 SL, im Frühjahr und Sommer mehr, als im Winter. Später mag die Wassermenge auf 250 SL herabsinken. Es ist wiederum möglich, dass durch sehr

günstige Verhältnisse nur ein kleiner Teil des Wassers abgezapft wird. Obige Ziffern beziehen sich auf den Fall, dass das ganze Quellenbassin angeschnitten wird.

Die Unterführung unter den Gasterenboden hat, trotz der geringen Überlagerung, nicht zu befürchten, auf Trümmergestein zu stossen. Die Auffüllung beträgt höchstens 60—70 m. Der Tunnel wird also sicher noch von mindestens 100 m Felsgestein überhöht sein. Wasserzufluss ist auf der Nordseite, im Hochgebirgskalk zu befürchten. Im Dogger, sowie im obern und untern Lias wird häufiges, aber schwaches Wasserträufeln stattfinden. Nur im kompakten mittleren Lias werden bedeutende Wasserzuflüsse zu erwarten sein.

Sektion *b*. Es ist kaum wahrscheinlich, dass der Eintritt in das Gasterengranitmassiv mit bedeutendem Wasserzufluss zusammenfallen wird. Der Granit ist, obschon zerklüftet, nur oberfläclich als Wasser durchlässiges Gestein zu bezeichnen. Die unbedeutende Löslichkeit seiner Substanz verhindert tiefgehende Erweiterungen der Klüfte; somit dringen Tagewasser gewöhnlich nur wenig tief in Granitgestein ein. Da die Überhöhung des Tunnels im abgedeckten Teil des Granitmassivs 1200—1400 m beträgt, so ist der Wasserzufluss bis in solche Tiefe fast vollständig ausgeschlossen.

Sektion *c*. Die steilstehenden krystallinen Schiefer werden, dank ihrer Parallelabsonderung, welche die Wasserführung sehr erleichtert, zuerst sehr schwachen Wassermengen tropfenweisen Zutritt gestatten. Die Menge dieses Sickerwassers wird mit abnehmender Überhöhung des Gebirgs zunehmen und besonders in der Nähe des Südportals in den sehr zerklüfteten Aplit- und Mikrogranitgängen kleinere Quellen bilden. Grössere Quellen werden in der Strecke *c* keine zu erwarten sein.

2. *Langer Tunnel.*

Hier ist besonders die Unterfahrung der Schuttauffüllung des Thalbodens von Kandersteg von grosser Bedeutung. Es ist erstens beständiger Zufluss von Tagewasser zu befürchten, im Falle, dass das Schuttmaterial aus grossen Blöcken (Bergsturz oder Blockmoräne) besteht. Bei lehmig-sandiger oder kiesig-sandiger Grundmoräne wäre dies weniger der Fall. Die Thatsache, dass auf beiden Seiten des Thalbodens, zwischen Kandersteg und Eggenschwand, bedeutende Quellen entspringen, mindestens 500 SL, deutet mit Sicherheit darauf-

hin, dass an der Randzone der Schuttmasse, vor dem Eintritt in das feste Gestein (Km 13.3—13.4), der rechtsseitige Quellenstrang abgeschnitten wird. Da derselbe der ergiebigste ist, so mag die Wassermenge auf mindestens 300 SL angesetzt werden; am Anfang bis zur Entleerung des Bassins natürlich viel mehr.

Sektion 2 wird sich verhalten ganz wie beim kurzen Tunneltracé. Bei Km 14.6 bedeutende Wassermenge aus dem Malm. Von Km 15 bis 17 wenige Zuflüsse oder nur ganz schwaches Schweissen des Gesteins.

Die Sektion 3 wird sich hier wegen der nur schwachen Überhöhung (430 m) durch den Gasterengranit unterhalb Brandhubel etwas anders verhalten, als der entsprechende Teil des kürzeren Projekts. Bei Km 18 wird möglicherweise Tagewasser durch Spalten eindringen. Die Sickerwasser werden aber mit der Überhöhung abnehmen und erst in den krystallinen Schiefern, Sektion 4, wieder etwas zunehmen, um dann mit der allmähligen Abdachung von Km 17 an sich mehr und mehr zu vermehren, ohne aber ein bedeutendes Volumen zu erreichen.

Wildstrubel.

Die sehr ähnlichen Verhältnisse beider Tunnelprojekte erlauben uns, dieselben zusammen zu besprechen. Die Strecke von Km 0—6 wird im allgemeinen nur diffuse, tropfenweise Sickerwässer aufweisen, besonders im Norden beim Durchfahren der steilstehenden Flyschschiefer. Nur beim Durchstich der Laubhornklippe, insofern dieselbe bis auf das Tunnelniveau herabreicht, wird ein grösseres Wasservolumen zu erwarten sein. Der südliche Tunnelteil in den Kreide- und Juraschichten wird bei Km 6.5 und besonders bei Km 8—8.5 bedeutende Wassermengen antreffen; beim Tracé Oberried-Leuk mehr, als beim Tracé Oberried-Siders. Bei ersterem werden höchstens die Liassandsteine in der Nähe des Südportals Wasserzuflüsse gestatten; bei letzterem die Malmkalke bei Km 11.5.

V. Temperatur-Verhältnisse.

Die Schwierigkeiten, die sich der Temperaturbestimmung für einen Punkt innerhalb eines Gebirgsstockes entgegenstellen, sind bekannt. Die Gesteinswärme hängt nicht nur ab von der vertikalen

Tiefe, resp. der kürzesten Entfernung zur Oberfläche; sie wird vielmehr bedingt durch das Gesamtrelief der überlagernden Gebirgsmasse und im einzelnen manigfach beeinflusst durch die Natur des Gesteins, seine Struktur, Wasserführung u. s. w.

Aus dem Grunde ist es auch unmöglich, für die Temperaturberechnungen exakte Formeln aufzustellen, um so weniger, als wir über die Temperatur der Bodenoberfläche in verschiedenen Höhen relativ spärliche Beobachtungen besitzen.

Trotzdem wurden für die einzelnen Projekte die von Stapf aufgestellten Formeln in Anwendung gebracht:

I. $T = t + 0{,}020679\,h$ (h = vertikale Überhöhung)
(n = kürzester Abstand zur Oberfläche)

II. $T = t + 0{,}02159\,n$ (t = Bodentemperatur)

Da die nach obigen Formeln erhaltenen Resultate aber bis auf $\pm$ 5° unsicher sein können, so schien es wünschenswert, auch die von *Heim* angewandte Methode des Vergleichens mit einem bekannten Temperaturprofil (Gotthard) zu benutzen, eine Methode, die erlaubt Temperaturen bis auf $\pm$ 2° richtig zu schätzen. Die letztere Art der Vorausbestimmung diente zur Herstellung der Temperaturprofile; doch werden wir vergleichsweise die nach Stapf erhaltenen Werte ebenfalls beisetzen.

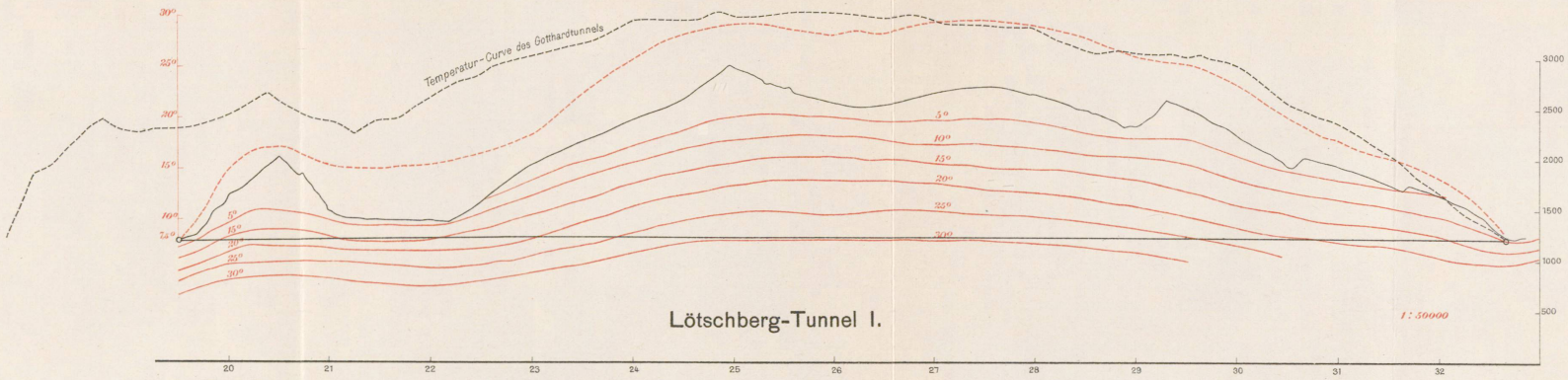
A. Der Temperaturverlauf im Lötschberg.

Das Lötschberggebiet weist in seinem äussern Relief manche Ähnlichkeit mit dem Gotthardgebiet auf: ähnliche Gipfelhöhen, Einschneiden eines tiefen, bereits im Streichen verlaufenden Thales in den Gebirgskörper mit fast gleicher Thalsohlenhöhe u. s. w.

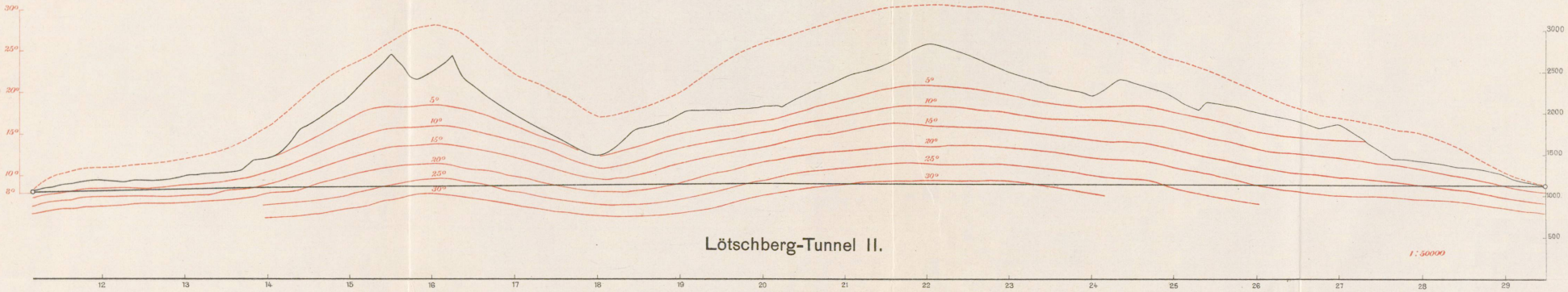
Aus dem Grunde ist ein Zunehmen der Erdwärme analog demjenigen des Gotthards sehr wahrscheinlich.

Für das höhere kürzere Lötschbergprojekt tritt dann als günstiger Umstand noch hinzu, dass die Tunnelaxe bei 100 m höher liegt als am Gotthard. Im übrigen ergeben sich die für dieses Projekt voraussichtlich zu erwartenden Temperaturen aus folgender Tabelle:

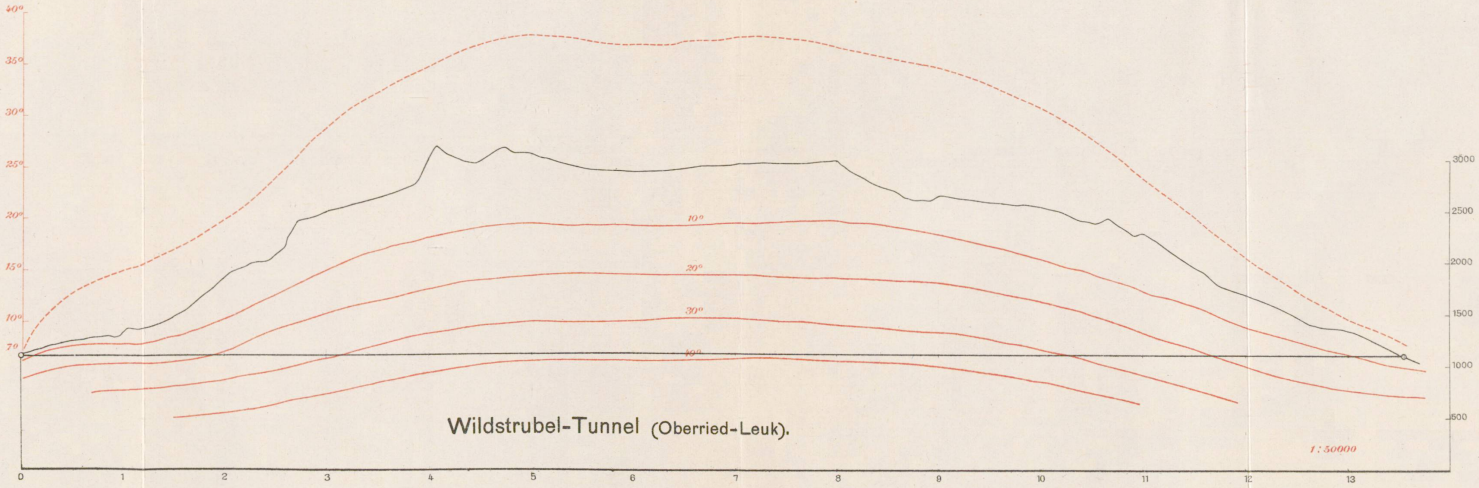
Längenprofile mit dem voraussichtlichen Verlauf der Geoisothermen.



Lötschberg-Tunnel I.



Lötschberg-Tunnel II.



Wildstrubel-Tunnel (Oberried-Leuk).

GRAPH. KUNSTANSTALT H. & A. KUMMERLY & FREY, BERN.

Km	Berechnet nach I.	Berechnet nach II.	durch Vergleichung.
Nord-Portal	7,5°	7,5°	7,5°
20	15°	13°	14°
21	11°	10,5°	15°
22	10°	10°	15,4°
23	18°	16°	18°
24	25,5°	25,8°	25°
25	34°	30°	29,5°
26	28°	28°	29°
27	30°	30,5°	29°
28	29,7°	29°	28°
29	25°	25°	26°
30	23°	22°	22°
31	18°	18°	18°
32	13°	13°	14°
Süd-Portal	8°	8°	8°

Wir werden daher kaum fehlgehen, wenn wir die Maximaltemperatur bei 30° annehmen, und eine Vergleichung ergiebt, dass man beim Bau des kürzern Lötschbergtunnels mit ähnlichen Wärmeverhältnissen zu rechnen haben wird, wie es am Gotthard der Fall war.

Dasselbe gilt in noch höherem Masse auch für das tiefere Lötschbergprojekt. Doch wird hier die Maximaltemperatur der orographischen Verhältnisse wegen eine etwas höhere sein, 31° jedoch kaum übersteigen und überdies nur auf eine kurze Strecke. Die zu erwartenden Temperaturen sind folgende:

Km	Berechnet nach I.	Berechnet nach II.	Durch Vergleichung.
Nord-Portal	8°	8°	8°
12	10,9°	10,9°	11°
13	11°	11°	12°
14	14,5°	13°	16°
15	26°	23°	23°
16	30°	30°	28°
17	21°	20,5°	22°
18	14°	13°	17°

Km	Berechnet nach I.	Berechnet nach II.	durch Vergleichung.
19	21°	19°	20°
20	22°	23°	26°
21	29°	26°	29°
22	36°	35°	31°
23	30°	30°	30,5°
24	25°	25°	27°
25	24°	23°	24°
26	22°	21°	20°
27	19°	17°	17°
28	13°	12°	15°
29	10°	10,5°	14°
Süd-Portal	8°	8°	8°

B. Der Temperaturverlauf im Wildstrubel.

Das Wildstrubelgebiet stellt eine einzige klotzige, wenig gegliederte Masse dar, mit mauerartig aus den Thälern emporstarrenden Abstürzen, gekrönt von einem breiten Plateau, aus dem nur wenige höhere Spitzen hervorragen.

In einem Gebirgsstock mit derartigen Reliefformen wird natürlicherweise der Verlauf der Geoisothermen ein wesentlich anderer sein, als am Gotthard resp. Lötschberg und für die Tunnelprojekte sind bedeutend höhere Temperaturen vorauszusehen. Während am Lötschberg die grösste Vertikaldistanz für den tieferen Tunnel 1700 m, für den höheren 1644 m beträgt und zwar nur auf einer ganz kurzen Strecke, wird sie im Projekt Oberried-Leuk z. B. 1950 m und überschreitet dort die Maximalüberhöhung des Lötschberges auf einer Länge von mehr als 4 Km. So erhalten wir denn im Leukertunnel höhere Temperaturen als 35° auf einer Strecke von 5 Km und für die innersten 3 Km steigt die Wärme sogar auf **37—38°** (siehe die folgende Zusammenstellung).

Km.	Berechnet nach I.	Berechnet nach II.	Durch Vergleichung.
Nord-Portal	7°	7°	7°
1	11°	11°	15°
2	19°	17°	20°
3	30°	28°	29°
4	39°	36°	35°
5	40°	40°	38°
6	36°	38°	37°
7	37°	38°	38°
8	39°	38°	37°
9	33°	33°	35°
10	31°	32°	31°
11	27°	23°	24°
12	17°	17°	16°
13	12°	12°	16°
Süd-Portal	8°	8°	8°

Etwas günstiger als das vorige Projekt stellt sich der Tunnel Oberried-Siders. Immerhin erhalten wir auch dort Temperaturen von über 30° auf einer Länge von 4,5 Km; 35° zwischen Km 5 und 7.

Aus den vorhergehenden Ausführungen ergiebt sich, soweit die Wärmeverhältnisse in Betracht kommen, dass die Lötschbergprojekte den Wildstrubelprojekten weit überlegen sind. Die beiden Lötschbergprojekte stellen sich so ziemlich in gleiche Linie. Eine Verschiebung der Tunnelaxe im Lötschberggebiet innerhalb der beiden Tracélinien wird an diesem Verhältnisse wenig ändern.

VI. Geologische Begutachtung einer allfälligen Verschiebung der noch nicht bestimmten Tunnelaxe durch den Lötschberg innerhalb eines Streifens von ½—1 Km Breite rechts und links von der vorläufig angenommenen Axe.

Eine Verschiebung der kürzeren Tunnelaxe nach Westen halten wir entschieden für unvorteilhaft. Erstens hätte sie eine Unterfahrung des Gasterenbodens unter ganz schiefem Winkel zur Folge, wodurch jene Strecke verlängert, die Überhöhung des Tunnels aber

auf kaum 150 m reduziert und die Mächtigkeit des Felsbodens über dem Tunnel kaum mehr als 50 m betragen würde. Dabei ist neben der Zunahme des Tagewassers zu befürchten, ja sicher anzunehmen, dass die ganze Wassermenge der Quellen am Nordrand des Gasterenbodens abgeleitet werde.

Sodann käme der Tunnel noch näher als es jetzt der Fall ist, in die Nähe der gewaltigen Kalkmasse des Balmhorns-Ferdenrothorns, wodurch die Temperaturverhältnisse sich bedeutend ungünstiger gestalten müssten.

Eine Verschiebung der Axe gegen Osten zu könnte nur den Vorteil haben, dass der Wasserzudrang von der Nordseite des Gasterenthales ein weniger grosser würde. Bezüglich der Temperatur bleiben sich die Verhältnisse so ziemlich gleich. Dagegen wird der Tunnel länger und zwar hauptsächlich die mittlere Granitsektion b.

Wir betrachten daher das eingezeichnete kürzere Tracé vom geologischen Gesichtspunkt aus als das richtige.

Bei einer Verschiebung der längeren Tunnelaxe kann es sich nur um eine solche in der Richtung nach Osten handeln, d. h. Verlegung des nördlichen Tunneleingangs in das Felsgestell der Birre durch eine gekrümmte Einfahrt. Eine derartige Verlegung hätte den Vorteil, dass der Tunnel dem schwierigen Teilstück unter dem Kanderstegboden ausweichen könnte.

VII. Vergleichung der verschiedenen Tunnelprojekte.

Nach eingehender Vergleichung vom geologischen Standpunkt aus kommen wir zu folgenden Schlüssen:

Lötschbergtunnel. Vorteile desselben:

1. Einheitlichkeit und gleichmässige Beschaffenheit der Gesteine auf lange Strecken, hauptsächlich im Gasterengranit.
2. Allgemein steile Stellung der krystallinen Schiefer und ihr Streichen senkrecht zur Tunnelaxe.
3. Verhältnismässig geringe Temperatur, auch beim tiefen Tracé.
4. Gutes Baumaterial, sowohl auf der Nord- als auf der Südseite.

Aus dem einzigen Vorteil des langen Tracés, seiner tiefen Lage, erwachsen folgende Nachteile:

1. Bedeutende Länge.

2. Schwieriger Tunnelbau in der ersten Sektion auf der Nordseite, welcher höchstens durch eine bogenförmige Tunneleinfahrt mit Verlegung der gradlinigen Tunnelaxe gegen Osten umgangen werden könnte.

Wildstrubeltunnel.

Vorteile:

1. Leichte Nord- und Südzufahrt. Dieser Vorteil ist besonders den Lötschberg-Projekten gegenüber hervorzuheben, indem hier auf der Südseite der Tunnel in ein von Lawinen und Bergsturz viel bedrohtes Seitenthal ausmündet.
2. Leichtere Bohrung in ziemlich gleichmässig beschaffenem Gestein.
3. Einfachere Wasserverhältnisse.

Nachteile:

1. Starker Gebirgsdruck. Daher Notwendigkeit einer durchgehend sehr starken Ausmauerung.
2. Hohe Temperaturen auf lange Strecken.
3. Geringe Sprengwirkung in den flachliegenden Schichten.
4. Schwer zu beschaffendes, gutes Baumaterial auf der Südseite.

Nach rein geologischen Rücksichten kommen wir dazu, dem kürzeren Lötschbergprojekt den Vorzug vor den andern Tunnelprojekten zu geben.

Bern, den 17. Februar 1900.

Die Experten: *v. Fellenberg.*

Kissling.

Schardt.