

REDEN

gehalten bei der

feierlichen Inauguration

des

für das Schuljahr 1874/75 gewählten

Rectors der k. k. technischen Hochschule

Dr. Ferdinand v. Hochstetter,

o. ö. Professor der Mineralogie und Geologie,

k. k. Hofrath,

Geologie und Eisenbahnbau. *L. 21 ff.*

am 10. Oktober 1874.

WIEN 1874.

Buchdruckerei von L. W. Seidel & Sohn.

Verlag der k. k. technischen Hochschule.



REDE

des

neu antretenden Rectors

DR. FERD. V. HOCHSTETTER,

o. ö. Professor der Mineralogie und Geologie, k. k. Hofrath.

Geologie und Eisenbahnbau.

Hochansehnliche Versammlung!

Es sind Gefühle der Freude und des Stolzes, die mich bewegen in dem Augenblicke, in welchem ich als neu gewählter Rector dieser Hochschule mein Amt antrete, — Gefühle freudiger Hoffnung, wenn ich auf die hier versammelte Jugend blicke, in welcher ich die Studirenden unserer Hochschule beim Beginne des neuen Studienjahres begrüsse, und Gefühle freudigen Stolzes, wenn ich mich der ansehnlichen Reihe meiner verehrten Collegen zuwende, deren Vertrauen mir diesen ehrenvollen Platz angewiesen hat. Ihnen, hochverehrte Freunde und Collegen, sage ich vor Allem meinen tiefgefühltesten Dank für die Ehre, welche sie mir erwiesen haben, und in Ihrem Namen spreche ich unsere wärmste Anerkennung aus dem abtretenden Herrn Rector, Prof. Dr. V. Pierre, für die hingebende Pflichttreue und für die wohlerrwägende Umsicht, mit welcher er im verflossenen Schuljahre die Geschäfte geleitet hat. Den Studirenden rufe ich ein herzliches Willkommen zu in den Räumen dieser Hochschule, an welcher sie die für den Kampf des Lebens nöthige Rüstung des Wissens und Könnens sich erwerben und anlegen sollen. Im Namen aller meiner Collegen begrüsse ich Sie als unsere jungen Freunde und gebe dem Wunsche und der Hoffnung Ausdruck, dass Sie, durchdrungen von dem Bewusstsein des hohen Zieles, welchem Sie zugeführt werden sollen, sie hochhalten mögen und wahren — die Ehre und die Gesetze dieser Hochschule!

In meiner weiteren Rede gestatten Sie mir, hochverehrte Anwesende, mich auf den specielleren Standpunkt des Lehrers der Geologie zu stellen, als welcher ich dieser Hochschule angehöre.

Von der hohen Bedeutung der geologischen Wissenschaft nach ihrer *speculativen* Richtung habe ich vor wenigen Monaten an anderer Stelle bei festlicher Gelegenheit gesprochen. Ich habe damals, indem ich die fortschreitende Entwicklung dieser Wissenschaft und ihre Beziehungen zu den übrigen Naturwissenschaften in kurzen Umrissen zeichnete, darzulegen versucht, welcher Antheil der Geologie an jener tiefgreifenden Umgestaltung unserer Grundanschauungen über Wahrheit und Gesetz in der Natur zukommt, welche den Inhalt der modernen philosophischen und naturwissenschaftlichen Weltanschauung ausmachen. Nach dieser Seite betrachtet — als Entwicklungsgeschichte der Erde und als Geschichte des organischen Lebens auf derselben, oder in kurzen Worten, als „Geschichte der Schöpfung“ — darf die Geologie heute gewiss den Anspruch erheben, ebenso als ein Factor der allgemeinen Bildung betrachtet und gewürdigt zu werden, wie die Geschichte der Völker und Staaten, und diess um so mehr, als ja der innere Bau des Bodens, den uns die Geologie zum Verständniss bringt, einen unbestreitbaren Antheil hat auch an der Geschichte des Menschen. Oder wer wollte läugnen, dass der Mensch nicht ebenso abhängig ist von der Erdscholle, welcher er entsprossen, wie die Pflanze und das Thier? Wer kann es verkennen, dass die geologischen Verhältnisse der Länder von mitbestimmendem Einfluss sind auf die Abgrenzung der Staaten und Völker, auf die Mannigfaltigkeit der Entwicklung ihres socialen, moralischen und intellectuellen Lebens? In dieser Beziehung ist die Geologie eine der interessantesten Hilfswissenschaften auch für die philosophisch-historischen Disciplinen, sowie für die Staatswissenschaften geworden.

Jedoch die Geologie hat noch eine eminent *practische* Seite, die sich in den mannigfaltigen Beziehungen dieser Wissenschaft zu den *technischen* Fächern kund gibt. Diese Beziehungen vorzugsweise sind es, welche alljährlich die zahlreichen Schüler unserer Ingenieur- und Bauschule, sowie der chemisch-technischen Fachschule in die Vorlesungen über Gesteinskunde und Stratigraphie oder geologische Formationslehre führen; ihnen sollen daher meine heutigen Betrachtungen gewidmet sein.

Freilich betrete ich damit ein Gebiet von solchem Umfange, dass mir die Zeit Beschränkung auferlegt. Allein ich brauche wohl kaum weitere Worte zu verlieren über den unmittelbaren Zusammenhang der Geologie und der Montanwissenschaften oder über die

fundamentale Wichtigkeit, welche die Wissenschaft von der Zusammensetzung und dem Bau der festen Erdrinde als erste und nothwendigste Fachwissenschaft für den Berg- und Hüttenmann besitzt; auch ihre Bedeutung für den rationellen Forst- und Landwirth ist einleuchtend genug und von jeher richtig gewürdigt worden.

Von verhältnissmässig jüngerem Datum und noch keineswegs immer und überall gehörig gewürdigt sind jedoch die Beziehungen der Geologie zu den Ingenieurwissenschaften. Sie finden ihren prägnantesten Ausdruck in dem mehr und mehr intimen Verhältniss, welches sich in unserer Zeit aus innerer Nothwendigkeit speciell zwischen dem Eisenbahnbau und der Geologie herausgebildet hat, und da es vorzugsweise die Hörer des Eisenbahnbaues sind, welchen die Geologie an unserer Hochschule als unentbehrliche Hilfswissenschaft geboten wird, so beschränke ich mich darauf, eben dieses Verhältniss eingehender zu besprechen. Was von dem Verhältniss der Geologie zum Eisenbahnbau gilt, hat ohnehin auch seine Geltung für das Verhältniss der Geologie zum Strassen- und Wasserbaue.

Das Ingenieurwesen unserer Tage verdankt seinen mächtigen Aufschwung in erster Linie dem mit der fortschreitenden Civilisation immer mehr sich steigernden Bedürfniss der Communication. Erst der neueren Zeit, die an grossartigen Schöpfungen menschlicher Intelligenz, Betriebsamkeit und Ausdauer reicher ist als irgend eine, war es vorbehalten, die halbrecherischen Saumpfade und schlechten Strassen des Alterthums und des Mittelalters durch Ueberbrückung von Strömen und Abgründen in früher nie gekannte Kunstbauten zu verwandeln. Aber wenn die Simplon- oder St. Gotthard-Strasse, die Julier- und die Brennerstrasse und so viele andere mit Recht Bewunderung verdienen, so werden doch auch diese Werke tief in Schatten gestellt von den modernen Alpenbahnen.

Nachdem Oesterreich vorangegangen und schon in den Fünfzigerjahren seine Reichshauptstadt mit seinem Haupthafenplatz Triest durch die erste grossartige Eisenbahn über die Alpen verbunden, der sich im Jahre 1867 als würdiges Seitenstück die Brennerbahn anreihete, sehen wir gegenwärtig die dritte, die Mont-Cenis-Bahn, bereits vollendet und die vierte, die Gotthardbahn, energisch in Angriff genommen. Kein Hinderniss, welches die Natur zwischen die Völker

gelegt, scheint unserer Zeit gross genug, — es wird hinweggeräumt. Die Oeffnung der Landenge von Suez, die Riesenbahn über die Felsengebirge Amerikas, welche die Gestade des atlantischen und des pacifischen Oceans verbindet, sind vollendete Thatsachen. Die Durchgrabung der Landenge von Panama und die Tunnelirung der Strasse von Calais sind Projecte der Zukunft.

So werden die Aufgaben, welche die Ingenieure zu lösen haben, immer grössere, und immer neue Hilfsmittel müssen zu deren Lösung in Anspruch genommen werden.

Die von Project zu Project sich steigernde Grossartigkeit der Unternehmungen, welche die moderne Technik zur Ausführung bringt, besteht aber in letzter Instanz darin, dass dieselben immer entferntere Punkte in die kürzeste Verbindung zu bringen streben, dass sie ein immer tieferes Eindringen in die Erdrinde wagen, und immer colossalere Massenbewegungen an der Oberfläche nothwendig machen. Damit nehmen die Probleme mehr und mehr einen geologischen Charakter an, und die Geologie wird zur nothwendigen Gehilfin der Technik. Mochten daher immerhin die Strassen- und Wasserbau-Ingenieure der alten Römer ihrer Aufgabe auch ohne Geologie gerecht werden und Werke schaffen, deren Grossartigkeit wir in ihren Trümmern und Ruinen heute noch bewundern, — der moderne Eisenbahningenieur wird sich der Geologie nicht entschlagen können. Wo es sich um die Führung von Eisenbahnlinien durch ganze Continente und über die gewaltigsten Alpenketten der Erde, wo es sich um meilenlange Tunnels mitten durch das Herz der Gebirge oder selbst unter dem Boden des Meeres handelt, da treten vor Allem geologische Fragen in den Vordergrund, die ihre Lösung erheischen, bevor noch an die technische Seite des Unternehmens gedacht werden kann.

So dürfen wir uns nicht wundern, dass an fast allen grösseren Eisenbahnunternehmungen der Neuzeit auch die Geologie ihren Antheil hat. Die Geschichte der grossen Eisenbahnunternehmungen der letzten Dezzennien liefert uns Beispiele in reicher Menge.

Ich erinnere vor Allem an die umfassenden wissenschaftlichen und speciell geologischen Vorarbeiten, welche die Regierung der Vereinigten Staaten vor Ausführung der Pacificbahn in den Jahren 1853—59 in ihren westlichen Territorien durchführen liess. Ein bewundernswürdiges, zu den interessantesten naturwissenschaftlichen Publicationen

gehöriges Werk von 13 voluminösen und reich illustrierten Quartbänden¹⁾ ist das bleibende Ehrenkenmal, welches sich die zur Erforschung der Ueberlandroute ausgesandte grosse amerikanische Expedition errichtet hat. Ich erinnere ferner an die für die Kenntniss China's Epoche machenden Forschungsreisen meines Freundes Baron v. Richthofen in den verschiedenen Provinzen des grossen Oestreiches in den Jahren 1868-1872. Dieser ausgezeichnete Geologe hat mit überzeugender Klarheit die Linie bezeichnet,²⁾ auf welcher dereinst die Locomotive vom Mündungsgebiete des Yantsze und Hwangho über Singanfu, Hami und Kuldja die weiten Gebiete Central- und Ost-Asiens dem modernen Verkehr erschliessen wird. Ich darf hier wohl auch meine eigenen geologischen Untersuchungen in der europäischen Türkei aus Veranlassung der ersten Recognoscirungs- und Tracirungsarbeiten für das türkische Eisenbahnnetz im Jahre 1869³⁾ anführen. Eine ähnliche Aufgabe hat im vorigen Jahre den Geologen der k. k. geologischen Reichs-Anstalt, Herrn Dr. Tietze, im Interesse der persischen Bahnen zu geologischen Untersuchungen in das Reich des Schah geführt.

Allein ich will mich nicht auf Beispiele beschränken, die sich nur auf eine erste, gewissermassen übersichtliche geologische Recognoscirung ganzer Ländergebiete für die allgemeineren Zwecke grosser Eisenbahnunternehmungen beziehen. Bei derartigen Recognoscirungen, bei welchen es sich in der Regel auch um montanistische Nebenspeculationen der Eisenbahnunternehmungen oder wenigstens um das Aufsuchen geeigneter Baumaterialien handelt, wird es jederzeit am zweckmässigsten sein, wenn specielle Fachmänner den Ingenieuren berathend zur Seite stehen. Anders verhält es sich aber bei den Aufgaben, welche die wirkliche Ausführung der Projecte mit sich

¹⁾ Reports of Explorations and Surveys, to ascertain the most practicable and economical route for a railroad from the Mississippi River to the Pacific Ocean 1853—59, Washington.

²⁾ Ferd. Freih. von Richthofen, Ueber den natürlichsten Weg für eine Eisenbahnverbindung zwischen China und Europa, Vortrag gehalten am 11. April 1874 in der Sitzung der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin.

³⁾ F. v. Hochstetter, die geologischen Verhältnisse des östlichen Theiles der europäischen Türkei, in 2 Abtheilungen mit geologischen Karten, Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1870 und 1872; nebst einer Reihe von Aufsätzen unter dem Titel „Reise durch Rumelien“ in den Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft von Wien 1870—1871.

bringen, bei der Tracirung der Linien und dem Baue selbst.¹⁾ Da genügt es nicht mehr, zeitweilig den guten Rath eines dem Unternehmen ferne stehenden Geologen einzuholen, um denselben zu befolgen oder auch nicht, je nachdem es Einem passt; da muss der Ingenieur selbst der Mann sein; da lässt sich leicht zeigen, von welcher Wichtigkeit für ihn die Geologie ist, indem nur eine klare Auffassung auch der geologischen Verhältnisse eine richtige Wahl der Trace und eine sichere Beurtheilung der Bauschwierigkeiten des Projectes ermöglichen. Das haben die erfahrendsten und hervorragendsten Ingenieure längst erkannt. Ich könnte auch eine Reihe von Ingenieuren anführen, die ebenso ausgezeichnete Techniker als Geologen sind und die Wichtigkeit der Geologie für den Ingenieur stets aufs nachdrücklichste betonen. Allein ich will mich nur auf das Zeugniß des berühmten Tunnel-Ingenieur's Herrn Franz Ržiha (jetzt Oberingenieur bei der k. k. Generalinspection der österreichischen Eisenbahnen) berufen.

Ržiha sagt in seinem vorzüglichem Lehrbuch des Tunnelbaues wörtlich folgendes: „Das Studium des Terrains verlangt gewisse geologische Vorkenntnisse und es möge gestattet sein zu sagen, dass die Erlangung derselben von den Studirenden auf den polytechnischen Hochschulen leider nur zu sehr unterschätzt wird. Ausser dem Bergmann, für welchen doch anerkannt die geologischen Kenntnisse als die Ausgangsstufen seiner ganzen Thätigkeit hingestellt werden, beschäftigt sich Niemand mehr mit Massenbewegungen in der Erdrinde, wie der Ingenieur für Communicationsbauten. Während der Bergmann seine geologischen Kenntnisse nicht allein dahin verwerthen muss, um ein Mineral oder Fossil aufzufinden, hat der Bauingenieur die Trace seiner Weglinie nicht allein vom geologischen Standpuncte aus zu beurtheilen und zu verändern, sondern er muss auch in dem gegebenen Falle einer Massenbewegung, eines Eindringens in die Erdrinde alle auftretenden Factoren wegen des Kostenpunktes und der zu treffenden Vorkehrungen bis in das Detail zu erkennen vermögen. Ganz besonders gilt dies für den Tunnelingenieur: denn diesen befähigen einzig

¹⁾ Die Geologie kommt bei Eisenbahn-, Strassen- und Kanalanlagen in vierfacher Hinsicht in Frage: 1) beim Traciren d. i. bei der Wahl der Linie, 2) beim Kostenvoranschlag, 3) bei der Ausführung und 4) beim Aufsuchen geeigneter Baumaterialien.

und allein geologische Kenntnisse zur vollen Würdigung seines Vorhabens, zum geistigen Blicke in das Innere des Gebirges, und nur mit diesen ausgerüstet ist ihm die wechselreiche Skala der Baukosten und der Bauschwierigkeiten, sowie der Vergleich mit schon ausgeführten Bauwerken verständlich.“¹⁾)

Lassen Sie mich diese beherzigenswerthen Worte noch näher erläutern.

Die durch die geologischen Verhältnisse bedingten Bauschwierigkeiten können zweifacher Natur sein. Sie können bedingt sein erstens durch das Material, d. h. durch die natürliche Beschaffenheit der Gesteine oder Gebirgsarten, welche zu bearbeiten sind, also durch petrographische Verhältnisse, oder sie können bedingt sein zweitens durch die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse dieser Gesteine, durch stratigraphische und geotektonische Verhältnisse.

In ersterer Beziehung sind namentlich die Härte des Materiales, seine Festigkeits-, Structur- und Schichtungs-Verhältnisse für die Schwierigkeit seiner Gewinnung — also bei der Bauausführung, die Dauerhaftigkeit desselben aber für die Erhaltung des Bauwerkes von maassgebender Bedeutung.

Die Wichtigkeit der Petrographie oder Gesteinslehre für den Ingenieur ergibt sich daraus von selbst. Denn die Gesteinslehre kennzeichnet den Härtegrad der Gesteine, die Stucturverhältnisse, die

¹⁾ Franz Ržiha, Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst, 2 Bände, Berlin, 1864—1872. II. p. 531—532.

Um Beispiele hervorzuheben, fährt Ržiha fort, wird derjenige Ingenieur, welcher geologische Kenntnisse hat, Tunnelbauten in Granit, Gyps, Porphyr, Basalt etc. als sehr schwer in der Gewinnung und meistens trocken; Tunnelbauten in Grauwacke und Thonschiefer, wenn sie auch in festen Partien dieser Gesteine umgeben, als schon der Mauerung bedürftig; Tunnelbauten in geschlossenem Bundsandstein, Quadersandstein als billig, oft der Wölbung entbehrlich, Tunnelbauten im Muschelkalk, Zechstein, in den Gesteinsbänken der Keuper- und Juraformation als schwierig druckhaft und nass, ferner Tunnelbauten in den Mergelschichten des Röth, des Bundsandsteines, der Keuper- und Kreidegruppe, in den Jurathonen, besonders in den Sand- und Lettenschichten des Tertiär- und Diluvialgebirges als äusserst druckhaft und als nass erkennen müssen u. s. w. — auch vorhandene ältere generelle Kostenachweise mit geologischer Markirung sofort zu würdigen und in richtigen Vergleich zu stellen wissen.“

Haltbarkeit oder Verwitterbarkeit derselben und befähigt so zu sicheren Schlüssen über die Kosten der Gewinnung, über die Stärke der Zimmerung und Mauerung bei Tunnelbauten, sowie zur einer richtigen Beurtheilung der Qualität der Bausteine und des zu den Aufschüttungen u. dgl. verwendeten Materiales.

Die Fälle, dass in Folge unrichtiger Beurtheilung der Festigkeit und der Dauerhaftigkeit der Gebirgsarten verfehlte Bauanlagen gemacht und nicht rechtzeitig alle Schutzmittel vorgesehen wurden, oder die Fälle, dass Bauunternehmungen durch eine falsche Schätzung der Kategorie, in welche die Bodengattung hinsichtlich der Gewinnungskosten gehört, zu empfindlichem Schaden kommen, sind so häufig, dass man um Beispiele nicht verlegen zu sein braucht.

Bei Grassetth unweit Elbogen (auf der Linie Eger-Karlsbad) hat ein Winter hingereicht, um den aus thonigen Cyprisschiefern aufgeführten Damm so zu erweichen, dass er im Frühling als gewaltiger Schlammstrom ins Thal floss. — Bei Feistriz-Rossese, auf der Linie St. Peter-Fiume, hat man Einschnitte im durchnässten blauen Thon ausgehoben und mit diesem Material Dämme geschüttet, als ob plastischer Thon gleiche Eigenschaften besäße wie Schotter; kein Wunder, dass diese Dämme immer breiter, statt höher wurden und dass nachträglich eingebrachte Sicherungsbauten nur schwer zum Ziele der Befestigung führten. — Auf der von Graz nach der ungarischen Grenze führenden ungarischen Westbahn mussten die Subunternehmer schwere Verluste erleiden, weil bei der Voruntersuchung nicht erkannt worden war, dass die an der Oberfläche zu einer weichen, durch reine Handarbeit gewinnbaren Bodenart verwitterte Gebirgsart (ein tertiärer Thonmergel, Opuka genannt) in der Tiefe feste Bänke bilde, die mit Pulver gesprengt werden mussten.

Eine sehr schlimme Erfahrung machten auch die Bauunternehmer bei Pforzheim im badischen Schwarzwald, wo im Brätzingen Tunnel eine 100 Meter im Durchmesser haltende Quarzitlinse mitten im thonigen Buntsandstein angefahren wurde, welche jenen ein Defizit von nahe 900,000 fl. zuzog. Der vorsichtige Geologe hatte die Unternehmer vergeblich gewarnt und gesagt: „Traut den Sandstein-Mergeln nicht, sie schwellen plötzlich zum härtesten Sandstein an.“

Zu den merkwürdigsten und lehrreichsten Erfahrungen gehören jedoch die Vorgänge in dem Tunnel zwischen Heilbronn und Weins-

berg (auf der Strecke Heilbronn-Hall in Württemberg), wo bei der Durchbohrung der Gyps führenden bunten Keupermergel nicht genügend vorbedacht war, dass im Innern des Gebirges statt Gyps Anhydrit (wasserfreier schwefelsaurer Kalk) auftreten dürfte, der durch Aufnahme von Wasser unter bedeutender Volumvergrößerung sich in Gyps umwandeln werde. Die sorgfältige frühere Entwässerung des Terrains wurde vernachlässigt, und die Folge war, dass gerade in der Mitte des ungefähr 1000 Meter langen Tunnels im Innern des Gebirges durch jene Umwandlung während der Arbeit, eine solche Aufblähung der Gebirgsmasse stattfand, dass schon fertige Gewölbestrecken des Tunnels zerdrückt wurden und zahlreiche andere Störungen der Arbeit eintraten. Einen ausführlichen Bericht über diese Vorgänge verdanken wir dem geologisch vorzüglich ausgebildeten württembergischen Eisenbahnbauinspector C. Binder ¹⁾.

„Trotz aller Vorkehrungen, sagt Binder (a. a. O. S. 176), verbreitete sich ein Theil der Schachtwasser (es war ein gegen 90 Meter tiefer Betriebsschacht ungefähr in die Mitte des Tunnels abgeteuft worden) über den anstossenden Tunnelgewölben, die Sohlenwasser aber zum Theil in den Klüften, Spalten etc., welche sich beim Aussprengen des Betriebsstollens gebildet hatten, und von denen aus alsbald ihre eigene Wirkung weitere Wege sich Bahnend begann. Die Wasser mussten als die nächste Ursache einer schlimmen Erscheinung erkannt werden, welche in einem starken, besonders in senkrechter Richtung (aufwärts von der Sohle, abwärts vom Dache aus) wirkenden Drucke bestand. Nicht allein die Schwellen, auf welchen die Hilfsbahn lag, wurden fortwährend gehoben, sondern auch die Kopfhölzer des Stolleneinbaues, ja selbst die beiden fertigen kurzen Gewölbestrecken zunächst des Schachtes litten unter diesem Druck so bedeutende Beschädigungen, dass sie vor Vollendung des Tunnels wieder ausgewechselt und verstärkt werden mussten. Als nun diese Gewölbestücke zum Zwecke ihrer Erneuerung wieder ausgebrochen, der Einbau des Schachtes zur Vollendung des Tunnels herausgenommen und zugleich der Betriebsstollen auf das

¹⁾ C. Binder, Geologisches Profil des Eisenbahntunnels bei Heilbronn. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1864. XX. p. 165.) Wir verdanken Binder auch das geologische Profil des Geislinger Eisenbahneinschnittes (ebend. 1858, XIV. p. 95).

volle Tunnelprofil erweitert wurde, fand sich das zur Zeit des ersten Einbruchs noch so feste, dunkel gefärbte Gestein schon gänzlich verändert; es hatte die verschiedenen Stufen der Umwandlung schon mehr oder weniger vollständig durchlaufen. — Die feste ungeschichtete Thonmasse war geschichteten kurzbrüchigen Mergeln von hellerer rother oder grüner Farbe gewichen, vielfach gespalten und zerklüftet, der feste dichte schwefelsaure Kalk war völlig in krystallinischen körnigen Gyps umgewandelt, zeigte die unverkennbaren Spuren weiterer Zersetzung und war wie der Gyps in den Spaltenausfüllungen etc. zum Theil schon ausgewaschen, während andere Stellen mit neugebildeten Gypskrystallen beschlagen waren¹⁾.

¹⁾ Binder sagt über diese Umwandlung noch weiter Folgendes: (a. a. O. S. 177.) „Im Kerne des Gebirges, wo die grösste Tiefe unter der Oberfläche erreicht ist, fand sich eine massige Ablagerung von sehr festem harten Thon. Schichtung war in den frischen Anbrüchen kaum bemerklich, selbst bei dem Bearbeiten und Aussprengen machte sie sich sehr wenig geltend, nur wo feste Kalk- oder Gyps- (Anhydrit-) Bänke mit Thonen wechseln, konnte sie deutlich erkannt werden. Dagegen ist die Masse vielfach zerklüftet und gespalten, die Spalten stehen nahezu senkrecht und sind stets dicht mit Faser-gyps angefüllt. Die Färbung ist eine dunkle blauschwarze, Wasser brach in diesen Thonen nirgends ein. Sobald die senkrecht angebrochenen Wände dieses Gesteins in Berührung mit Luft und Feuchtigkeit kamen, blähte es sich stark auf, und so fest es auch war, so leicht spalteten sich Schiefer von muschligem Bruche und mehr oder weniger Flächengehalt, bis zu einigen Linien Dicke senkrecht ab. Das Ablösen geschah häufig plötzlich, war von Knistern, ja nicht selten von ziemlich starkem Knalle begleitet, womit dann ein so heftiges Abspringen verbunden war, dass hie und da leichte Verwundungen der Arbeiter verursacht wurden. — (S. 195.) Der Vorgang bei der Umwandlung des wasserfreien schwefelsauren Kalkes in Berührung mit Wasser zu Gyps ist folgender: Der dichte, derbe grau gefärbte Anhydrit ändert sein Gefüge, es wird dieses feinblättrig krystallinisch; die Farbe wird lichter, weiss wo reines Wasser wirkt, röthlich wo das Wasser Farbstoff aus den Thonen mit sich bringt. Es erfolgt Spaltung in Bänke und Blätter, besonders da, wo die vorher dichtverwachsenen, nicht erkennbaren, feinen Thonblättchen durchsetzen; aber auch in den verschiedensten unregelmässigen Richtungen reisst der feste massige Anhydrit in einer so eigenthümlichen Weise, dass man glauben möchte, eine innere Kraft — wenn es denkbar wäre z. B. die Expansion von Gasen — müsse die unregelmässigen Risse und Höhlungen hervorbringen. Ohne Zweifel ist die Ausdehnung eine ungleichmässige und ungleichzeitige, so dass ungleiche Spannungen entstehen, denen die Masse nur durch Zerreißen nachgeben kann. — (S. 196.) Leider ist es mir nicht gelungen, directe Versuche über die Grösse der Kraft der

Diese Erscheinungen haben sich überall wiederholt, wo angebrochenes festes Thongestein längere Zeit den Einflüssen der Feuchtigkeit ausgesetzt war, sie gingen an manchen Stellen in raschem Verlauf unter unseren Augen vor sich.“ -- Die umgewandelten Anhydrite verhalten sich übrigens jetzt ruhig und die Umwandlung geht nicht tiefer, als 1 bis 1·5 Meter vom Tunnel aus in's Gebirge.

Ich könnte diesen Beispielen noch viele andere beifügen. Allein ich beschränke mich und komme nunmehr auf die eine viel tiefere geologische Einsicht erfordernden stratigraphischen und geotektonischen Verhältnisse des Terrains zu sprechen, welche — die volle Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse in erster Linie natürlich vorausgesetzt — für den Ingenieur massgebend sein müssen, nicht bloss bei der Wahl der Linie, wo es sich um die Möglichkeit verschiedener Tracen handelt, sondern auch bei der ganzen Bauanlage; denn jene bedingt diese; schon beim Traciren muss man sich die Art und Weise der Ausführung vor Augen halten, und kein Ingenieur kann traciren, welcher nicht auch den Bau auszuführen versteht.

Was nun in dieser Beziehung als sogenannte „Terrainlehre“ in meist wenig wissenschaftlich gehaltenen Lehrbüchern, hauptsächlich für Geometer und Militärs berechnet, geboten wird, erscheint mir völlig ungenügend für einen Ingenieur, der mit der

Aufblähung des Anhydrits anzustellen. Beachten wir indessen die Betrachtungen von Elie de Beaumont, welcher die Kraftentwicklung bei der „Epigenie des Gypses“ mit der Kraftentwicklung vergleicht, welche sich bei dem Uebergange des Wassers in Eis zeigt. Das specifische Gewicht des Anhydrits zu 2·96 und das des Gypses zu 2·32 angenommen, muss bei Umwandlung des Anhydrits in Gyps eine Volum-Vermehrung von 1 : 1·275 stattfinden; die Volum-Vermehrung des Eises gegen das Wasser beträgt aber nur 1 : 1·075 und hieraus wird geschlossen, dass die ausdehnende Kraft des Gypses oder Anhydrits nahezu 4mal so gross sei, als die des Eises, was zu einer ganz ungeheuren Kraft führen müsste. Denn nach der von W. Thomson aufgestellten Lehre über die Einwirkung des äusseren Druckes auf den Gefrierpunkt des Wassers, entspricht der Druck des Eises, welches sich bei -- 1° C. bildet, schon den Druck von 134 Atmosphären. — Wir lassen es dahin gestellt, ob die angenommene Beziehung des Anhydrits zum Eis zulässig ist, ob nämlich die Kraftäusserung beider nach dem einfachen Verhältniss der Volums-Vermehrung verglichen werden darf.“

böchsten wissenschaftlichen Ausbildung an die grossen und schwierigen Aufgaben seines Berufes herantreten will. Die einzig wahrhaft wissenschaftliche Terrainlehre bietet die Geologie. Sie erklärt den natürlichen Zusammenhang der Oberflächengestaltung und des inneren Gebirgsbaues, sie zeigt wie die äussere Gestaltung des Terrains nur die Folge ist der inneren Structur, wie die Oberflächenverhältnisse bedingt sind durch die Gesteinsformationen und ihre Lagerung, und wie alle diese Verhältnisse, so stabil sie auch dem Auge des Laien erscheinen mögen, doch den verschiedenartigen Veränderungen unterworfen sind, welche die Erdoberfläche in absehbaren Zeiten durch die Gewässer und Atmosphärien erleidet.

Kann aber, frage ich, ein Eisenbahnbau rationell geführt oder geleitet werden, ohne Kenntniss von den Schichten des Bodens, von den Gesteinen, von den Formationen und von den Veränderungen, welchen diese unterworfen sind? Gewiss nicht. Alle diese Kenntnisse, die der Practiker im speciellen Falle braucht, kann er in ihrem systematischen Zusammenhange nur durch die Geologie selber erlangen. Es gibt aber für denselben auch keine besondere Eisenbahngeologie, sondern es gibt eben nur jene eine geologische Wissenschaft, welche aus dem Zustand der Erdoberfläche und aus den auf ihr sich begebenden Vorgängen die Zustände und Vorgänge in früheren Perioden der Erdgeschichte erkannt hat, und nun im Studium der letzteren erst die volle Bedeutung aller Agentien ermisst, die vor unseren Augen ihre Wirksamkeit äussern, — kaum merklich in der Stunde, im Tag, im Jahrzehnt, dennoch unaufhaltsam zerstörend und neu schaffend.

Allein ich will diese allgemeineren Worte doch auch in die Sprache der Bautechnik übersetzen. Geologische Kenntnisse werden es dem Eisenbahn-Ingenieur möglich machen, bei der Wahl der Linie vor Allem rutschendes druckreiches und wasserreiches Gebirge zu vermeiden, sie werden ihn lehren, bei Auf- und Abtragsarbeiten, bei Fundamentirung von Brückenpfeilern, und vor Allem bei Tunnelarbeiten ¹⁾ die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse zu

¹⁾ Mein verehrter College Prof. E. Winkler spricht sich in dieser Beziehung folgendermassen aus: „Vorzugsweise sind specielle geologische Kenntnisse bei der Ausführung von Tunneln nothwendig, da die anzuwendende Construction und Stärke der Zimmerung und Mauerung, die anzuwen-

berücksichtigen, sie werden ihn befähigen, rechtzeitig alle Vorkehrungen zu treffen, nicht bloss hinsichtlich der Ausführung des Bauwerkes, sondern auch hinsichtlich der Schwierigkeit der Erhaltung desselben. Die Schwierigkeiten, die sich für die Erhaltung ergeben können, liegen aber darin, dass die von der Natur geschaffene Stabilität der Gebirgsmassen durch die Herstellung von Auf- und Abträgen nicht selten gestört wird. Bei Einschnitten werden die Schichten oft der natürlichen Stütze beraubt, so dass Abrutschungen entstehen, bei den Aufträgen werden Abrutschungen oft dadurch herbeigeführt, dass das Terrain zu stark belastet wird. Die Abrutschungen aber sind bedingt durch die Stellung der Schichten, durch ihre petrographische Beschaffenheit und durch ihre Wasserführung. Alles Verhältnisse, zu deren Beurtheilung ein geologisches Verständniss gehört. Nur mit Hilfe der Wissenschaft wird es daher dem Ingenieur gelingen, das Problem auf den möglichst einfachen Fall zu reduciren und damit die relativ beste Lösung seiner Aufgabe zu finden.

Lassen Sie mich einzelne Fälle näher in's Auge fassen. Einer der häufigsten Fehler, welcher in Folge ungenügender Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse zumal in Gebirgsgegenden begangen wird, besteht darin, dass die Bahntracé in rutschende Berglehnen, in die unfertigen Thalwege reissender Wildwässer, über in fortwährender langsamer Bewegung thalabwärts begriffene vorgeschobene Hügelreihen u. dgl. m. gelegt wird. Da erweisen sich denn, wenn es an die Bauausführung solcher Tracén kommt, die nach schön ausgezirkelten Querprofilen berechneten Cubaturen gar bald als Illusion, neue Tracirungen und zahlreiche Reconstructions werden nothwendig und die Folgen davon sind Zeitverlust und enorme Mehrkosten, um die sich aber freilich die Ingenieure in der Regel nicht viel kümmern, da entweder die glücklichen Actionäre des grossartigen Unternehmens oder der Staat die Kosten des Experimentes tragen. Ja noch mehr, mit Stolz und Selbst-

denden Sicherheitsmassregeln, die Anordnung der etwa nothwendigen Entwässerungsanlagen, der Vorgang bei eventuell nothwendigen Rettungs- und Bruchgewältigungs-Arbeiten etc. ganz vom inneren Bau des Gebirges abhängen. Es sollten daher grössere Tunnelarbeiten stets nur Ingenieuren übertragen werden, welche die nöthigen geologischen Kenntnisse besitzen, was leider sehr oft nicht geschieht.“

gefühl wird der Laie oft gerade auf solche Bauten hingewiesen, die ihn überzeugen sollen, wie unendlich weit es die Technik gebracht hat, dass sie selbst diese Schwierigkeiten zu überwinden vermocht. Aber solche Uebel sind noch gering im Vergleich zu den schwer wiegenden und schlimmen Folgen, die erst dann zu Tage treten, wenn die Bahn im Betriebe ist, und sich nun zeigt, dass selbst die grossartigsten Befestigungsbauten und wiederholte Reconstructions die Gefahr nicht ganz zu beseitigen vermögen.

Ich komme abermals zu Beispielen; ich will diese Beispiele nicht weither holen, und mich nicht scheuen, sie der grösseren Eindringlichkeit halber österreichischen Bahnen zu entnehmen, obgleich auch anderwärts ähnliche Fälle häufig genug vorgekommen sind; aber ich will mich dagegen verwahren, dass ich Angriffe gegen die hervorragenden und ausgezeichneten Ingenieure beabsichtige, deren Namen theilweise an jene Bahnen geknüpft sind und mit Verehrung und Hochachtung genannt werden. Ich constatire nur vielbesprochene und bekannte Thatsachen.

Eine mit Rücksicht auf die geologischen Verhältnisse unglücklich gelegte Trace ist z. B. die Südbahnlinie von Nabresina nach Triest in der rutschenden Berglehne am Steilabfall des Karstes gegen die Bucht von Triest. Die Bau-Ingenieure der Südbahn wissen davon zu erzählen, wie Stützmauern mit 2--3 Meter Kronenbreite durch das nachschiebende vom Nummulitenkalk abrutschende Flyschgebirge (dünngeschichtete Mergel und Sandsteine sog. Macigno und Tasello) wie Kartenblätter zerdrückt wurden und wie trotz der kostspieligsten Stützbauten und continuirlicher Erhaltungsarbeiten die Gefahr für diese Linie keineswegs als beseitigt betrachtet werden kann. Auf welche Weise diese Schwierigkeiten zu vermeiden gewesen wären, zeigen die neuen Projecte zum Ausbau der Kronprinz-Rudolfbahn in südlicher Richtung bis an das adriatische Meer: nämlich das Project der Predilbahn von Tarvis über Görz nach Triest, welches auf der Linie Duino-Triest von dem Orte an, wo die Gesteinsformation des Karstgehanges für eine Bahnanlage ungünstig wird, die Berglehne verlässt und die Bahn längs dem Strande des Meeres nach Triest führt¹⁾; oder das

¹⁾ „Eine besondere Aufmerksamkeit erforderte das Studium der Trace in der Strecke Duino-Triest, indem die bis zum Meeresniveau reichenden steilen

Project der Laak-Triester Linie, welches vom Karst herab für die Bahntrace das geologisch günstigere und stabilere Terrain in der Richtung gegen Servola gewählt hat, um die Bahn an dem natürlichen Hafen von Triest, an der Bucht von Muggia etwa bei St. Andrea münden zu lassen, wo Triest als Hauptseehandelsplatz der Monarchie überdiess für seine fortschreitende Entwicklung eine ungleich günstigere Situation gefunden hätte, als da wo jetzt mit ausserordentlichen Kosten der neue künstliche Hafen angelegt wird.

Ein zweites Beispiel bietet die Brennerbahn.

Auf der Nordseite der durch diese Bahn überstiegenen Centralkette unserer Alpen folgt ihre Trace der Thallinie der Sill, eines wilden Gebirgswassers, welches die Schlucht, in der es dahinbraust, noch fortwährend tiefer eingräbt, hier in feste Urgebirgsgesteine, dort in lockere darüber gelagerte Glacialschichten. Die natürliche Folge dieser immer tiefer greifenden Erosion des Flusses ist, dass

Gehänge der Karsterhebung dem Bahnbaue höchst ungünstig sind, und in jenen Strecken, welche von dem Bahnkörper der Südbahn durchzogen werden, das Anschneiden der Lehnen unter dem Niveau dieses Bahnkörpers, möglicher Abrutschungen halber, gemieden werden musste. Diese Schwierigkeiten werden durch die in dem Projecte beantragte Trace vollständig umgangen. Die Trace fällt nämlich von der landeinwärts anzulegenden Station Duino im Gefälle von 1 : 150 bis zum Meeresufer bei Auresina derart, dass dieselbe in die festen Kalksteinlehnen des Karstgebirges so weit situiert wird, als diese Formation für den Bahnbau eine sichere Grundlage bietet. Von dem Orte an, wo die Gesteinsformation für eine Bahnanlage ungünstig wird, indem sie aus verwitterbaren Thonschiefergebilden besteht, wird die Lehne verlassen und die Bahn längs dem Strande des Meeres, dessen durchschnittliche Tiefe an der Stelle des anzulegenden Bahnkörpers zwei Meter nicht übersteigt, über Miramar bei Triest geführt. Der Meeresgrund bietet in dieser Strecke durchwegs eine für den Bahnbau sehr günstige Unterlage. Hierbei wird die Halbinsel Miramar von der Bahn mittelst eines 490 Meter langen Tunnels in festem Gestein derart unterfahren, dass sowohl die Anlagen, als das Schloss vollständig unberührt bleiben.

Durch diese Führung ist eine Trace ermittelt, die als die leichteste und billigste Strecke der ganzen Linie Tarvis-Triest bezeichnet werden muss, während die daneben in dem zu Rutschungen geneigten Thonschiefer liegende Südbahnstrecke aus diesem Grunde, sowie wegen der bedeutenden Kunstbauten und Erdbewegungen unverhältnissmässig höhere Bau- und Erhaltungskosten in Anspruch genommen hat“ (Technische Aktenstücke, betreffend die Projecte der Eisenbahnlilien Tarvis-Görz-Triest [Predilbahn und Laak-Sessana-Servola-Triest], im Auftrage des k. k. Handelsministers herausgegeben, Wien, 1872 S. 10.)

die steilen Thalwände unterwaschen werden und abbröckeln. Und gerade in diese rutschenden einer fortwährenden Unterwaschung ausgesetzten Gehänge der engen Thalschlucht ist auf grosse Strecken die Bahnlinie gelegt, während doch die breit ausgelegten Tertiär- und Diluvialterrassen, welche auch die Ortschaften und Gehöfte tragen, von der Natur wie dazu geschaffen scheinen, um den Strassen- und Eisenbahntracen von Stufe zu Stufe die Entwicklung von der Inuthalsole bis zur Brennerhöhe zu ermöglichen. In der That war beim ursprünglichen Project der Brennerbahn auch die Trace über Ambras als Variante vorgeschlagen, allein die Sillthallinie erhielt wegen ihrer grösseren Kürze den Vorzug. Und um der kürzeren Linie auch den Vortheil der grösseren Wohlfeilheit der Ausführung zu sichern, sollten kostspielige Kunstbauten wo möglich vermieden werden. Diess führte zu dem bei der Brennerbahn zum ersten Male in diesem Umfange zur Ausführung gebrachten System, grössere Objecte, wie Brücken, Viaducte u. dgl. durch Erdarbeiten zu ersetzen. Es wurden also die wilden Gebirgswässer durch Tunnels abgeleitet, und die Bahn über die trockengelegten Schluchten auf Dämmen geführt. Allein die Natur wollte sich diese Eingriffe in ihre Rechte nicht überall gefallen lassen. Die Tunnelsohlen wurden von den wilden Wassern wiederholt aufgerissen, die Dämme durchbrochen, und die Brücken, welche man vermeiden wollte, mussten da und dort trotz alledem gebaut werden. Am verhängnissvollsten aber zeigten sich die Folgen der Wahl der Trace beim Mühlthaltunnel unweit Schönberg, der so unglücklich situirt wurde, dass nur das bergwärts liegende Widerlager auf festem Felsgrund aufruhete, während der ganze übrige Theil in eine mächtige Felsabrutschung zu liegen kam. ¹⁾ Kaum war der Tunnel vollendet, so kam die Berg-

¹⁾ Der gedruckte III. Excursionsbericht der Ingenieurschule des k. k. polytechnischen Institutes in Wien (Excursion vom 25. Mai bis 15. Juni 1870) enthält über diesen Tunnel folgende Stelle:

„Der Bergabhang, an dem die Bahn sich hinzieht, besteht von Matrey nordwärts wieder aus Thonglimmerschiefer, der aber an der Oberfläche vielfach zerklüftet und zerbrochen ist. Der ganze Abhang ist mit grösseren und kleineren Gesteinsblöcken, den Trümmern einer mächtigen Felsabrutschung bedeckt, die, da die Sill fortwährend das Gehänge unterwäscht, nicht zur Ruhe kommen kann. Der Thalbildungsprocess durch Erosion ist hier im vollem Gange. — Der Mühlthal-Tunnel ist nun so unglücklich angelegt, dass nur die bergwärts liegende Widerlagsmauer auf festem Gestein aufruhet, während der ganze

lehne mitsammt dem Tunnel ins Rutschen und wiederholt wurden die kostspieligsten Reconstructionen nothwendig. Ržiha schliesst (in dem schon früher bezeichneten Werke II. Band, S. 275) in dem Paragraph über Reconstructionen bei Verschiebung der Gebirgslehne seine Bemerkungen über diesen Tunnel mit dem Satze:

„Es bietet sich hier die Gelegenheit darauf aufmerksam zu machen, dass man in klüftigen Felsen oder überhaupt in einem zu grossen Rutschungen qualificirten Gebirge die längs Gebirgslehnen sich hinziehende Bahnlinie tief in den Berg legen muss, eine Erfahrung, welche wir allerdings jetzt vorzugsweise der Brennerbahn verdanken, bei der das zu durchörternde Gebirge dem äusseren Eindrücke nach genügende Festigkeit zu haben schien.“ — Ich darf wohl in Folge eigener Anschauung hinzufügen: ein geologisch geübtes Auge hätte sich durch den äusseren Schein nicht täuschen lassen.

Und wie steht es nun mit der Erhaltung der Bahn? Seit Eröffnung der Brennerbahn ist die Strecke Innsbruck-Matrey fortwährend in Reparatur begriffen. Namentlich hat die Sill in Folge der heftigen Regengüsse in den letzten Jahren in unglaublicher Weise zerstörend gewirkt. Dämme und Futtermauern stürzten ein und auch der kleine Mühlthaler Tunnel ist bereits so schief gedrückt, dass man mit Reconstructionen beginnen muss. Bei solchen Verhältnissen liegt die Frage nahe, ob man sich nicht bald oder später zu einer totalen Umlegung der Trace wird veranlasst sehen.

übrige Theil in der rutschenden Schutthalde liegt. Kurze Zeit nach dem Baue des Tunnels traten Verdrückungen und Verschiebungen des Profils ein, die Quadersteine des Gewölbes wurden stellenweise so zerquetscht, dass sie ausgewechselt werden mussten. Um den einseitigen Gebirgsdruck, dem man einzig und allein die Schuld beimass, zu vermindern, wurden ober dem Tunnel grosse Gesteinsmassen abgeräumt und in die Sill gestürzt, ohne dass dadurch eine Verbesserung der Verhältnisse eingetreten wäre. — Gegenwärtig ist der schadhafte Theil des Tunnels in Reconstruction begriffen. Die Hauptursache, die dem Tunnel Verderben bringt, ist die den Bergabhang fortwährend unterwaschende Sill. So lange man daher den von dieser Seite wirkenden Kräften nicht wirksam entgegentritt, und durch Verhinderung der Unterwaschung die drohende Gefahr vermindert, ist keine Hoffnung auf dauernde Sicherung vorhanden. Da eine Ableitung der Sill nicht möglich ist, so wurde das Project angeregt, durch Stauung des Wassers demselben seine fortschaffende Kraft zu benehmen.“

Ich könnte noch manche andere warnende Beispiele anführen, wie z. B. die Ereignisse bei Gaisbach an der Linz-Budweiser Eisenbahn, wo sich die österreichische Baugesellschaft verblutet hat, oder die grosse Katastrophe, welche in Folge der Wolkenbrüche in Böhmen, im Mai 1872, sich auf der Buschtehraderbahn bei Micholup im Goldbachthal (zwischen Prag und Saaz) ereignet hat, oder die Vorkommnisse in der Gegend von Flöhau auf der Pilsen-Priesenerbahn. — Alles Fälle, bei welchen geologische Unterlassungssünden sich bitter gerächt haben, allein ich möchte Sie nicht ermüden und will nur noch einen besonders eklatanten Fall aus allerjüngster Zeit speziell erwähnen — ich meine den berühmten Lupkow-Tunnel der Ersten ungarisch-galizischen Eisenbahn im Karpathengebiet, auf der Grenze zwischen Ungarn und Galizien, den verhältnissmässig theuersten Tunnel der Welt, bei welchem der laufende Meter auf 7–8000 fl. zu stehen kam. Dieser bei 400 Meter lange Tunnel nebst einem Theil der daran sich anschliessenden Bahnstrecke wurde in ein in geognostischer Beziehung wegen der fortwährenden Rutschungen und Bodenbewegungen so ungünstiges Terrain gelegt, dass er nur nach wiederholten Reconstructionen, die eine ganz ausserordentliche Ueberschreitung der ursprünglich vorgesehenen Baukosten und eine ebenso ausserordentliche Ueberschreitung des concessio-nirten Vollendungstermins veranlassten, endlich am 30. Mai dieses Jahres für den Verkehr eröffnet werden konnte.

In der geologischen Uebersichtskarte der österreich.-ungarischen Monarchie von Fr. v. Hauer, sind die Mergelschiefer jenes Terrains als oligocaene Amphisylen-schiefer bezeichnet. Dieselben enthalten Schwefelkies und Kalk; durch die Zersetzung dieser Schwefelkiese und den im Gesteine vorhandenen Kalk bilden sich feine Krystallnadeln von Gyps, die eine Blähung der Masse, d. h. Volumvergrösserung verursachen. Dieser chemische Prozess ist wohl die Hauptursache der Bodenbewegungen, die da, wo die Schichtenlage die Sache begünstigt, grosse Strecken zum Rutschen bringen. Die alten Rutschungen an der für die Trace gewählten Thallehne bis auf die Höhe von Lupkow, welche die Ingenieure hätten warnen können, waren von hochstämmigem Wald maskirt und blieben unbeachtet. Die ganze Trace wäre weit besser in ein nördlich ziehendes Seitenthal des Laborcz gelegt worden, wo sie sich mehr im Sandstein, als im Schiefer zur Höhe von Lupkow entwickelt hätte. Aber

selbst bei der Wahl der jetzigen Trace war wenigstens für den Tunnel nur etwa 200 Meter östlich von seiner gegenwärtigen Lage gesundes d. h. stabiles Terrain vorhanden, welches man hätte erreichen können.

Der Protokoll- und Geschäftsbericht der am 25. October und 11. November 1873 abgehaltenen zweiten ausserordentlichen General-Versammlung der Actionäre jener Bahn schliesst, nachdem er die Millionen der Differenz zwischen den wirklichen Baukosten und dem Voranschlag herausgerechnet hat ¹⁾, mit den Worten: (S. 22)

¹⁾ Den Protokollen der General-Versammlungen der Actionäre der Ersten ungarisch-galizischen Eisenbahn entnehme ich hinsichtlich dieses denkwürdigen Baues noch folgende nähere Daten:

Die Erste ungarisch-galizische Eisenbahn führt von Legenye-Milalyi wo der Anschluss an das Netz der ungarischen Nordostbahn stattfindet, über Lupkow nach Przemysl. Der Bau dieser Bahn wurde im Jahre 1870 begonnen, sie sollte Ende 1872 in ihrer ganzen Länge dem Verkehre eröffnet sein. Allein schon das Protokoll der ersten ordentlichen General-Versammlung der Actionäre (vom 27. Juni 1872) spricht von der höchst ungünstigen Beschaffenheit des Terrains im Karpathengebiete auf der Grenze zwischen Ungarn und Galizien, welche ungeachtet der eindringlichsten Studien und Vorsichtsmassregeln (?) dem Baue des Tunnels bei Lupkow bisher grosse Schwierigkeiten bereitete. Fortwährende aus der geognostischen Beschaffenheit des Bodens entspringende Rutschungen und Bewegungen haben nämlich zu wiederholten Malen den Fortschritt der Arbeiten empfindlich gestört. Die Folge war, dass innerhalb des concessionsmässigen Vollendungstermines nur Theilstrecken der Bahn dem Verkehre übergeben werden konnten.

In der am 14. März 1873 abgehaltenen ausserordentlichen General-Versammlung berichtet der Verwaltungsrath: „Ganz ausserordentliche Bau-schwierigkeiten haben sich der Vollendung der Strecke Mezö-Laborcz-Lupkow und des Grenztunnels bei Lupkow diesem verbindenden Gliede unserer ungarischen und galizischen Linie entgegen gestellt. — Denn obgleich der Oberbau bis an die Grenze schon seit Monaten fertig ist, so haben wiederholt eingetretene Rutschungen dortiger Dämme den Bestand der Geleise unterbrochen. Ebenso haben Rutschungen, Terrainablösungen und Bewegungen in dem durch den Grenztunnel bei Lupkow zu durchfahrenden Gebirge, trotz unserer diessfalls gebrachten ausserordentlichen Opfer, dessen Vollendung bisher unmöglich gemacht.“ Und weiter: „ähnliche Schwierigkeiten, wie wir sie in Galizien und in der Tunnelstrecke bekämpfen mussten, äusserten sich auch empfindlich auf der ungarischen Strecke.“ — „Auch dort sind durch bedeutende nachträglich eingetretene Rutschungen in der Amphisylen-Schiefer-Formation, in welcher die Linie von Laborcz bis über den Lupkower-Tunnel zum Theile liegt, ebenfalls so bedeutende Auslagen erwachsen, dass notorisch die Mittel

„Wir glauben, dass diese Ziffern zu deutlich sprechen, um irgend eines Commentar's zu bedürfen.“ Und doch bedarf der Bericht eines Commentar's. Diesen Commentar aber entnehme ich wieder Ržiha's Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst, wo es im II. Bd. S. 531 heisst: „Die bedeutungsvollste Vorarbeit bei einem beabsichtigten Tunnelbaue ist das Studium des zu durchfahrenden Terrains, d. h. die möglichste Klarstellung aller jener Gebirgsverhältnisse vor dem Baue, welche durch diesen blossgelegt werden — denn es wurde schon hervorgehoben, dass dieses Studium die Fundamentalarbeit für den Kostenanschlag und die ganze Disposition des Baues ist. Es ist eine nicht zu läugnende Thatsache, — dass mancher Tunnelbau unbekümmert um das rechts und links liegende und um das, was kommen musste, projectirt und durchgehauen

dieser Bauunternehmung erschöpft wurden.“ — Diese Schwierigkeiten veranlassten nun den Verwaltungsrath zu wiederholten Expertisen, zu immer neuen und immer höheren Geldopfern. Der Tunnel musste wiederholt reconstruirt werden mit immer festerem, immer härterem Material. Die Sandsteine und Trachyte der Karpathen, die man anfangs zur Ausmauerung verwendet hatte, zeigten sich bei dem ungeheuren Druck des durchfahrenen Gebirges nach Beschaffenheit und Widerstandskraft als ungenügend. Eine im Mai 1873 einberufene Expertise constatirte einhellig die Nothwendigkeit der Ausmauerung des Tunnels mit Granitquadern. Diese mussten nun zum grössten Theile aus böhmischen und oberösterreichischen Brüchen bezogen werden, und erst mit diesem Materiale wurden die Schwierigkeiten so weit bewältigt, dass der Tunnel endlich am 30. Mai 1874 dem allgemeinen Verkehr übergeben werden konnte, und damit der Bau der ersten ungarisch-galizischen Bahn nach einer ganz ausserordentlichen Ueberschreitung der ursprünglich vorgesehenen Baukosten um viele Millionen und einer ebenso ausserordentlichen Ueberschreitung des concessionirten Vollendungstermins als vollendet erscheint. Aus dem Protokoll- und Geschäftsbericht der am 25. Oktober und 11. November 1873 abgehaltenen zweiten ausserordentlichen General-Versammlung der Actionäre entnehmen wir, dass die factischen Herstellungskosten der kaum 2 Meilen langen Strecke Mezö-Laborcz-Landesgrenze, incl. des ungarischen Theiles des Grenztunnels 7,482.000 fl. betragen, während hiefür in dem bei der Concessionirung benützten Regierungskosten-Anschlage nur 2,759.000 fl. veranschlagt waren. Die Kostendifferenz beträgt also nur für diese kleine Strecke auf ungarischer Seite die enorme Summe von 4,723.000 fl. (für den Tunnel allein circa 3 Millionen gegenüber einem Voranschlag von 400.000 fl.). Bis zum Schlusse des Jahres 1873 waren für den Bau dieser 35·2 österr. Meilen langen Bahn verausgabt 35,942.960 fl.

wurde, und dass sich solche grobe Fahrlässigkeit schon oft bitter gerächt hat.“

Solche Thatsachen beweisen zur Genüge, wie überaus wichtig die eingehendste Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse bei der Wahl der Linien ist, um nicht allein die Schwierigkeiten der Ausführung des Bauwerkes, sondern auch die Schwierigkeiten der Erhaltung desselben schon bei der Projectsverfassung richtig zu beurtheilen, und nicht erst durch Schaden klug zu werden. Denn auch die Wahl der Linie und die Bauanlage sind Factoren, welche die Prosperität einer Bahn bedingen, nicht bloss die wirthschaftlichen Verhältnisse.

Was in dieser Beziehung deshalb dringend nothwendig und überaus wünschenswerth erscheint, das ist vor allem, dass die Ingenieure selbst auf das Studium der Geologie mehr Gewicht legen, und dann, dass es nicht dem Zufall überlassen bleibe, ob bei diesem oder jenem Unternehmen ein Geologe zu Rathe gezogen wird oder nicht, sondern dass eine vollständige Organisation für den geologischen Dienst bei Eisenbahnen stattfinde. Am besten werden sich für einen solchen Dienst Ingenieure selbst eignen, welche sich die genügenden geologischen Kenntnisse erworben haben, und nur bei besonders schwierigen Fällen wäre dann noch der Rath der erfahrendsten Fachgeologen einzuholen.

Die Aufgabe dieser Ingenieur-Geologen müsste aber nicht allein darin bestehen, bei den ersten Entwürfen und Projecten einer neuen Bahnlinie durch ein genaues Studium der geologischen Verhältnisse des ganzen Terrains, durch welches die Bahn gelegt werden soll, die Wahl einer auch vom geologischen Standpunkt richtig gewählten Trace zu ermöglichen und durch genaue geologische Profilirung dieser Trace alle jene Verhältnisse, in Bezug auf Schichtenstellung, Gesteinsbeschaffenheit, Wasserführung u. s. w. klar zu stellen, welche für den Kostenanschlag und die ganze Disposition des Baues massgebend sind; ihre Wirksamkeit müsste vielmehr auch während des Baues fortdauern. Mit genauester Sorgfalt sollten beim Bau selbst alle geologischen Vorkommnisse (in Einschnitten, Abträgen, Tunnels, Materialgruben, Brunnenschichten, neueröffneten Steinbrüchen u. s. w.) beobachtet und aufgezeichnet werden, um nach diesen Beobachtungen und Aufzeichnungen das geologische Profil der vollendeten Bahnlinie anzufertigen; denn häufig wird erst beim wirklichen Bau dem Geologen

wie dem Techniker das rechte Licht aufgehen über die bestehenden Verhältnisse.

Es werden Fälle genug eintreten können, die nicht voraussehen waren, wo durch die geologischen Kenntnisse der Ingenieure noch während des Baues Fehler vermieden und Vortheile erreicht werden können; es werden Erscheinungen auftreten und Thatsachen sich beobachten lassen, Funde gemacht werden, welche für die Wissenschaft von Wichtigkeit sind, ohne geologische Kenntniss der Bauingenieure aber, gänzlich verloren gehen und vergessen werden.¹⁾

Diesen Wahrheiten hat man sich denn auch keineswegs ganz verschlossen und sich in den letzten Jahren vielfach veranlasst gesehen, bei wichtigeren Eisenbahnunternehmungen, wo tüchtig geologisch gebildete Ingenieure nicht zur Hand waren, Fachgeologen zu Rathe zu ziehen.

So fungirt bei uns in Folge eines Uebereinkommens zwischen dem k. k. Unterrichts- und dem k. k. Handelsministerium seit 1872 ein Geologe der k. k. geologischen Reichsanstalt, Herr Berggrath Heinr. Wolf, zugleich als geologischer Experte der k. k. Generalinspection der österreichischen Eisenbahnen und hat als solcher in letzterer Zeit zahlreiche grössere Expertisen unternommen, so z. B. gelegentlich der Tracirung der Eisenbahn Wien-Fehring und Knittelfeld-Zapresic, der Feststellung des Spitzbergtunnels der Linie Pilsen-Eisenstein, des Baues der Linien Tarnow - Leluchow, Divazza-Pola, der Salzburg-Tirolerbahn u. s. w., insbesondere aber Einfluss genommen

¹⁾ Eine von Prof. Dr. Herm. Credner über die neue geologische Landesuntersuchung des Königreiches Sachsen veröffentlichte Broschüre enthält (S. 7) folgende Stelle: „Die geologische Aufnahme und Profilirung der auf kön. sächs. Territorio im Bau begriffenen Eisenbahnen ist ein die geologische Specialuntersuchung des gesammten Königreiches vorbereitendes und mit ihr Hand in Hand gehendes Unternehmen und hat die Aufgabe die Erdarbeiten der Eisenbahnbauten (die grossartigsten Schürffgruben, welche geologischen Untersuchungen zur Disposition stehen können!) für die Zwecke der späteren Landesuntersuchung auszunützen, die oft nur für die kürzeste Zeit der Beobachtung zugängigen Aufschlüsse zu untersuchen, einzutragen, so vor unbenützetem Verlorengehen und Vergessenwerden zu retten und endlich auf diese Weise ein Netz von unverrückbaren geologischen Aufschlusspunkten zu construiren, welches zur Controlle und möglichst fehlerlosen Grundlage, sowie zur späteren Correctur der eigentlichen geologischen Aufnahme dienen solle.“

auf die Projecte der Arlberg-Bahn und der Predil-Bahn¹⁾, die in Folge der geologischen Detailstudien wesentliche Modificationen erlitten haben. In ähnlicher Weise sind in unseren Nachbarstaaten Fachgeologen von Regierungswegen angewiesen, die Eisenbahntechniker zu berathen und die Tracen noch vor dem Bau zu profiliren, und zahlreich genug sind auch die erfreulichen Beispiele, wo der Dienst der Wissenschaft dankbar anerkannt wurde und der schliessliche Vergleich der wissenschaftlichen Vorhersage mit dem wirklichen Erfund es für Jeden klar machte, wie weit das Auge der Wissenschaft reicht und wo ihr die Schranken gesetzt sind, die sie nicht übersteigen kann.

Ich erinnere an die anerkannten Verdienste des verstorbenen schweizerischen Geologen Gressli beim Hauenstein-Tunnel, dem wichtigsten Bauobject der schweizerischen Centralbahn²⁾; an die geo-

¹⁾ „Technischer Bericht über das Project der Arlberg-Bahn (Bludenz-Landeck) sammt Beilagen und zugehörigen Aktenstücken,“ und „Technische Aktenstücke, betreffend die Projecte der Eisenbahnlilien Tarvis-Görz-Triest (Predilbahn) und Laak-Sessana-Servola-Triest“ im Auftrage des k. k. Handels-Ministers, herausgegeben von der Bauabtheilung der k. k. General-Inspection der österreichischen Eisenbahnen.

²⁾ W. Pressel und J. Kaufmann (der Bau des Hauenstein-Tunnels auf der schweizerischen Centralbahn, mit 17 lithogr. Tafeln, Basel und Biel 1860), die beiden leitenden Ingenieure fühlten sich nach ihren Erfahrungen zu dem Bekenntnisse veranlasst, „dass geologische Studien vor dem Beginn des Tunnels von grosser Wichtigkeit sind, indem hieraus meistens ein ziemlich sicherer Schluss auf die im Tunnel auftretenden Gebirgsarten und Gebirgswasser bedingert werden könne. Die Gebirgsarten und auftretenden Wasser bedingen aber die Baukosten und die zu diesem im Verhältniss stehende Bauzeit.“ Der Tunnel, welcher über Basel den Schienenweg von Deutschland und Frankreich aus durch das Juragebirge in das Innere der Schweiz eröffnet, wurde in den Jahren 1853—1857 ausgeführt; er durchbricht die Muschelkalk-, Keuper-, Lias- und einen Theil der Oolithformation mit einer Gesamtmächtigkeit von 470 Meter und in einer Länge von 2496 Meter. Das von Gressli vor dem Bau entworfene geologische Profil stimmte, so weit das Gebirge in der grösseren südlichen Hälfte des Tunnels regelmässig gelagert ist, mit dem Erfunde vollkommen überein; in der kleineren nördlichen Hälfte zeigte sich aber das Gebirge durch Verwerfungen und durch ausserordentlich gestörte Lagerungsverhältnisse so sehr zerrüttet, dass es unmöglich war, von der Oberfläche mit hinreichender Sicherheit auf das Erdinnere zu schliessen. Hier hatten denn auch die Bauunternehmer mit ganz unvorhergesehenen Erscheinungen, mit hervorbrechenden warmen Quellen (von 14—21° R.) und mit ausserordentlichen wasserreichen kalten Quellen, welche bei dem successiven

logische Aufnahme des Mount Pleasant, eines erloschenen Vulkankegels auf der Südinsel von Neu-Seeland, durch meinen Freund Dr. Haast¹⁾, eine Vorarbeit für den in den Jahren 1861—1864 ausgeführten Moorhouse oder Lyttelton-Tunnel, der 8514 engl. Fuss lang aus dem erloschenen Krater der Banks-Halbinsel durch den Kraterwall führt und den Hafen von Lyttelton mit Christchurch, der Hauptstadt der Provinz Canterbury, verbindet; an die musterhafte geologische Profilirung der württembergischen Bahnen, ganz besonders aber an den Antheil, welcher der Geologie bei der Durchbohrung des Mont-Cenis und bei dem St. Gotthard-Tunnel zukommt.

Die Bedeutung dieser grössten Eisenbahnunternehmungen der Neuzeit wird es rechtfertigen, wenn ich bei ihrer Betrachtung noch etwas länger verweile.

Der Mont-Cenis-Tunnel — bekanntlich im Jahre 1857 begonnen, 1870 vollendet — ist ein Triumph der menschlichen Arbeit, der nur möglich wurde durch das glückliche Ineingreifen der Wissenschaft und der Technik. Mögen auch in der Gegenwart und in der Zukunft noch grossartigere Werke zur Ausführung gelangen, so wird doch die Nachwelt hauptsächlich an die Leistungen bei der Durchstechung des Mont-Cenis ihr Interesse knüpfen, denn hier galt es zuerst die Mittel zu finden, um die colossalen Schwierigkeiten zu überwinden, welche einem solchen Unternehmen entgegenstehen und also auch die Wege für alle späteren, wenn auch noch bedeutenderen Anlagen derart zu ebnen.

Ich will nicht sprechen von jenen seltsamen Phantasmagorien, die man gegen die gottlose Hand in Aussicht stellte, welche es wagen würde, den heiligen Felsen, die eisgepanzerte Völkerscheide zu durchbohren. Die Einen behaupteten, dass man auf mächtige Höhlen, Andere, dass man auf Seen von unergründlicher Tiefe und sodann auf höllische Gluthen stossen würde, und es fehlte nicht viel, so hätte man auch noch die Zoologie mit irgend einem neuen Un-

Anschneiden des Gebirges häufige Ueberfluthungen verursachten, zu kämpfen. Uebrigens hatte Gressli seine Bedenken über die Schwierigkeit eines einzigen Gefälles sehr deutlich ausgesprochen, und hätten damals die Ingenieure seinem Rathe gefolgt, so wäre viel Capital und manches Menschenleben erspart worden.

¹⁾ Report of a Geological Survey of Mount Pleasant with a view to ascertain the real nature of the beds through which the proposed Tunnel of the Lyttelton and Christchurch Railway has to go.

geheuer bereichert, das sich anheischig machte, das Innere der Alpen gegen die menschliche Verwegenheit zu vertheidigen. Allein die Wissenschaft hatte das Werk für möglich erklärt. Der bekannte italienische Geologe und Senator Angelo Sismonda in Turin hatte aus den an den äusseren Theilen des Berges gemachten Beobachtungen das geologische Profil des erst auszuführenden Tunnels construirt, und das Werk selbst, durch das glorreiche Triumvirat der Mont-Cenis-Ingenieure: Sebastiano Grandis, Germano Sommeiler und Severino Grattoni glücklich zu Ende geführt, bestätigte die Vorhersagungen mit grösster Genauigkeit. Bei dem einfachen geologischen Bau des Mont-Cenis und bei der verhältnissmässig geringen Mannigfaltigkeit, welche die Gesteine der verschiedenen Schichten nach Zusammensetzung und in ihrem Aussehen zeigten, war die geologische Aufgabe keine allzu schwierige. Dennoch aber war es für den Laien interessant, den Scharfblick der Geologen an der Wirklichkeit erproben zu können, und zwar in einem Falle, wo es sich um ein Schichtensystem von circa 7000m Mächtigkeit handelte, welches durch einen Tunnel von 12000m Länge in horizontaler Richtung sondirt werden sollte, während die tiefsten verticalen Bohrungen in Europa kaum 1000m betragen. Hier hat sich also die Geologie in der That glänzend bewährt und mit gerechter Genugthuung durften die Geologen den Arbeitern, welche darüber erstaunt waren, dass die Natur der zu durchbohrenden Gesteine ihnen zum Voraus angegeben wurde, sagen: „Für das Auge der Wissenschaft sind die Berge durchsichtig“¹⁾.

¹⁾ Die geologische Arbeit, welche so schön ihre Bestätigung gefunden hat, wurde von Sismonda 1866 publicirt (Nuovi osservazioni geologiche sulle rosse an thracitifere delle Alpi), und ein Bild der geologischen Beschaffenheit des Mont-Cenis nach den Gesteinsstücken aus der ganzen Länge des Tunnels hat später Elie de Beaumont gegeben (Compt. rend. LXXIII. 12. Vgl. den „Naturforscher“, V. 1).

Die Schichtenreihe, welche im Tunnel durchfahren wurde, ist demnach folgende:

Nord-Seite bei Modane (franz.)

Schuttanhäufungen	128	Meter
1.) Anthrazit führende Zone	1967.3	—
2.) Zone der Quarzite	381.4	—
	Fürtrag	2476.7 —

Zum zweiten Male wird sich die Wissenschaft erproben am St. Gotthard-Tunnel.

Die geologischen Vorarbeiten, welche dieses grossartige Unternehmen, das ein neues Band des Friedens und der Freundschaft zwischen den Völkern diesseits und jenseits der Alpen knüpfen soll, veranlasst hat, verdanken wir dem italienischen Geologen Prof. F. Giordano in Florenz¹⁾ und dem deutschen Geologen Prof. Karl v. Fritsch in Halle²⁾. Obwohl die Beobachtungen ganz

	Uebertrag	2476·7	—
3.) Kalk-Gypszone, massiger krystallinischer Kalkstein, bald rein, bald gemengt mit Gyps und Anhydrit und untergeordneten kalkigen Schieferen mit Quarz		858	—
4.) Schiefer-Kalksteine (kalkige Schiefer und schwarze glänzende Schiefer), obere Zone		2275·2	—
5.) Schiefer-Kalksteine, mittlere Zone (Kalkstein und Schiefer mit reichlicher Quarzbeimengung)		2610	
6.) Schiefer-Kalksteine untere Zone (Kalkstein gegen Schiefer vorherrschend)		3500	—
		11719·9	—

Süd-Seite bei Bordonnèche (ital.)

Die Zonen gehen allmählig in einander über, so dass keine feste Grenze bestimmt werden kann; sie bilden ein Ganzes und gehören zu einer Formation, nämlich zu der in dem grössten Theile der südsavoyischen Provinzen Maurienne und Tarantaise verbreiteten Anthracitformation, die mit dem System der schieferigen Kalksteine, die zum Oberen Lias gehören, eng verbunden ist.

Mitten im Tunnel bei einer Tiefe von circa 5000 Fuss unter der Erde, (die Mitte des Tunnels liegt 4213 Fuss über der See, während die Frejuspitze darüber eine Höhe von 9676 Fuss besitzt) betrug die eigene Wärme des Felsen nur 21½° R., viel weniger als man erwarten durfte; denn die Zunahme der Wärme, von der unveränderlichen Schichte angefangen, würde in diesem Falle nur 1° R. auf 200 Fuss Tiefe betragen. Die Schichten waren im Tunnel bis zu 50° aufgerichtet, und so wenig wasserführend, dass man das während des Baues nöthige Wasser mühsam von aussen hineinbringen musste. Die wirkliche Mächtigkeit des vom Tunnel schräg durchfahrenen Schichtensystems beträgt 6990·8 M.

¹⁾ F. Giordano, Esame geologico della catena alpina del S. Gottardo, mit einer geolog. Karte des St. Gotthard, (Memorie del Comitato geologico d'Italia II. 1872).

²⁾ Karl v. Fritsch, Das Gotthardgebiet mit einer geologischen Karte und drei Profiltafeln, 15. Lieferung der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, herausgegeben von der geologischen Commission der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft auf Kosten der Eidgenossenschaft. Bern 1873.

unabhängig von einander gemacht wurden, stimmen die Resultate, wie sie in den im Maassstabe von 1 : 50000 entworfenen geologischen Profilen in der Richtung der Tunnelaxe uns vor Augen treten, in allem Wesentlichen überein und geben den Ingenieuren die sichersten Anhaltspunkte für die wahrscheinlichen Schwierigkeiten, welche die Tunnelarbeiten zu überwinden haben werden.

Das grosse Interesse, welche sich an dieses 1872 begonnene und in 8 Jahren zu vollendende mit den vereinigten Kräften des deutschen Reiches, Italien's und der Schweiz unternommene Werk knüpft, veranlasst mich hier auf geologische Details einzugehen.

Die gewaltige Bergmauer, welche der Gotthard-Tunnel durchdringen soll, ist in ihrem nördlichen Theile zwischen Göschenen und Andermatt von den östlichen Ausläufern der Centralmasse des Finsteraarhornes, in ihrem südlichen Haupttheil von der Centralmasse des St. Gotthard gebildet. Auf der Grenze zwischen beiden aus krystallinischen Gesteinen bestehenden Centralmassen lagern jüngere, z. Th. petrefactenführende Gebirgsglieder, in welchen die Längsthäler des Rhein und der Reuss nach Osten, der Rhone nach Westen verlaufen. Ebenso ist die Südgrenze der Centralmasse des St. Gotthard geognostisch ausgezeichnet durch beträchtliche Ablagerungen sedimentärer jüngerer Schichten, welche ihrerseits die krystallinische Centralmasse der Tessiner Alpen von dem Gotthardmassiv trennen. Die Tunnellinie, welche von Göschenen an der Nordseite bis Airolo an der Südseite eine Gesamtlänge von 14920 M. hat,¹⁾ besteht daher geologisch aus 4 sehr ungleichen Abschnitten, die sich auf jeder geologischen Karte des Gotthardgebietes oder in den von Giordano und Fritsch gegebenen Profilen leicht auffassen lassen.²⁾

¹⁾ Der Tunnel folgt nicht der Richtung der jetzigen Gotthardstrasse, er lässt Hospenthal, den Gamsboden, das Gotthard-Hospitz und Val-Tremola mehrere Kilometer westlich liegen und erreicht in gerader Linie unter Andermatt, dem St. Anna-Gletscher dem Kastel-Horn und dem Sella-See durchgehend die westlichen Besitzungen von Airolo. Die definitiven Messungen bestimmen die gerade Länge des Tunnels mit 14920 Meter,

die Seehöhe des Nordportales bei Göschenen mit	1109	„
den Culminationspunkt im Tunnel mit	1152	„
die Seehöhe des Südportales bei Airolo mit	1145	„

Der Kostenvoranschlag beträgt 53 Millionen Francs, die accordirte Bauzeit 8 Jahre.

²⁾ Dem im Maassstab von 1 : 50,000 von Fritsch entworfenen Profil in der Richtung der projectirten Tunnelaxe, lassen sich in Bezug auf die Natur und

Der nördlichste Theil des Tunnels von Göschenen bis über die Mächtigkeit der im Tunnel zu durchzufahrenden Schichten, folgende nähere Details und ungefähre Masse entnehmen.

Nordseite bei Göschenen.		Meter	
1. Finsteraarhorn massiv.	Granitischer Gneiss	2140	} 2620
	Gneiss	480	
2. Zwischenzone im Urserenthal bei Andermatt. Senkrechte Schichtenstellung.	Marmor und Kalkstein	100	} 1680
	Unbestimmte Lias- oder Juraschichten	300	
	Sericit- und Chloritführende Schiefer (sog. Casanna-Schiefer)	1280	
3. St. Gotthardmassiv. Gigenstaffel gegen Süden geneigte Schichtenstellung	Glg. Glimmerreicher Gneiss in Glimmerschiefer übergehend	620	} 10540
	Sa u. Sz. ? Hornblende-, Diorit-, Kersantit-Eklogit-Schiefer und Lavezstein in Serpentin übergehend	120	
	Sa. Hornblendeschiefer	80	
	Glg.	400	
	Glg. Glimmerschiefer quarzitisch	160	
	Glg.	160	
	Sa.	100	
	Glg.	2000	
	Sz. Lavezstein (chloritischer Talk-schiefer in Serpentin übergehend)	120	
	Sa. und Sz.	250	
2977 M. Kastelhorn Val Guspis Glockenthürmli	Glg. senkr. Schichtenstellung	1300	} 10540
Lac Sella	Gl. Glimmerschiefer	300	
	Glg.	200	
	Gn. Gneiss	260	
Gegen Norden geneigte Schichtenstellung	Glg.	420	} 330
	Gla. Strahlstein führende Glimmerschiefer und Gneiss	330	
Ponc di Locca dura	Sa.	190	} 90
	Glg.	800	
	Sa ?	130	
	Glg.	520	
	Sa.	110	
	Gla.	500	
	Sa.	100	
	Gla.	400	
4. Südliche Grenzzone bei Airolo, Rauchwacke unbestimmten Alters	Sa.	70	} 90
	Gla.	380	
	Gl.	510	
Gesamtlänge		—	14920
Südseite bei Airolo.			

das Urnerloch hinaus in einer ungefähren Länge von 2620 M. hat die mehr oder weniger granitischen Gneisse (Gneissgranit oder Grimselgranit)¹⁾ der Ausläufer der Finsteraarhorngruppe zu durchfahren, deren Gesteinsbänke anfänglich (z. B. bei Amsteg) gegen Süden geneigt sind, sich aber weiter nördlich mehr und mehr senkrecht stellen. Die zweite circa 1680 M. lange Abtheilung des Tunnels fällt in das Gebiet der aus Kalken, Rauchwacken und Dolomiten, ferner aus verschiedenartigen Schiefen (Sericit-, Talk-, Chlorit-schiefer und analoge phyllitische Gesteine) bestehenden Zwischenzone, die sich ihrem Streichen nach von Wallis bis zum Rheinthale erstreckt, von der es aber zweifelhaft ist, wie sie sich in der Tiefe von 300 Meter, in welcher der Tunnel bei der alten Kirche von Andermatt in die Streichungslinie dieser Gesteinszone eintritt, verhält.²⁾ Fritsch ist der Ansicht, dass der Kalk und Marmor (Cipollin) der alten Kirche bei Andermatt nicht in diese Tiefe reicht und folgert weiter aus der Stellung der Kalke im Urserenthale, aus der sich kein Anhalt zu einer muldenförmigen Lagerung ergibt, eine gegenseitige Verschiebung der Centralmassen des St. Gotthard und des Finsteraarhorns, die sich an der Südgrenze des letzteren durch eine Verwerfungsspalte und durch Rutschflächen (Harnische) zu erkennen geben werde. Jedenfalls ist diese Strecke des Tunnels in geologischer Beziehung am wenigsten klargestellt. Die gestörten Lagerungsverhältnisse, der wechselnde Gesteinscharakter der Schichten, der gerade hier wahrscheinlich sehr mächtig wirkende Gebirgsdruck und Wasserandrang, alle diese Umstände lassen vermuthen, dass auf dieser kurzen Strecke vielleicht manche unvorhergesehene Verhältnisse eintreten werden.

¹⁾ Wenige andere Gesteinsmassen sind so reich an Nestern und Adern von Quarz, die sich zu Drusengängen erweitern und prächtige Bergkrystalle, Rauchquarz, sowie Flussspath führen, der besonders diesem Gestein eigen ist. Seltener sind Kalkspath und zeolithische Körper, sowie Apatit und Epidot. Grosse Krystallhöhlen sind namentlich im Hintergrunde des Göschenenthals und in den Umgebungen des Rhone-Firnes und Triftgletschers bekannt geworden. (Fritsch a. a. O. S. 71.)

²⁾ Die Pentacrinitenreste enthaltenden Kalkgebilde gehören mit den phyllitischen Schiefen nicht zu einem System, dennoch hält v. Fritsch vorläufig die Ansicht fest, dass diese Schiefer, die er auch als Casannaschiefer bezeichnet, hier eine zusammengedrückte Mulde bilden, deren Tiefenerstreckung nicht bekannt ist.

Die dritte Abtheilung des Tunnels — die Hauptstrecke in einer Gesammtlänge von 10530 M. — führt durch das Gotthardmassiv zwischen dem Urserenthal bei Andermatt im Norden und dem Bedrettenthal bei Airolo im Süden in einer Tiefe von beinahe 2000 Meter unter dem Kastel-Horn der Gotthard-Höhe. Dieses Massiv besteht der Hauptsache nach aus glimmerreichem Gneiss, der in Glimmerschiefer übergeht und mit echtem Gneiss, mit Hornblendeschiefern, sowie mit chloritischen Talkschiefern wechsellagert¹⁾. Die Schichtenstellung

¹⁾ Von Fritsch (a. a. O. S. 69) sondert die Centralmasse des St. Gotthard in drei verschiedene Gesteinszonen:

Die nördliche Zone ist wesentlich aus glimmerreichen Gneissen und Glimmerschiefern gebildet. Giltsteineinlagerungen und amphibolitische Zwischenschichten sind nicht selten. Das häufige Auftreten von Pegmatitnestern, mit bläulich-grauem triklinem Feldspath im Glimmergneiss, scheint als charakteristisch gelten zu dürfen. Eine scharfe Grenze gegen die nördlich vorliegenden, wesentlich in den drei grossen zusammengehörigen Längenthälern des Vorderrheines, der Urseren-Reuss und der Rhone zur Ausbildung gelangten chloritischen, talkigen und sericitführenden Gesteinen ist nicht erkannt worden.

In der mittleren Gesteinszone sind feldspathreiche Gesteine herrschend. Mit Zunahme des Feldspathgehaltes geht oft eine körnige Ausbildung der Massen Hand in Hand. Mehrere der Gesteinsvarietäten treten in stockförmigen, deutlich begrenzten Massen auf. Der Granit, der die höchsten Gipfel bildet, stellt ein solches stockförmiges Massiv dar. An seinen Grenzen findet sich Granit gangartig im Gneiss; Gneisschollen und scharfkantige Gneissfragmente in Granit eingeschlossen. Glimmergneisse, Glimmerschiefer, amphibolitische und verwandte Felsarten, einschliesslich der strahlsteinführenden Schiefer sind meist als langgestreckte Gesteinsbänder zwischen den vorwiegenden feldspathreichen Massen entwickelt.

Die südliche Gesteinszone besteht aus sehr wechselnden, meist feldspatharmen Gesteinen, ist aber eben durch diesen Wechsel und durch das häufige Vorkommen strahlsteinführender Schiefer, sowie reiner Amphibolite etc. ausgezeichnet. Sie zeigt drei Abtheilungen, in deren einer, der oberen oder nördlichen, Glimmergneisse häufig auftreten, während in der mittleren die Hornblende — bezüglich strahlsteinreichen Bänke dominiren und in der unteren oder südlichen helle Glimmerschiefer mit Granaten.

Die Mineralien, welche in Drusen- und Hohlräumen krystallisirt erscheinen, sind nicht gleichmässig durch alle Gebirgsarten vertheilt. Einzelne petrographisch unterscheidbare und geognostisch vom Nebengestein abweichende Gesteinsmassen sind auch durch die Mineralien ihrer Drusenräume von einander verschieden.

In Bezug auf den Zusammenhang der Massen des Gotthardgebietes und der Finsteraarhorngruppe ist Fritsch (S. 76) der Ansicht, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass die Gneisse der Südzone des Finsteraarhorngebietes

in dieser Zone von krystallinischen Schiefergesteinen ist, wie das so häufig in den Centralmassen der Alpen vorkommt, eine fächerförmige, der Art, dass an der Nordseite die Schichten gegen Süden (mit 65° bis 70°), an der Südseite gegen Norden (mit 65° bis 68° lokal mit 30°) einfallen und von beiden Seiten gegen das Centrum eine mehr und mehr senkrechte Stellung annehmen. Echter Granit, wie er den Piz Rotondo, den höchsten Gipfel des Gotthardmassivs (3197 M.), den Piz Peschiera und den Piz Lucendro zusammensetzt, oder der sog. „Gotthardgranit“ (Fibbia-Gneiss) treten längs der Tunnellinie nirgends zu Tage. Allein es ist immerhin möglich, dass diese in der Form eines mächtigen Ellipsoids an der Bergoberfläche östlich von der Tunnellinie auftretenden granitischen Gesteine in der Tiefe eine grössere Ausdehnung gegen Westen besitzen und daher im Tunnel doch noch angefahren werden.

Fritsch hebt als einen in Bezug auf die Arbeiten nicht unwichtigen Umstand hervor, dass die Richtung der Tunnelaxe und die Streichungsrichtung der mehr schiefrigen Gesteine sich schiefwinklig schneiden (nach dem von Giordano gegebenen Grundriss unter Winkeln, die zwischen 40° und 60° schwanken). Diese Lage des Schichtenstreichens, meint Fritsch, müsse der Arbeit Schwierigkeiten bieten, die durch eine etwas veränderte Richtung des Tunnels zu vermeiden gewesen wären. ¹⁾

mit irgend welcher Gesteinsmasse des Gotthardgebirges einer Ablagerung angehören und mit derselben durch eine unterirdisch verborgene Schichtmulde zusammenhängen, oder durch einen jetzt zerstörten Luftsattel zusammengehängt haben. Dieser Schluss gilt auch für den „Grimselgranit“, der im Gotthardgebirge fehlt, andererseits für den Granit der Pizzo-Rotondo-Gruppe, für den Fibbiagneiss und für andere Gesteine des Gotthardgebirges, die im Finsteraarhorngebiet gar nicht beobachtet worden sind.

¹⁾ „Vielleicht hätte es für die Durchbohrung des Berges sich verlohnt, wenn man den Tunnel in gebrochener Linie angelegt und etwas länger gemacht hätte (?) als man in der That beabsichtigt, wenn man nämlich fast senkrecht zum Hauptstreich bohrend, von Airolo aus in der Richtung gegen den Weiler Zumdorf im Urserenthal zu arbeiten begonnen hätte und von da unter den Spitzbergen durch nach dem Göschenenthal. Denn es ist ein öfteres Abgleiten der Bohrer auf den schräg gegen Nordost streichenden Schichtflächen bei der angenommenen Tunnelrichtung fast unvermeidlich und dabei werden sich die Bohrer leichter abnützen und verbiegen, als wenn man in der ange deuteten Richtung gearbeitet hätte.“ Fritsch. A. a. O. S. 150.

Die Thatsachen, die sich auf dieser dritten Hauptstrecke des Tunnels ergeben werden, dürften sehr wesentlich zur Lösung einer nicht unwichtigen geologischen Frage beitragen. Die Fächerstellung der Schichten in den alpinen Centralmassen ist nämlich immer noch eines jener Räthsel, die einer befriedigenden Lösung harren. Man suchte sie auf verschiedene Weise zu erklären, durch die Annahme einer zusammengepressten Mulde, durch den Aufbruch eines zusammengepressten Schichtengewölbes oder durch das Hervorbrechen einer heissflüssigen oder zähen Gesteinsmasse, welche die benachbarten Gesteinslagen auseinander geschoben hätte; allein gegen alle diese Erklärungsweisen spricht die Thatsache, dass die Axe des Fächers keineswegs auch in geognostischer Beziehung die Axe der Centralmasse ist. Ich stimme Fritsch vollkommen bei, wenn er vermuthet, dass die Fächerstructur der Centralmassen einerseits durch die Schichtenstellung, andererseits durch das Relief des Gebirges bedingt sei, dass dieselbe nicht ursprünglich mit der Hebung und Aufrichtung der Gesteinsmassen verbunden war, sondern erst im Lauf der Jahrtausende aus der saigeren Stellung der Schichten in einem mehr und mehr von Gletschern und Flüssen zernagten Gebirge hervorgegangen sei. Die Fächerstellung wäre dann in der That, wie Fritsch sagt (S. 149), einem Vorgange zuzuschreiben, mit dessen Wirkungen man sie so oft verglichen hat, dem Aufblättern, wie wir es im kleinen Massstabe bei einem auf den Rücken gestellten Buche nachahmen. Mit der Erklärung der Fächerstellung durch die Schwerkraft, welche ursprünglich verticale Gesteinsmassen zu geneigten umbiegen kann, verträgt sich auf das Beste auch die Erscheinung der Zerklüftung und der tief klaffenden Spalten der höchsten Gebirgstheile. Ein grosser Theil der Spalten in den Höhen ist aber in der langen Zeit seit dem Beginn der Zerklüftung durch die Bildung der krystallisirten Mineralien, welche man gerade aus dem Gotthardgebiete in so grosser Menge kennt, theilweise oder ganz erfüllt worden. Ob so zahlreiche offene und ausgefüllte Spalten im Kern des Gebirges vorhanden sind, und ob die Schichtenstellung dort überall, wie es die hier angedeutete Ansicht verlangen würde, eine nahezu saigere ist, werden die Arbeiten an dem grossen Tunnel in den nächsten Jahren zeigen.

Im Süden der Centralmasse des St. Gotthard begegnet man bei Airolo einer zweiten Zone von sedimentären Gebilden von

Schiefern, Rauchwacke, Dolomit, Kalkstein und Gyps, die bei den Tunnelarbeiten, in Uebereinstimmung mit den Angaben von Fritsch, vom Südportal aus in einer Mächtigkeit von 83 M. (mit dem aufruhenden Gerölle) bereits durchfahren wurde.

Sehr anerkennenswerth ist, dass die Gotthardbahn-Direction seit August 1873 einen sehr tüchtigen Ingenieur und Geologen, Herrn Stapff, angestellt hat, mit der speciellen Aufgabe alle wissenschaftlichen Thatsachen, welche sich bei den Tunnelarbeiten ergeben, genau zu registriren und eine grössere Anzahl von Gesteinssammlungen zur Vertheilung an in- und ausländische Museen vorzubereiten¹⁾. In Folge dessen enthalten die officiell erscheinenden dreimonatlichen Berichte über den Fortschritt der Tunnelarbeiten²⁾ auch detaillirte Angaben über geologische und physikalische Verhältnisse, und bereits ist die erste Suite von Gesteinen des St. Gotthard-Tunnels (58 Stück), welche der Strecke vom Südportal bei Airolo gegen Nord bis auf 457·6 M. entnommen sind, zur Vertheilung gekommen.³⁾ Auf diese Weise werden die Tunnelarbeiten auch zu wissenschaftlichen Zwecken benützt und gewiss werden sich sehr wichtige und lohnende Resultate ergeben.

Nur ungerne verzichte ich darauf, an dieser Stelle auch noch die umfassenden geologischen Vorarbeiten der Engländer für das Project der Tunnelirung der Strasse von Calais⁴⁾ zu besprechen, allein ich habe Ihre Geduld schon zu lange in Anspruch genommen

¹⁾ Die Anzahl der Sammlungen beträgt 60, von diesen gehen 25 in die Schweiz, 23 nach Deutschland, 8 nach Italien, eine nach Oesterreich.

²⁾ Rapport trimestriel du Conseil fédéral Suisse aux Gouvernements des états, qui ont participé a la subvention de la Ligne du St. Gotthard sur la marche de cette entreprise, Berne.

³⁾ Vergl. den Bericht von Bergrath H. Wolf über diese erste Sendung, mit welcher die k. k. geologische Reichsanstalt betheiligt wurde, in den Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt (Nr. 6 vom 17. März 1874.)

⁴⁾ Thomé de Gamond, Account of the plans for a new project of a submarine Tunnel between England and France, 2 Edit. London 1870. Nebst einem Atlas containing the plans and sections of the Submarine Tunnel.

Joseph Prestwich, on the geological conditions affecting the construction of a tunnel between England and France. (Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers Vol. XXXVII. Sess. 1873—74. London 74.)

August Fölsch, die projectirte Eisenbahnverbindung zwischen England und Frankreich, mit 2 Tafeln. (Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines. III. Heft 1869).

Ich komme zum Schluss meiner Rede. Sie werden mir sagen, ich habe lange genug „pro domo“ gesprochen. Ja! ich habe gesprochen nicht für mich, sondern für dieses Haus, für diese Hochschule, welcher Sie als die Schüler und wir als die Lehrer gemeinschaftlich angehören. Ich habe die Wichtigkeit einer speciellen Wissenschaft für ein specielles technisches Fach hervorgehoben. Was für diese gilt, gilt auch für das gegenseitige Verhältniss aller übrigen an unserer Hochschule vertretenen theoretischen und practischen Wissenschaften. Ich darf, um bis zum Schlussworte, das ich an Sie, die Studirenden dieser Hochschule, richte, der Geologie treu zu bleiben, unsere Hochschule vergleichen mit einem reichen Erzberg, in dessen Inneres verschiedene Wege führen. Fahren Sie frohen Muthes ein durch die Schächte der Wissenschaft zu den Tiefen der Erkenntniss! Lassen Sie es ruhig fortbrennen — das Oellämpchen ihrer Geduld und Ihres Fleisses, es ist zugleich die Sicherheitslampe gegen die schlagenden und zerstörenden Wetter jugendlicher Leidenschaft. Ist das Licht anfangs vielleicht auch etwas trübe, es wird heller, je mehr sich das Auge daran gewöhnt. Lassen Sie sich nicht blenden durch schimmerndes Flittergold und falsches Gestein; folgen Sie der wenn auch noch so langen geraden Strecke, nur diese führt vor Ort, wo die echte Erzader funkelt und bricht! Haben Sie diese glücklich erreicht und ausgebeutet, dann steigen Sie getrost empor an das Tageslicht des Lebens, reich beladen mit den gesammelten Schätzen, um sie zu verwerthen für Ihr und der Andern Wohl.

Alle diese Wünsche schliesst der Bergmann in zwei kurze Worte ein, die er seinem Freunde und Arbeitsgenossen zuruft beim Beginne der Schicht, und die ich Ihnen zurufen will beim Beginne Ihrer Arbeit. Diese Worte lauten:

„Glück auf!“